

## 科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 28 年 6 月 13 日現在

機関番号：24303

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2013～2015

課題番号：25750233

研究課題名(和文) 歩行中の痙縮の定量的評価法の開発

研究課題名(英文) Development of quantitative evaluation for spasticity during walking

研究代表者

伊藤 慎英 (Itoh, Norihide)

京都府立医科大学・医学(系)研究科(研究院)・助教

研究者番号：30646980

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,400,000円

研究成果の概要(和文)：脳卒中後の障害のひとつに痙縮がある。これは、筋肉が緊張しすぎて、手足が動かしくかたたり勝手に動いてしまうという症状である。痙縮は、安静時と動作時で同じ症状ではないため、従来の安静時評価であるmodified Ashworth scaleなどに加えて、動作時における評価法が必要である。本研究の目的は、動作解析装置を用いた歩行中における痙縮の評価法の開発した。結果から、足内外反角度と肘屈伸角度の指標を用いた歩行中の痙縮の評価法が開発された。今後は、より痙縮治療に貢献できるように評価法の開発を進めていく予定である。

研究成果の概要(英文)：Spasticity is a muscle control disorder often seen after the stroke. Deep tendon reflexes may persist for so long and so strong that the upper and lower extremity muscles get contracted involuntarily and become unable to control. Spasticity does not appear to be similar at rest and during movements, so it is necessary to evaluate the muscle tonus, not only at rest (e.g. Modified Ashworth Scale) but also during walking. The purpose of this study was to evaluate the spasticity by new method using motion analyzer during walking. As a result, we applied the new method which evaluate pes varus-valgus angle and elbow flexion-extension angle as an index to assess the spasticity during walking. We are planning to improve and apply this evaluation as a treatment for spasticity.

研究分野：リハビリテーション医学

キーワード：痙縮 歩行分析 定量的評価法

### 1. 研究開始当初の背景

安定した歩行は、多くの筋肉および関節の協調動作を必要とする非常に複雑な過程で、広範な中枢神経領域がその調節に関与している。中枢神経障害は、その多くが歩行障害の原因となりうるが、なかでも脳卒中は、高齢者の寝たきり原因の第1位でもあり、高齢社会を迎えるわが国において重要と考えられる(日本の脳卒中総患者数は133万9,000人、2008年調査)。在宅療養中の脳卒中後患者における最も重要な課題のひとつが、歩行障害とそれに伴う社会参加の阻害であることが明らかになっており(Lord SE et al: Arch Phys Med Rehabil 85: 234-239, 2004.)。残存する歩行障害を軽減させるためのさまざまなリハビリテーションが行われている。

「脳卒中治療ガイドライン 2009」の歩行障害によるリハビリテーションによると、推奨されているアプローチの7項目のうち、3項目が痙縮による歩行障害の治療についてである。歩行時、痙縮により生じる内反尖足あるいは尖足に対し、短下肢装具の使用、脛骨神経または足関節底屈筋運動点のフェノールブロック、腱移行術が治療に用いられている。このように、痙縮による歩行障害は重要なリハビリテーションの治療対象である。

一般に、痙縮の評価には、Ashworth Scale や Modified Ashworth Scale を用いる。関節可動域テストなども併用するが、いずれも安静時の評価である。動作時の評価は、通常、視診で行っている。視診は簡便で即時性が高いが、異常や重症度の判定基準が評価者の主観に依存しているため、信頼性の問題がある。一方、三次元動作解析装置を用いた歩行分析などは客観的であるが、動作解析によって得られる結果の解釈が非専門家にとって難しいため、一般的な臨床の検査としては普及していない。臨床で必要とされる歩行分析の条件は、省スペースにおける測定が可能であること、低歩行能力者を対象とできること、短時間に少人数で計測・解析が簡便にできること、計測結果が直感的に理解可能であることである。申請者らは、すでに、これらの条件をすべて満たす三次元トレッドミル歩行分析という評価法を完成させた(Itoh N, et al. Quantitative assessment of circumduction, hip hiking, and forefoot contact gait using Lissajous figures. Jpn J Compr Rehabil Sci 3. 78-84, 2012.)。

### 2. 研究の目的

本研究の目的は、申請者らが開発した三次元トレッドミル歩行分析をもとにした、痙縮による歩行障害の定量的評価法の開発である。歩行中の痙縮による症状の指標を開発し、定量的評価が可能になると、リハビリテーション治療に大きく貢献できると考えている。

### 3. 研究の方法

本研究は以下の3つの内容を行った。

- 1) 三次元トレッドミル歩行分析による歩行中の痙縮の定量的評価システムの策定
- 2) 歩行中の痙縮による症状の指標の開発とその妥当性の検討
- 3) A型ボツリヌス毒素による痙縮治療例における治療後の歩行の定量的変化

- 1) 三次元トレッドミル歩行分析による歩行中の痙縮の定量的評価システムの策定  
対象：健常者3名、片麻痺者3名  
方法：三次元トレッドミル歩行分析システム KinemaTracer®(キッセイコムテック社製)を用いて、歩行中の痙縮の定量的評価システムを策定するため、痙縮によって生じる過度な足内反(平成26年度報告まで内反尖足としていたが、定義上、足内反が妥当であるため変更している)、足クローヌス、膝のこわばり、過度な肘屈曲の指標を算出するため、通常三次元トレッドミル歩行分析で取り付けるマーカの肩峰、腸骨稜、股関節、大腿骨外側上顆、外果、第5中足骨頭の計12カ所に加え、大腿骨内側上顆、内果、第2中足骨頭、踵骨隆起の4カ所(両側のため計8個)および手、肘関節にマーカを追加し、全てのマーカの記録に必要なCCDカメラの台数を検討した。

さらに、足内反および足クローヌスの微細な動きの分析精度を向上させるため、30mm、20mm、15mmの半球マーカを用い、マーカ最小化の検討を行った。

健常者3名に、トレッドミル速度5km/hと1.5km/hでの通常歩行と、1.5km/hでの模擬片麻痺者歩行での計測を行い、マーカ計測の可否を検証した。同様に、片麻痺者3名でも実施した。

- 2) 歩行中の痙縮による症状の指標の開発とその妥当性の検討

対象：健常者25名と異常歩行が観察された片麻痺者(足内反24名、足クローヌス1名、膝のこわばり30名)

方法：指標化は、痙縮による歩行中の足内反、足クローヌス、膝のこわばりを試みた。

臨床的観点から各指標を次のように定義した。足内反は「足背への法線ベクトルを下腿の前額面に投影し、投影したベクトルと下腿軸が下腿の前額面上で成す角度」、足クローヌスは「初期接地から反対側の離地までの踵マーカの鉛直方向の振幅」、膝のこわばりは「健常者と対象者の遊脚期の膝関節最大屈曲角度の差を、健常者の最大屈曲角度で除して100を乗じた値」とした。

対象者全てに、三次元トレッドミル歩行分析を実施し、各指標値を算出した。

また、歩行分析に習熟した理学療法士3名が、片麻痺者の歩行ビデオを観察し、異常歩行の重症度を採点した。指標の妥当性は、健常者と片麻痺者の指標値の比較、および片麻

痺者の指標値と採点結果との相関関係から検討した。統計処理は、スピアマンの順位相関係数を用いた。

### 3) A型ボツリヌス毒素による痙縮治療例における治療後の歩行の定量的変化

対象：痙縮による足内反あるいは肘屈曲を呈し、歩行中に症状が増悪し、A型ボツリヌス毒素による痙縮治療の適応がある片麻痺者（足内反28名と肘屈曲14名）

A型ボツリヌス毒素による痙縮治療例における治療後の歩行の効果判定の指標には、経過観察が可能であった治療対象の臨床症状を考慮し、足内外反角度と肘屈伸角度を採用した。なお、肘屈伸角度の定義は、上腕骨外側上顆と肩峰マーカを結んだベクトルと上腕骨外側上顆と尺骨茎状突起マーカを結んだベクトルが三次元空間上で成す角度とした。

評価は、安静時の Modified Ashworth Scale (MAS)、下肢筋力、平地歩行速度、三次元トレッドミル歩行分析を、注射前、注射から2週後、6週後、12週後に行った。歩行分析から得られたデータより、足内外反角度と肘屈伸角度を算出した。

これらの評価結果により、A型ボツリヌス毒素による痙縮治療の定量的評価を行い、歩行中にみられる症状がどの程度改善したかを検討した。統計処理はSteel検定を用いた。

## 4. 研究成果

1) 第一に、痙縮によって生じる足内反、足クローヌス、膝のこわばりの指標となる大腿骨内側上顆、内果、第2中足骨頭、踵骨隆起の4カ所（両側のため計8個）のマーカ、および上肢の痙縮も計測できるよう手、肘関節にマーカを追加し、現システムの撮影環境（CCDカメラ4台使用）で計測できるか検討したところ、当初の想定通り、CCDカメラを4台追加する必要があることが分かった。

第二に、足内反および足クローヌスの微細な動きの分析精度を向上させるため、マーカ最小化の検討を行った。健常者3名に30mm、20mmと15mmの半球マーカを用い、トレッドミル速度5km/hと1.5km/hでの通常歩行と、1.5km/hでの模擬片麻痺者歩行での計測を行ったところ、1回の検査における三次元化処理に要する時間は、30mmで最大13分、20mmで45分であった。また、20mmでの模擬片麻痺歩行では、踵骨隆起マーカの自動認識処理が不可能となることがあった。また、15mmではマーカの自動認識処理が不可能となることが多発した。そのため、本計測法では30mm半球マーカを用いる必要があることが分かった。

第三に、上記を踏まえたトレッドミル歩行分析を片麻痺者3名に実施したところ、各マーカを撮影できることが確認できた。

2) 足内反の指標値は、健常者の最大角度が

遊脚期  $18.0 \pm 4.3^\circ$ 、立脚期  $17.9 \pm 3.7^\circ$ 、片麻痺者の最大角度が遊脚期  $27.0 \pm 9.2^\circ$ 、立脚期  $21.8 \pm 9.6^\circ$  であった。片麻痺者で最大角度が大きくなることが確認できた。足内反は、足内外角度を評価しているため、重症度の採点は不要とした。足クローヌスの指標値は、健常者が  $0.7 \pm 0.1\text{cm}$ 、片麻痺者が  $1.8\text{cm}$  であった。足クローヌスを呈する片麻痺者が1名であったために指標の妥当性は検討できなかったが、痙縮改善に伴う指標値の低下が確認できた。膝のこわばりの指標値は、健常者の最大膝関節屈曲角度が65度であり、片麻痺者の指標値は  $65.3 \pm 20.4$  であった。観察による採点結果との順位相関は  $-0.78$  ( $p < .01$ ) と高く、妥当性の高い指標と考えた。

3) 足内反を呈する28名のA型ボツリヌス毒素の注射の対象筋は、下腿の後脛骨筋、腓腹筋、ヒラメ筋などであった。注射後、MASと歩行中の最大足内反角度、歩行速度は改善し、ボツリヌス治療の有効性が確認できた。MASは12週後に注射直前の値に戻ったが、遊脚期の最大足内反角度は12週後も有意に減少していた。

肘屈曲を呈する14名のA型ボツリヌス毒素の注射の対象筋は、上肢の上腕二頭筋、上腕筋、大胸筋などであった。注射後、肘屈筋群のMASは2週後に有意差はなかったが、歩行中の最大肘屈曲角度は有意に減少していた。歩行中の痙縮による肘屈曲に対するボツリヌス治療も有効であることが確認できた。

痙縮は、安静時と動作時で常時同一症状ではないため、ボツリヌス治療の効果判定には安静時の評価に加えて、歩行中の評価が必要であった。本研究の結果から、足内外反角度と肘屈伸角度が歩行中の痙縮の定量的評価指標として有用であると考えた。足クローヌスは、歩行分析ができた症例数が少なかったこと、膝のこわばりは、経過観察できた症例数が少なかったことにより、有用性を明らかにできなかった。今後は、前述の症状をはじめ、痙縮による他の異常歩行パターンの解析や注射の適応（部位、A型ボツリヌス毒素の量）が明らかとなる評価法を開発していきたい。

## 5. 主な発表論文等

（研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線）

〔雑誌論文〕(計1件)

(1) Tanikawa H, Kagaya H, Saitoh H, Ozaki K, Hirano H, Itoh N, Yamada J, Kanada Y. Efficacy of Botulinum Toxin A Treatment for Pes Varus during Gait. J Stroke Cerebrovasc Dis 24: 2416-2422, 2015. 査読あり

〔学会発表〕(計0件)

〔図書〕(計 1 件)

(1)才藤栄一，大塚圭編集，伊藤慎英ら著．  
歩行分析と動作分析，一般財団法人学会誌刊  
行センター（東京），2015． 1-220．

〔産業財産権〕

出願状況（計 0 件）

名称：  
発明者：  
権利者：  
種類：  
番号：  
出願年月日：  
国内外の別：

取得状況（計 0 件）

名称：  
発明者：  
権利者：  
種類：  
番号：  
取得年月日：  
国内外の別：

〔その他〕

ホームページ等  
該当なし

## 6．研究組織

### (1)研究代表者

伊藤 慎英 ( ITOH NORIHIDE )  
京都府立医科大学・医学(系)研究科(研  
究院)・助教

研究者番号：30646980

### (2)研究分担者

該当なし

### (3)連携研究者

該当なし