

令和 4 年 6 月 21 日現在

機関番号：33607

研究種目：若手研究

研究期間：2019～2021

課題番号：19K19882

研究課題名（和文）脳卒中片麻痺患者の転倒予防に向けた歩行評価に基づく転倒予測システムの構築

研究課題名（英文）Construction of a fall prediction system based on gait assessment for prevention of falls in stroke patients.

研究代表者

荻原 啓文 (Ogihara, Hirofumi)

長野保健医療大学・保健科学部・助教

研究者番号：40821674

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 2,700,000円

研究成果の概要（和文）：脳卒中患者の転倒の多くは歩行中に発生し、歩行能力低下は転倒のリスク因子である。脳卒中患者の転倒を予防するためには歩行評価に基づく転倒予測は重要な課題である。そこで、歩行をより詳細かつ包括的に捉えることのできる歩行指標から転倒を予測するために、歩行中の関節角度を用いた「運動学的歩行非対称性」による転倒予測を考えた。本研究成果より、脳卒中患者は健常成人に比べ、股関節、膝関節、足関節に有意な運動学的歩行非対称性を示すこと、股関節と膝関節の運動学的歩行非対称性は歩行速度、BBS、FIMと有意な相関関係を認めること、股関節と膝関節の運動学的歩行非対称性が転倒恐怖感と関連することを明らかにした。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究の結果は、脳卒中患者のリハビリテーション場面で主観的に評価されていた歩容を定量化したことで今後のデータ蓄積に貢献できると考える。今回示した運動学的歩行非対称性が臨床指標と関連したことから、歩行能力や日常生活活動を改善するための歩行リハビリテーション戦略の一助になりえる。また、運動学的歩行非対称性が転倒との直接的な関連はないものの転倒恐怖感と関連したことは、歩行評価に基づく転倒予測システム構築に向けて貴重なデータとなったと考える。

研究成果の概要（英文）：Falls in stroke patients occur most frequently while walking. Decreased walking ability is a risk factor for falls. Prediction of falls based on gait assessment is important to prevent falls in stroke patients. Therefore, we considered the prediction of falls based on "kinematic gait asymmetry" using joint angles during gait. The gait index we developed can capture gait in more detail and comprehensively. This study revealed that (1) stroke patients show significant kinematic gait asymmetry in the hip, knee, and ankle joints compared to healthy adults, (2) kinematic gait asymmetry in the hip and knee joints is associated with walking speed, balance, and daily living activities, and (3) kinematic gait asymmetry in the hip and knee joints is associated with fear of falling.

研究分野：リハビリテーション

キーワード：脳卒中 歩行 転倒 歩行非対称性

様式 C - 19 , F - 19 - 1 , Z - 19 (共通)

1 . 研究開始当初の背景

脳卒中片麻痺患者の転倒率は健常高齢者の 2 倍以上であり、転倒疫学における社会的問題である(Weerdesteyn ら, 2008) . 脳卒中片麻痺患者の転倒は歩行中に最も多く発生し、歩行能力の低下は転倒の大きなリスク因子である . そのため、脳卒中片麻痺患者の転倒を予防するための歩行評価に基づく転倒予測は重要な課題である .

そこで、歩行をより詳細かつ包括的に捉えることのできる歩行指標から転倒を予測するために、歩行中の関節角度を用いた「運動学的歩行非対称性」による転倒予測を考えた . 歩行中の関節角度変化は、歩行中の運動を詳細に反映することができ、脳卒中片麻痺患者の疾患特有な歩容を定量化することが可能である . しかしながら、歩行中の関節角度を用いた運動学的歩行非対称性と転倒の関連は明らかになっていない . 本研究では歩行中の関節角度を用いた運動学的歩行非対称性と転倒の関連を明らかにするために 3 つの課題と目的を設定した .

2 . 研究の目的

課題 : 歩行中の下肢関節角度を用いた運動学的歩行非対称性指標を開発し、脳卒中片麻痺患者と健常者の比較から運動学的歩行非対称性の存在を明らかにし定義すること

課題 : 脳卒中片麻痺患者を対象に、従来用いられてきた歩行非対称性指標と開発した運動学的歩行非対称性指標との基準関連妥当性を検討し、同時に臨床指標との関連をみることで運動学的歩行非対称性指標の有用性を明らかにすること

課題 : 脳卒中片麻痺患者を対象に、課題 によって明らかにした運動学的歩行非対称性指標と転倒および転倒恐怖感との関連を明らかにすること

3 . 研究の方法

1) 対象

慢性期脳卒中片麻痺患者 36 名 (研究課題 は 12 名) および健常成人 13 名

2) 方法

対象者より基礎情報 (年齢、性別、既往歴、転倒の有無等) を聴取した . 基礎情報の聴取後、身長、体重、BMI、Mini Mental State Examination (MMSE)、Brunnstrom stage (Br. stage)、Fugl-Meyer Assessment for the lower extremity (FMA-LE)、Berg Balance Scale (BBS)、Functional Independence Measure (FIM)、Time Up and Go test (TUG)、Falls Efficacy Scale-International (FES-I) を評価した . 歩行測定にはモーションセンサにより簡易的に歩行計測ができる歩行測定機器 RehaGait (Hasomed GmbH 社) を用いて、歩行速度、立脚時間、遊脚時間、下肢関節角度 (股関節屈曲-伸展、膝関節屈曲-伸展、足関節背屈-底屈) を測定した . 下肢関節角度データは、安定した 5 歩行周期の正規化相互相関関数 (normalized cross-correlation: CC_{norm}) を解析し、股関節 CC_{norm} 、膝関節 CC_{norm} 、足関節 CC_{norm} として運動学的歩行非対称性指標とした . 課題 では下肢関節角度から Symmetry Index (SI) と Symmetry Ratio (SR) を算出した . 課題 では立脚時間と遊脚時間から SR_{stance} 、 SR_{swing} をそれぞれ算出した .

3) 解析

課題 では、脳卒中片麻痺患者と健常成人の歩行中の関節角度から算出した CC_{norm} 、SI、SR を対応のない t 検定および Mann-Whitney の U 検定を用いて比較・検討した .

課題 では CC_{norm} と SR、臨床指標との関連を Pearson の積率相関係数と Spearman の順位相関係数を用いて解析した .

課題 では対象者の転倒歴から転倒群・非転倒群に分け、各変数を t 検定もしくは Mann-Whitney の U 検定を用いて 2 群間で比較した . 従属変数に転倒の有無、独立変数に CC_{norm} とその他の歩行指標、臨床指標を投入し、多重ロジスティック回帰分析により運動学的歩行非対称性と転倒の関連を検討した . また、従属変数を FES-I に変え、重回帰分析により運動学的歩行非対称性と転倒恐怖感の関連を検討した .

4 . 研究成果

課題 : 脳卒中片麻痺患者は健常成人に比べ、股関節屈曲、股関節伸展、膝関節屈曲、膝関節伸展、足関節底屈角度の SI、股関節屈曲、股関節伸展、膝関節屈曲角度の SR、膝関節、足関節の CC_{norm} に有意な非対称性を示した (表 1) .

表 1 対象者の特徴と歩行非対称性

		健常成人(n=13)	脳卒中(n=12)
年齢 (歳)		27.9±3.1	61.1±13.7**
性別 (男/女)		8 / 5	10 / 2
身長 (cm)		166.4±8.6	165.4±6.5
体重 (kg)		63.2±15.2	63.9±8.0
BMI (kg/m ²)		22.6±3.7	23.5±3.5
診断 (梗塞/出血)		-	4/8
麻痺側 (右/左)		-	9/3
発症からの期間 (ヶ月)		-	84.2±103.3
下肢 Br. stage (/ /)		-	2/9/1
装具の使用 (あり/なし)		-	9/3
SI	股関節屈曲	0.12±0.11	0.41±0.33*
	股関節伸展	0.26±0.19	1.09±0.49**
	膝関節屈曲	0.07±0.03	0.40±0.37**
	膝関節伸展	0.72±0.27	1.01±0.50*
	足関節背屈	0.26±0.23	0.31±0.33
	足関節底屈	0.24±0.22	1.46±0.45**
SR	股関節屈曲	1.06±0.18	0.77±0.34*
	股関節伸展	0.90±0.18	0.61±0.64*
	膝関節屈曲	1.05±0.07	0.73±0.28**
	膝関節伸展	1.59±1.11	12.72±25.49
	足関節背屈	1.12±0.41	0.89±0.33
	足関節底屈	0.91±0.24	103.80±355.13
CC _{norm}	股関節	0.9700±0.0082	0.9778±0.0149
	膝関節	0.9290±0.0179	0.8857±0.0770**
	足関節	0.8843±0.0791	0.7545±0.1541*

平均値 ± 標準偏差 もしくは該当人数

BMI: Body Mass Index, Br.stage: Brunnstrom recovery stage, SI: Symmetry

Index, SR: Symmetry Ratio, CC_{norm}: normalized Cross-Correlation

*p<0.05, **p<0.01

SI は脳卒中片麻痺患者と健常成人の比較における有意な非対称性を多く認めた。しかし、SI や SR は関節角度の最大値を使用しているため、1 歩行周期の 1 場面における非対称性に限られる。CC_{norm} は 1 歩行周期を包括的に捉え歩行非対称性を評価できるが、さらに詳細にみるためには関節角度変化のどの点で非対称性が生じているのか再解釈を要する。そのため、本研究結果からある指標が他の指標より優れているとは一概に言えない。ただし、歩行中の関節角度のように運動学的な変化を伴う歩行非対称性を評価するためには、歩行周期全体の関節角度変化を要約し単一の値として定義することができる CC_{norm} は臨床の歩行評価における第一の評価として有用であると考えられる。

課題 : 歩行非対称性と臨床指標の測定結果を表 2 に示す。CC_{norm} と SR および臨床指標との相関を表 3 に示す。股関節 CC_{norm} は SR_{swing} と有意な相関関係を認めた。膝関節 CC_{norm} は SR_{stance} および SR_{swing} と有意な相関関係を認めた。膝関節 CC_{norm} は歩行速度、BBS、FIM と有意な相関関係を認めた。

表 2 対象者の歩行非対称性指標と臨床指標

		平均値±標準偏差	中央値	(最小-最大)
歩行非対称性指標				
CC _{norm}	股関節	0.9778±0.0149	0.9800	(0.9463-0.9936)
	膝関節	0.8857±0.0770	0.8672	(0.7567-0.9756)
	足関節	0.7545±0.1541	0.7993	(0.4403-0.9653)
SR _{stance}		0.8082±0.1149	0.8169	(0.6521-1.0625)
SR _{swing}		1.5697±0.4561	1.3403	(0.8986-2.2550)
臨床指標				
歩行速度 (m/s)		0.64±0.27	0.57	(0.31-1.08)
FMA-LE (点)		19.7±5.6	20	(11-32)
BBS (点)		49.3±5.0	50.5	(39-55)
FIM (点)		115.9±6.6	118	(105-123)

CC_{norm}: normalized Cross-Correlation, SR: Symmetry Ratio, FMA-LE: Fugl-Meyer Assessment for the lower extremity, BBS: Berg Balance Scale, FIM: Functional Independence Measure

表 3 CC_{norm} と SR および臨床指標の相関

		SR _{stance}	SR _{swing}	Gait speed	FMA-LE	BBS	FIM
CC _{norm}	股関節	0.443	-0.612*	0.296	0.075	0.459	0.527
	膝関節	0.807**	-0.752*	0.654*	0.206	0.717**	0.735**
	足関節	0.191	-0.025	-0.234	0.205	0.205	0.569

CC_{norm}: normalized Cross-Correlation, SR: Symmetry Ratio, FMA-LE: Fugl-Meyer Assessment for the lower extremity, BBS: Berg Balance Scale, FIM: Functional Independence Measure

*p<0.05, **p<0.01

股関節と膝関節の CC_{norm} は従来歩行非対称性の指標として扱われていた時間的歩行非対称性指標と基準関連妥当性を有し、脳卒中片麻痺患者における歩行非対称性の評価に有用であると考えられる。また、膝関節 CC_{norm} が歩行速度、BBS、FIM と有意な相関関係を示したことから、膝関節の運動学的な歩行非対称性は、身体機能やバランス、日常生活活動能力を反映している可能性があると考えられる。

課題 : 非転倒群が 19 名 (52.8%)、転倒群が 17 名 (47.2%) であった。表 4 に基本的情報の群間比較を示す。転倒群は非転倒群と比較し FIM、6MWT が有意に低かった。他の基本項目には統計上有意な差はなかった。転倒の有無を従属変数とした多重ロジスティック回帰分析では、変数に股関節 CC_{norm} が抽出されたが転倒との有意な関連は認めなかった。表 5 に FES-I を従属変数とした重回帰分析の結果を示す。FES-I には股関節 CC_{norm} と膝関節 CC_{norm} が有意な関連を認めた。

表 4 転倒群と非転倒群の比較

		非転倒群	転倒群
年齢 (歳)		63.5±11.6	63.6±10.2
性別 (男/女)		14/5	14/3
BMI (kg/m ²)		23.0±3.1	25.1±3.3
診断 (梗塞/出血)		9/10	6/11
麻痺側 (右/左)		12/7	9/8
下肢 Br. stage (/ /)		6/7/6	13/2/2
装具の使用 (あり/なし)		10/9	12/5
発症からの期間 (ヶ月)		76.1±49.1	101.4±63.9
FMA-LE (点)		23.3±5.0	20.9±4.2
BBS (点)		48.5±5.1	44.7±6.7
FIM (点)		118.3±7.0	111.6±12.5**
FES-I (点)		33.0±9.8	35.1±12.1
6MWT (m)		296.6±103.7	225.4±100.8*
TUG (m/s)		14.00±4.83	21.86±21.84
歩行速度 (m/s)		0.92±0.27	0.73±0.31
CC _{norm}	股関節	0.9241±0.0623	0.8104±0.2259
	膝関節	0.8867±0.0868	0.8804±0.1015
	足関節	0.7336±0.1746	0.7123±0.1754

BMI: Body Mass Index, Br.stage: Brunnstrom recovery stage, FMA-LE: Fugl-Meyer Assessment for the lower extremity, BBS: Berg Balance Scale, FIM: Functional Independence Measure, FES-I: Falls Efficacy Scale International, 6MWT: 6 Minutes Walking Test, TUG: Time Up and Go test, CC_{norm}: normalized Cross-Correlation

*p<0.05, **p<0.01

表 5 転倒恐怖感に関する重回帰分析

項目	偏回帰係数	標準偏回帰係数	p 値	95%信頼区間	
				下限	上限
定数	42.09		0	19.94	64.24
股関節 CC _{norm}	-25.66	-0.4	0.012	-45.32	-5.99
足関節 CC _{norm}	19.64	0.31	0.046	0.4	38.89

R²=0.25, ANOVA p<0.01

転倒のリスク因子には歩行障害の他に筋力低下やバランス, 視覚障害, うつ, 疼痛, 認知障害など様々な要因がある。本結果は運動学的歩行非対称性が転倒の予測因子になるとは言えず, 他の要因にも目を向ける必要があることを示している。しかし, FES-I は股関節 CC_{norm} と膝関節 CC_{norm} と有意な関連を認めた。転倒恐怖感は転倒やバランス, 日常生活活動と関連する (Belgen ら, 2006; Andersson ら, 2008)。運動学的歩行非対称性は転倒との直接的な関連はないが, 転倒恐怖感と関連し, 日常生活活動の狭小化やそれに伴う身体機能低下に関与している可能性がある。

5. 主な発表論文等

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

1. 著者名 Ogihara Hirofumi, Tsushima Eiki, Kamo Tomohiko, Sato Takaaki, Matsushima Akira, Niioka Yamato, Asahi Ryoma, Azami Masato	4. 巻 80
2. 論文標題 Kinematic gait asymmetry assessment using joint angle data in patients with chronic stroke?A normalized cross-correlation approach	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Gait & Posture	6. 最初と最後の頁 168 ~ 173
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1016/j.gaitpost.2020.05.042	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計1件（うち招待講演 0件／うち国際学会 0件）

1. 発表者名 荻原啓文, 対馬栄輝, 加茂智彦, 佐藤剛章, 松嶋聡, 新岡大和, 旭竜馬, 浅見正人
2. 発表標題 脳卒中片麻痺患者における運動学的歩行非対称性指標の有用性
3. 学会等名 第17回日本神経理学療法学会学術大会
4. 発表年 2019年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究協力者	佐藤 剛章 (Sato Takaaki)		
研究協力者	加茂 智彦 (Kamo Tomohiko)		
研究協力者	対馬 栄輝 (Tsushima Eiki)		

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------