

令和 5 年 6 月 14 日現在

機関番号：11401

研究種目：若手研究

研究期間：2019～2022

課題番号：19K19864

研究課題名（和文）脳卒中患者の歩行時体幹運動左右非対称性に影響を及ぼす因子の解明

研究課題名（英文）Chronological changes in trunk asymmetry during gait in hemiplegic stroke patient

研究代表者

照井 佳乃 (Terui, Yoshino)

秋田大学・医学系研究科・助教

研究者番号：30806344

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 2,300,000円

研究成果の概要（和文）：脳卒中患者における歩行中の体幹動きの左右非対称性の変化について検討した。左右非対称性の評価にはLissajous Index (LI)を用いた。3軸加速度計で測定した体幹の加速度からLIは算出される。52名の脳卒中患者を対象とし、初回、1か月後、2か月後の3回測定を行った。LIの改善群26名、非改善群26名となった。改善群は非改善群を比較して有意に体幹の筋力（吸気筋力）が増強していた。本研究の結果から、脳卒中患者の歩行中の体幹の左右非対称性を改善させるためには、体幹筋力の向上が必要であることが明らかとなった。

研究成果の学術的意義や社会的意義

脳卒中患者の歩行中の左右非対称性は転倒リスクの増加など二次障害を引き起こす原因となる。本研究により、歩行中の体幹の動きの左右非対称性を改善させるためには、体幹、特に横隔膜の筋力増強が必要であることが明らかとなった。脳卒中患者のリハビリテーションにおいて、体幹筋力の増強の必要性は明らかであるが、横隔膜の筋力に着目したものは少ない。本研究の結果により、回復期リハビリテーションにおいて横隔膜を含めた吸気筋力を向上させるアプローチの導入を検討する一助になると考える。

研究成果の概要（英文）：We investigated changes in left-right asymmetry in trunk movement during walking in stroke patients. Lissajous Index (LI) was used to evaluate left-right asymmetry. LI is calculated from the acceleration of the trunk measured with a tri-axial accelerometer. The subjects were 52 stroke patients, and three measurements were taken at the initial, one month, and two months later. There were 26 in the LI improvement group and 26 in the non-improvement group. The muscle strength of the trunk was significantly increased in the improvement group compared with the non-improvement group. From the results of this study, it was clarified that it is necessary to improve trunk muscle strength in order to improve the left-right asymmetry of the trunk during walking in stroke patients.

研究分野：リハビリテーション科学

キーワード：脳卒中 歩行 加速度計 体幹 左右非対称性

### 1. 研究開始当初の背景

脳卒中片麻痺患者には運動麻痺や筋緊張の異常といった症状によって、痙性歩行や分回し歩行といった異常歩行パターンを呈しやすく、歩容は左右非対称になりやすい。Balasubramanianらはステップ長の左右非対称性と歩行の前方推進力の間には有意な負の相関関係 ( $r = -0.785$ ,  $p < 0.001$ ) があり、かつ、前方推進力は下肢だけでなく体幹や骨盤周囲の機能も関連があると述べている<sup>1)</sup>。

研究代表者らは体幹に装着した 3 軸加速度計で測定した加速度を用いて、歩行の左右対称性を可視的に評価する Lissajous Index (以下, LI) を考案し, LI が脳卒中片麻痺患者の歩行時体幹運動左右非対称性の評価指標として検者内信頼性や絶対信頼性が高いことを明らかにした (NeuroRehabilitation: 2018 年)<sup>2)</sup>。さらに、慢性閉塞性肺疾患 (COPD) 患者の歩行においても、LI と立位バランス能力の評価指標である片脚立位時間との関連性を明らかにした (日本呼吸ケア・リハビリ学会誌: 2017 年)<sup>3)</sup>。しかし、歩行時体幹運動左右対称性の経時的な変化や左右非対称性の改善に影響を及ぼす因子の検討は実施しておらず、下肢の麻痺や筋緊張の程度、体幹機能等様々な身体機能が影響因子である可能性が考えられる。

### 2. 研究の目的

本研究は脳卒中片麻痺患者の歩行時体幹運動左右非対称性に影響を及ぼす因子を明らかにすることを目的とする。歩行中の LI や筋緊張亢進による麻痺側足部接地面積の減少、下肢の荷重率を測定し、また、同時期の下肢筋力や麻痺の程度を評価することで、体幹運動左右非対称性の原因を検討する予定である。従来、歩行時体幹運動左右対称性は、三次元動作解析装置を使用しなければ測定することができなかった。三次元動作解析装置は高価であり、測定場所や歩行距離が限定されるという欠点があるため、脳卒中片麻痺患者における歩行時体幹運動左右対称性の評価指標については十分に検討されてこなかった。一方、研究代表者らは脳卒中片麻痺患者の歩行における LI の有用性を明らかにした。このことから、3 軸加速度計を使用することで三次元動作解析装置よりも安価で簡便に歩行中の体幹運動について評価できるようになった。ゆえに、本研究で LI を用いて体幹運動左右非対称性に影響を及ぼす因子を明らかにすることは、脳卒中片麻痺患者のリハビリテーションの目的の一つである歩行左右非対称性の改善への介入方法を考案するための一助になると考えられる。

### 3. 研究の方法

#### (1) 対象者

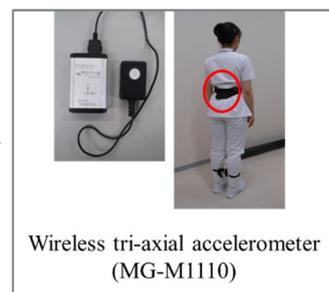
対象者は秋田県立リハビリテーション・精神医療センターの回復期病棟に入院し、脳卒中リハビリテーションを行っている脳卒中片麻痺患者とした。選択基準は初発の脳卒中であること、12m 以上の距離を杖を使用せずに介助なしで歩行できることとした。装具の使用は許可した。除外基準は(1)介助なしでは歩行できない者、(2)脳卒中以外の疾患や怪我を有する者、(3)運動失調を有する者、(4)研究内容の理解に支障をきたす認知症を有する者とした。秋田県立リハビリテーション・精神医療センター倫理委員会の承認 (承認番号: 第 127 号) を得た。また、ヘルシンキ宣言に準拠して実施した。

#### (2) 方法

##### 1) 歩行分析

3 軸加速度計を用いて歩行の左右非対称性を算出した。加速度の測定には横 75mm、縦 50mm、幅 20mm、重さ 120g のワイヤレス 3 軸加速度計 (MG-M1110; LSI メディエンス, 東京) を使用した。サンプル周波数は 100Hz である。

この加速度計を使用して歩行中の上下 (VT)、前後 (AP)、左右 (ML) の体幹加速度を測定した。いずれの方向の加速度も PC 用の専用ソフトによりグラフで表示される (MG-M1110-PCTM; LSI メディエンス, 東京)。また、このソフトウェアを用いることで、生データをエクセルに出力することができる。加速度計は専用のベルトを用いて腰部第 3 腰椎の高さに装着し、歩行中の体幹加速度を計測した。歩行路には 10m の前後に 1m の助走路を確保した。全ての対象者は床上のラインを目印として歩行し、快適歩行速度で直進した。加速度データは 10m 歩行のうち最初と最後の 1 歩を除外したデータを使用した。エクセルを使用し、y 軸に上下の加速度、x 軸に左右の加速度をプロットした散布図 Lissajous Figure (LF) を描いた。左右非対称性の評価指標である Lissajous Index (以下, LI) は LF を使用して算出した。



$$LI = \left| \frac{2 \times (Rr - Rl)}{(Rr + Rl)} \right| \times 100$$

前額面において LI が大きいほど非対称であることを示し、LI が小さいほど左右対称に近づくことを示す。

## 2) 身体機能

身体機能として、運動麻痺を Stroke Impairment Assessment Set の下肢運動項目、筋緊張は下腿三頭筋の Modified Ashworth Scale で評価した。下肢筋力は膝関節伸展筋力を測定角度速度 60°/s の等速性収縮で CYBEX を用いて測定し、体重比を算出した。バランス能力は Berg Balance Scale を使用して評価した。上肢機能は Manual Function Test (以下、MFT) を使用した。MFT は 2000 年に Nakamura らが開発した方法で、肩から手指までの上肢機能を包括的に評価する方法である。32 項目で構成され、正常は 100 点である。体幹の筋力は呼吸筋力を測定した。腹直筋や外内腹斜筋といったアウターマッスルだけではなく、インナーマッスルの筋力も評価するために、最大呼気口腔内圧および最大吸気口腔内圧を用いた。測定方法は the American Thoracic Society (ATS)/European Respiratory Society (ERS) の方法に準拠して測定した (Autospiro AS-507, ミナト医科学)。呼吸筋力に対する予測値は Suzuki らの方法で算出した (%MIP, %MEP)。また、呼吸機能も測定した。

## 3) 統計解析

初回の測定は杖を使用しないという条件で 12m の距離を介助無しで歩行できるようになった時点 (T0) とした。装具の使用は許可した。T0 から 1 か月後を T1, 2 か月後を T2 とし、各対象者につき 3 回、LI と身体機能パラメータの測定を行った。

### T0 時点における LI と身体機能の関連

正規性の検定には Shapiro-Wilk test を使用した。LI と身体機能との相関関係は Spearman の順位相関係数を用いて検討した。統計解析には SPSS Statistics 24 (IBM, Armonk, NY) を使用し、有意水準は 5% とした。

### LI の経時的変化および改善に影響を及ぼす因子の検討

LI, 下肢筋力, %MEP, %MIP は Shapiro-Wilk Test により正規性を確認した。LI の変化 (T0, T1, T2) を一元配置分散分析を用いて比較した。

T0 と T2 を比較して、左右非対称性が改善した群 (LI が減少した群) を改善群、左右非対称性が拡大した群 (LI が増加した群) を非改善群とした。変化が見られなかった者は非改善群に含めた。改善群と非改善群で、各身体機能パラメータの T0 と T2 間の変化量を対応のある t 検定または Wilcoxon Signed-rank Test を用いて比較した。統計解析には SPSS Statistics 24 (IBM, Armonk, NY) を使用し、有意水準は 5% とした。

## 4. 研究成果

対象者数は 52 名 (平均年齢 63 ± 11 歳, 男性 34 名, BMI 22.0 ± 2.8) であった。

### T0 時点における LI と身体機能の関連

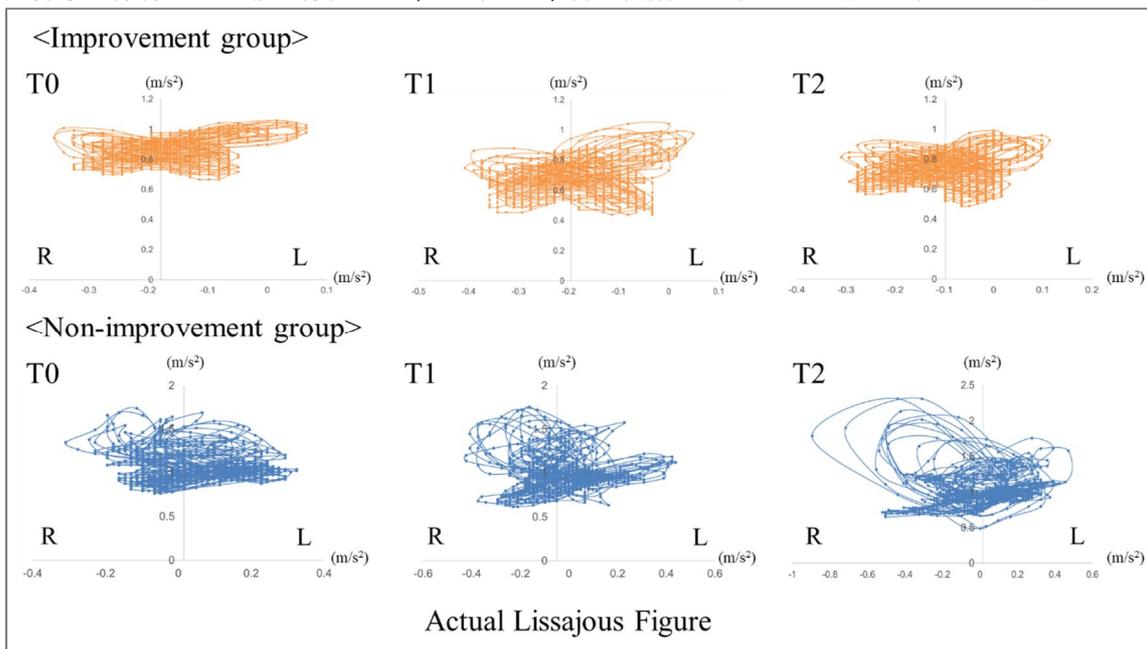
歩行中の体幹運動左右非対称性と肺活量の間に関連関係が認められた ( $r = -0.446$ ,  $p = 0.023$ )。本研究の対象者は、呼吸器疾患を有さないため、肺活量の減少は胸郭の拘束性によると考えられる。また、Voyvoda らは脳卒中片麻痺患者の横隔膜の動きが健常者と比較して低下していることを明らかにしている<sup>4)</sup>。一方、LI の算出には歩行中の加速度を使用している。加速度計を体幹に装着していることから得られた加速度は下肢の動きだけではなく、体幹の動きを反映していると考えられる。また、研究代表者らの先行研究において LI は立位バランス能力の評価指標である BBS と相関関係がみられた<sup>2)</sup>。先行研究により立位バランス能力と体幹機能の関連があるといわれている。腰椎の安定性維持には横隔膜が関連しているとの報告もある。ゆえに、脳卒中片麻痺患者における肺活量低下の原因となる体幹筋群の機能低下と立位バランス能力低下の原因となる体幹機能低下という共通項により %VC と LI の間に有意な相関関係が発生したのではないかと考える。

### LI の経時的変化および改善に影響を及ぼす因子の検討

入院中に LI が改善しない者もあり、改善群 26 名、非改善群 26 名に分けられた。改善群と非改善群で有意差が認められたのは吸気筋力だけであった ( $p < 0.001$ )。下肢の麻痺や下肢筋力の左右差、上肢機能には有意差が認められなかった。このことから、LI で評価される体幹の左右非対

称性は体幹筋，特に吸気筋力が関わっていることが示された。

吸気筋には頸部や肩甲帯の筋が含まれるものの，上肢機能テスト（MFT）の結果は改善群と非改善群で有意差がなかったことから，上肢機能ではなく吸気筋に含まれる横隔膜が関与していると考えられる．横隔膜の働きは吸気だけではなく，脊柱の安定性にも関わるといわれている<sup>5)</sup>．そのため，横隔膜の筋力が増強した患者において脊柱の安定性が向上し，歩行時に体幹が左右非対称に動くことが改善されたと考えられる．以上より，回復期病棟入院中の脳卒中片麻痺患者における歩行中の体幹の左右非対称性には，吸気筋力，特に横隔膜を鍛えることが必要であると考えられる．



<引用文献>

- 1) Balasubramanian CK, Bowden MG, Neptune RR, Kautz SA. Relationship between step length asymmetry and walking performance in subjects with chronic hemiparesis. Arch Phys Med Rehabil. 88(1); 43-49, 2007.
- 2) Terui Y, Suto E, Konno Y, Kubota K, Iwakura M, Satou M, Nitta S, Hasegawa K, Satake M, Shioya T. Evaluation of gait symmetry using a tri-axial accelerometer in stroke patients. NeuroRehabilitation. 42(2); 173-180, 2018.
- 3) 照井 佳乃, 岩倉 正浩, 川越 厚良, 大倉 和貴, 菅原 慶勇, 高橋 仁美, 上村 佐知子, 佐竹 将宏, 塩谷 隆信. 3軸加速度計の体幹加速度波形を用いた COPD 患者の歩行時のバランス能力評価. 日呼ケアリハ学会誌. 27(1); 59-64, 2017.
- 4) Voyvoda, N., Yücel, C., Karatas, G., Oguzülgen, I., Oktar, S. (2012) An evaluation of diaphragmatic movements in hemiplegic patients. Br J Radiol, 85, 411-414.
- 5) Hodges PW, Gandevia SC. Changes in intra-abdominal pressure during postural and respiratory activation of the human diaphragm, J Appl Physiol. 89 (1985) 967-76.

## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計4件（うち査読付論文 3件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 4件）

1. 著者名 Terui Y, Iwasawa S, Kikuchi K, Furukawa Y, Suto E, Uemura S, Satake M, Shioya T	4. 巻 9
2. 論文標題 The relationship between gait asymmetry and respiratory function in stroke patients: a pilot study.	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Open Journal of Therapy and Rehabilitation	6. 最初と最後の頁 111-122
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.4236/ojtr.2021.94009.	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -
1. 著者名 照井 佳乃	4. 巻 29
2. 論文標題 安定期COPD患者の身体活動性と歩行バランスに関する研究：3軸加速度計を用いた新しい評価法の有用性の検討を中心に	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 日本呼吸ケア・リハビリテーション学会誌	6. 最初と最後の頁 177～182
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.15032/jsr.29.2_177	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -
1. 著者名 照井 佳乃、岩倉 正浩、須藤 恵理子、川越 厚良、大倉 和貴、菅原 慶勇、高橋 仁美、長谷川 弘一、佐竹 将宏、塩谷 隆信	4. 巻 28
2. 論文標題 歩行時体幹加速度によるCOPD患者の歩行時重心変位と左右対称性の評価	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 日本呼吸ケア・リハビリテーション学会誌	6. 最初と最後の頁 335～341
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.15032/jsr.28.2_335	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -
1. 著者名 照井佳乃	4. 巻 34
2. 論文標題 脳卒中患者の呼吸機能障害と歩行不安定性	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 理学療法のみ	6. 最初と最後の頁 3-7
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.11342/mpta.34.3	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -

〔学会発表〕 計10件（うち招待講演 1件 / うち国際学会 3件）

1. 発表者名 照井佳乃
2. 発表標題 脳卒中患者の呼吸障害と歩行不安定性
3. 学会等名 第25回宮城県理学療法学会（招待講演）
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Terui Y, Iwasawa S, Furukawa Y, Suto E, Uemura S, Satake M, Shioya T
2. 発表標題 Relationship between gait asymmetry and respiratory muscle strength in the stroke patients.
3. 学会等名 25th Congress of the Asian Pacific Society of Respiriology (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 照井佳乃, 岩澤里美, 古川大, 須藤恵理子, 上村佐知子, 佐竹將宏, 塩谷隆信
2. 発表標題 脳卒中患者における歩行の左右非対称性と呼吸筋力の関連
3. 学会等名 第31回日本呼吸ケア・リハビリテーション学会学術集会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 照井佳乃, 須藤恵理子, 岩澤里美, 菊地和人, 古川大, 上村佐知子, 佐竹將宏, 塩谷隆信
2. 発表標題 3軸加速度計を用いた脳卒中片麻痺患者の杖歩行における体幹運動左右非対称性の評価
3. 学会等名 第57回日本リハビリテーション医学会学術集会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 松橋孝幸, 須藤恵理子, 照井佳乃
2. 発表標題 Hybrid Assistive Limb(HAL)使用による歩行時体幹運動非対称性の改善
3. 学会等名 第57回日本リハビリテーション医学会学術集会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Terui Y, Sutoh E, Iwasawa S, Kikuchi K, Furukawa Y, Hasegawa K, Uemura S, Satake S, Shioya T
2. 発表標題 Relationship between respiratory muscle strength and gait asymmetry in stroke patients.
3. 学会等名 29th The European Respiratory Society (ERS) International Congress (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Terui Y, Suto E, Iwasawa S, Uemura S, Hasegawa K, Satake M, Shioya T
2. 発表標題 New evaluation of gait asymmetry in stroke patients using a tri-axial accelerometer.
3. 学会等名 World Confederation for Physical Therapy Congress 2019 (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 照井佳乃, 須藤恵理子, 岩澤里美, 菊地和人, 古川大, 上村佐知子, 佐竹将宏, 塩谷隆信
2. 発表標題 脳卒中患者における呼吸筋力の経時的変化と歩行バランスの関連.
3. 学会等名 第29回日本呼吸ケア・リハビリテーション学会学術集会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 照井佳乃, 岩澤里美, 古川大, 須藤恵理子, 上村佐知子, 佐竹將宏, 塩谷隆信
2. 発表標題 脳卒中片麻痺患者における呼吸筋力低下の経時的変化
3. 学会等名 第32回日本呼吸ケア・リハビリテーション学会学術集会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 照井佳乃, 須藤恵理子, 岩澤里美, 菊地和人, 古川大, 上村佐知子, 佐竹將宏, 塩谷隆信
2. 発表標題 脳卒中片麻痺患者における歩行左右非対称性の縦断的検討
3. 学会等名 第40回東北理学療法学会学術大会
4. 発表年 2023年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

秋田大学研究者総覧 <a href="https://akitauiinfo.akita-u.ac.jp/html/100000725_ja.html">https://akitauiinfo.akita-u.ac.jp/html/100000725_ja.html</a>
--

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	佐竹 將宏  (Satake Masahiro)  (10250903)	秋田大学・大学院医学系研究科・教授    (11401)	

6. 研究組織（つづき）

	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	上村 佐知子  (Uemura Sachiko)  (40271829)	秋田大学・大学院医学系研究科・准教授    (11401)	

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