

症例報告



痙縮を呈する脳卒中患者に対し治療的電気刺激を施行した症例 — 相反抑制効果による歩容改善への即時的効果について — *

渡部友宏¹⁾・谷本正智²⁾・酒向敦裕¹⁾・亀山 祐¹⁾

【要 旨】

下腿三頭筋に痙縮を呈し、歩行時に跛行を認める症例を経験した。症例は60歳代男性、左片麻痺後遺症を呈し、痙縮を認めていた。本研究の目的は、左下腿三頭筋の痙縮に対し、左前脛骨筋へ治療的電気刺激(Therapeutic Electrical Stimulation: TES)を行い、即時的な効果判定を、三次元動作解析装置にて行った。結果、TES介入により、歩幅や歩行率が変化し、リサージュ図形からも足部の軌道や、膝関節の動揺の減少が確認された。また歩幅や歩行率の変化について、TESによる痙縮への相反抑制効果により、ロッカー機能が改善した結果、歩容改善に影響を及ぼしたと推察された。

キーワード：脳卒中、治療的電気刺激、歩行率

目的

広義の運動障害を対象とする理学療法にとって、動作観察はリーズニングの中核に位置する媒体である¹⁾。実際の臨床場面においても、観察によって歩行を定性的に評価し、診断・治療に用いる場面は多い。しかしながら人間の目では、12Hz以上のスピードの事象は捉えることはできず、見落としなく、同時に複数の関節運動を観察することは困難である²⁾。そのため理学療法介入前後に、定量的な効果判定のため、三次元歩行解析装置を用いることは、検出データをあらゆる方向にて繰

り返し眺めることができるため重要であり³⁾、また動作観察評価に用いたリサージュ概観図の利点は、視診との親和性が高く、歩行の概観を直感的にイメージしやすいとされている⁴⁾。

脳卒中後の(歩行)動作障害を及ぼすひとつの機能的要素に、筋緊張異常である痙縮が挙げられ、治療に対し神経筋電気刺激を行う物理療法は、数多くの報告がされている⁵⁾。その一部である、治療的電気刺激(Therapeutic Electrical Stimulation: 以下、TES)は、麻痺筋に対して電気刺激を与える手法で、随意運動の改善効果及び、拮抗筋に対する痙縮抑制効果があると報告されている⁶⁾。

本研究の目的は、下腿三頭筋の痙縮に対し、前脛骨筋へTESを行い、即時的な相反抑制効果が、歩行周期に与える影響について、三次元動作解析装置のデータを用いて検討することとする。

症例紹介・理学療法評価

症例は60歳代前半、男性で診断名は右中大脳動脈梗塞、左片麻痺を呈する症例である。理学療法評価は、主訴が上手に歩きたい、脳卒中機能障害評価(Stroke Impairment Assessment Set: 以下、SIAS)左下肢 motor test 4-4-3, 左下肢Brunnstrom Stage 4, 左膝関節屈曲100°, 伸展-5°, 左足関節

* One stroke patient underwent therapeutic electrical stimulation for spasticity
— Effective treatment improved on walking efficiency at which controlled reciprocal inhibition —

1) 愛知県済生会リハビリテーション病院
リハビリテーション科
(〒451-0052 愛知県名古屋市中区栄生一丁目1-18)
Tomohiro Watanabe, RPT, Atsuhiko Sako, RPT, Tasuku Kameyama, RPT: Department of Rehabilitation, Aichi Saiseikai Rehabilitation Hospital, Nagoya, Aichi, Japan

2) 独立行政法人 国立長寿医療研究センター
Masanori Tanimoto, RPT: National center for Geriatrics and Gerontology, Obu, Aichi, Japan

E-mail: towild1979@yahoo.co.jp

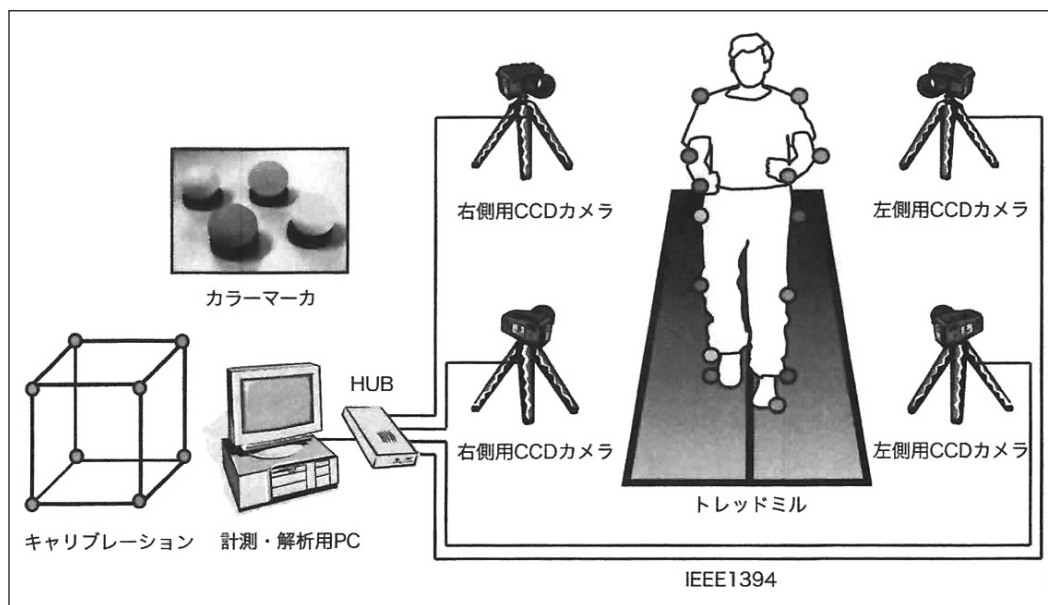


図1. Kinema Tracer の概要

背屈5°、底屈25°、感覚検査は左足背、足底共に表在、深部感覚鈍麻、筋緊張検査は足クローヌス陽性、左足関節底屈筋 Modified Ashworth Scale 2であった。

倫理的配慮、説明と同意

本研究は愛知県済生会リハビリテーション病院、倫理委員会の承認（承認番号：201302）を得て実施した。また本人には事前に研究の趣旨・目的について十分な説明を行い、同意を得て行った。

治療介入と分析

研究デザインはPre-Postデザインで、シングルケーススタディにて行った。TES前の3歩行周期をトレッドミル上にて撮影記録し、その後TESを施行し3歩行周期を撮影記録した。トレッドミルは低床型デュアル・トレッドミル（大武・ルート工業）を使用し、TESにはPULSECURE-PRO（OG技研）を使用した。刺激出力はパルス幅0.3ms、周波数20Hzの単相波形波、刺激時間は15分間行った。TESは左前脛骨筋へ行った。歩行分析には三次元動作解析装置 Kinema Tracer（キッセイコムテック社）を使用した（図1）。TES前後のトレッドミル速度は共に1.2km/h、計測日は発症106病日目にて計測し、TES前後の3歩行周期の時間軸を正規化し、三次元データによる解析比較を、左足関節の底背屈の関節角度、左右の歩幅、歩行率にて行った。また歩行周期にお

ける、矢状面上の左第5中足骨頭リサージュ図形と肩峰、重心、股関節、膝関節、第5中足骨頭の各マーカーによるリサージュ図形を、TES前後にて比較した。

結果

トレッドミル上における、TES前後の3歩行周期を比較した結果、左足関節の最大背屈角度の平均値はTES前が1.5°であり、TES後は5.2°であった。左右各歩幅の平均値はTES前が左13.8cm、右10.4cmに対しTES後は左12.3cm、右15.6cmであった。歩行率の平均値はTES前が92.3steps/minに対し、TES後は99.3steps/minであった（表1）。リサージュ図形はTES前後にて、矢状面上の左第5中足骨頭の軌跡が狭小化していた（図2, 3）。また膝関節においても、TES前後にリサージュ図形の狭小化が確認された（図4, 5）。

表1. TES 前後の各項目の変化

	pre TES	post TES
左足関節背屈角度(°)	1.5	5.2
右歩幅(cm)	10.4	15.6
左歩幅(cm)	13.8	12.3
歩行率(step/min)	92.3	99.3
平均値		

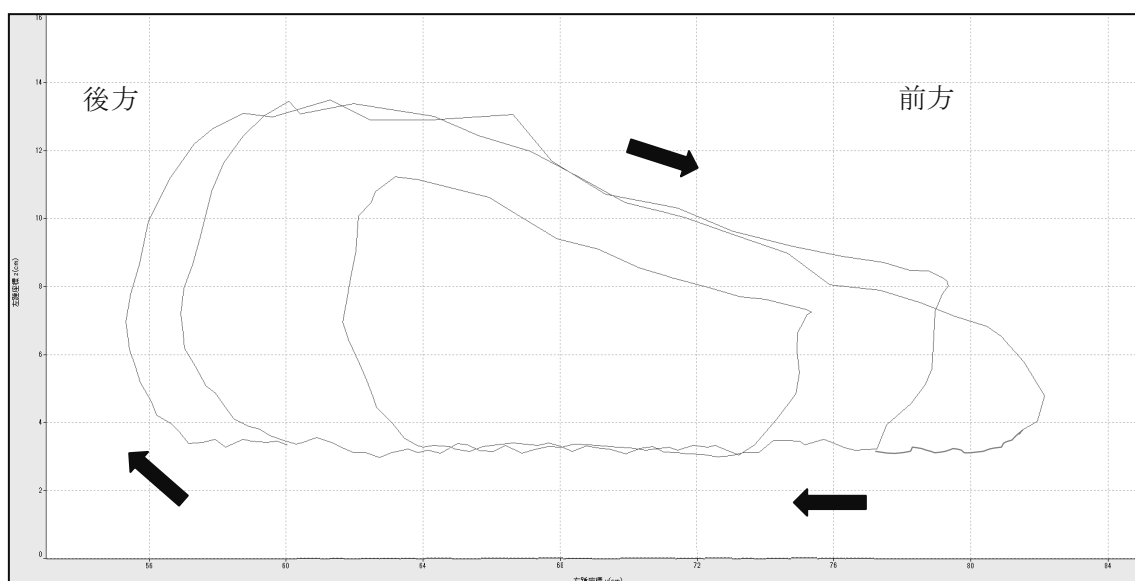


図2. TES 前 矢状面上 左患側第5中足骨頭

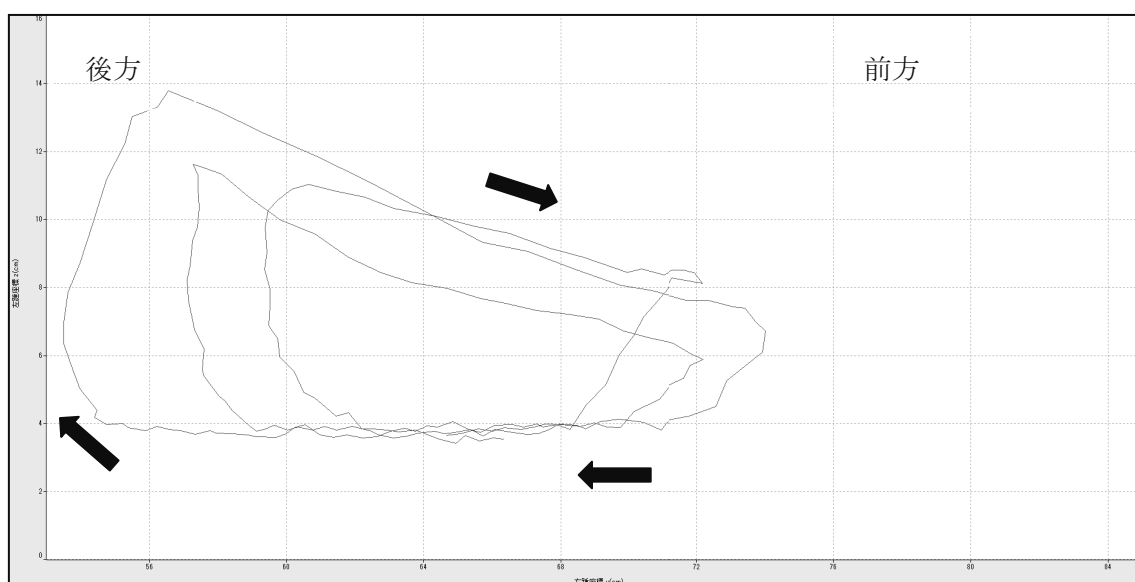


図3. TES 後 矢状面上 左患側第5中足骨頭

考察

本研究では下腿三頭筋の痙縮に対する TES の即時効果を、左足関節底背屈角度、左右歩幅、歩行率、リサージュ図形より検討した。TES の効果について、前脛骨筋の相反抑制による効果は、求心性 I a 神経繊維に対する刺激が、脊髓内の抑制介在ニューロンを介し、拮抗筋である下腿三頭筋の運動ニューロンの興奮性を低下させる作用が報告されている⁷⁾。ペリー⁸⁾は、下腿三頭筋の過剰な筋緊張は、原始的な伸筋共同パターンの構成要素であり、遊脚中期では床クリアランスを確保す

るために、屈筋共同パターンが活発となり、遊脚終期は伸筋共同パターンが出現しやすい相と報告している。そのため TES 前は左遊脚相において原始的な共同運動パターンが出現していたが、TES による相反抑制効果により、左足関節の分離運動が可能となり、矢状面上の左第5中足骨頭のリサージュ図形が、TES 後に狭小化したと考えた。また TES 後のリサージュ図形では、後下方へ下降しているのが確認される。つまり、TES 前のリサージュ図形では、ヒールロッカーの機能が困難であり、足底接地までの時間短縮が考えられる。そ

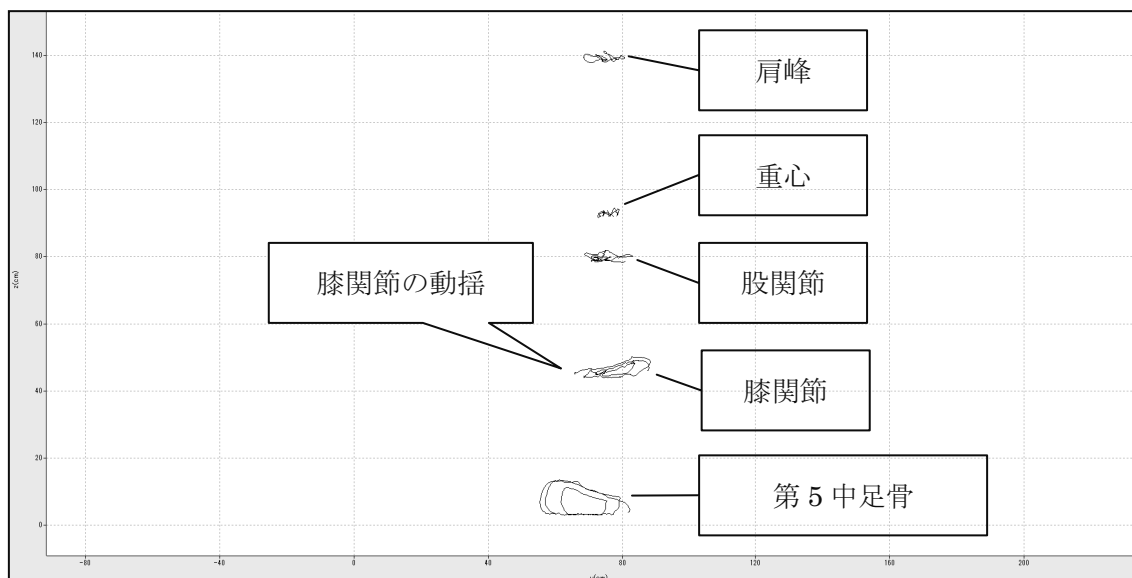


図4. TES 前 各マーカーによる矢状面上のリサーチ図形

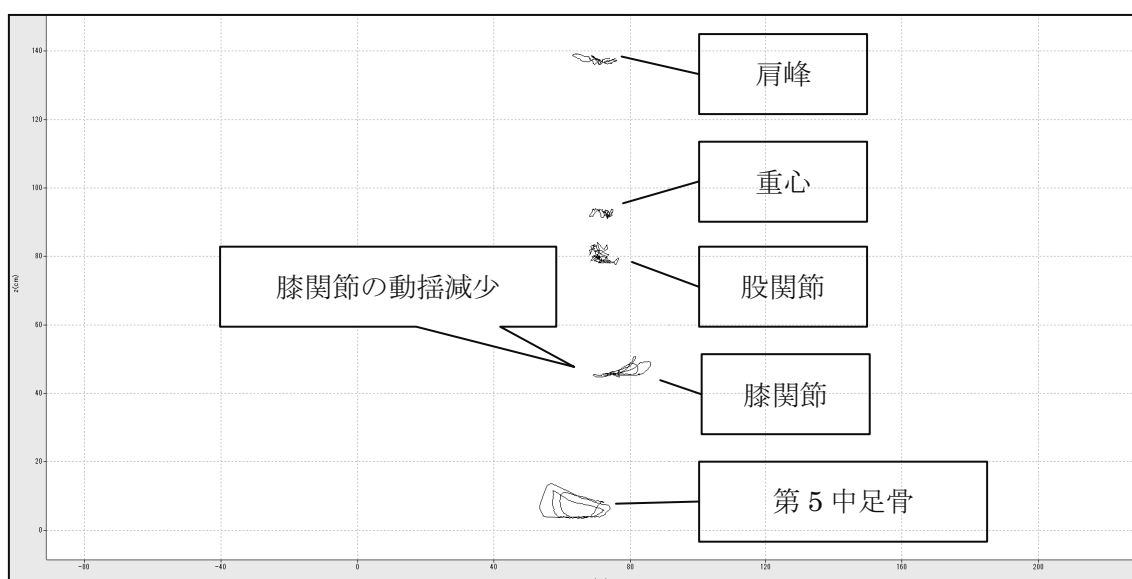


図5. TES 後 各マーカーによる矢状面上のリサーチ図形

のため、回転軸の支点形成阻害が、左立脚期への影響として考えられる。そして、TES後のリサーチ図は後下方へ下がっているため、足底接地まで時間をかけることが可能となり、ヒールロッカーが機能し、回転軸の支点形成が向上したと考えられる。

吉尾⁹⁾は荷重連鎖に基づく運動学習観点から、適切な踵接地に続いて足底が接地することが重要とし、また、下腿三頭筋による立脚後期のroll-off機能は、推進力を高め効率的な歩行をするためにも、非常に重要な要素と報告している。TESによ

る効果は、前脛骨筋からヒラメ筋へのI a相反抑制が出現し、ヒラメ筋から前脛骨筋へのI a相反抑制が減少することが報告されている⁶⁾。つまり前脛骨筋の随意性向上にて、踵接地を容易にし、拮抗筋の痙縮の抑制への影響がその後の立脚期における、左下肢の安定性や推進力に影響を及ぼしたと考えられた。

歩行周期において立脚初期の踵が接地する局面では、足関節底屈筋、背屈筋共に皮質脊髓路、伸張反射経路の興奮性が増大するとしている¹⁰⁾。本症例において、TESによる相反抑制効果にて、下

腿三頭筋の興奮は抑制された結果、左立脚初期における、左足関節の底屈が軽減し、踵接地が促されたと考えた。そして左立脚期の安定化により、右の歩幅が TES 前の 10.4cm から TES 後の 15.6cm へ変化し、右非麻痺側の歩幅変化が、左右の非対称性の軽減に影響したと考えた。そして TES 前後の膝関節の動揺変化も、リサージュ図形から確認され、矢状面上における前後方向の範囲が狭小化していた。

効率的な歩行を行うためのメカニズムとして、ロッカー機能が歩行における重要な歩行のバイオメカニクスと位置付けている⁸⁾。本症例における TES 介入前の歩行各相のロッカー機能は、立脚初期は、足関節底屈筋群の過活動により、底屈位となるため踵からの接地が困難であった。石井¹¹⁾は踵接地が十分に行えず、ヒールロッカーが欠落するような歩行動作では、重心が一度停止するため、そこから再び前方へ能動的に回転運動を起こさなくてはならないと報告している。したがって踵から接地できないことにより運動学的エネルギーや運動連鎖の観点から、非効率であると考えた。次にアングルロッカーでは足関節を中心として重心が前方に回転していく時期であり、立脚中期を過ぎると身体の前方向回転にブレーキをかけるためヒラメ筋が遠心性に収縮する¹²⁾。痙縮のアングルロッカーへの影響は、ヒラメ筋の遠心性収縮が阻害となるため、身体重心が前方へ推移するのに対して、下腿前傾が困難となり、重心が前上方に変移することや、立脚後期にかけて加速していく重心を制御することが、困難になると考えた。そしてフォアフットロッカーでは、足関節を中心とした回転運動から中足骨を中心とした回転軌道に変えて、円軌道を上方修正している⁸⁾。フォアフットロッカーが機能する条件の 1 つに、立脚後期の足関節の背屈角が、下腿三頭筋とアキレス腱の伸張により「弾性エネルギー」として、蓄えられるか否かとしている¹³⁾。痙縮によるこの時期への影響は、下腿三頭筋、アキレス腱へ伸張を困難にしている状態であると考えた。

下腿三頭筋の痙縮が歩容に及ぼす影響として、石井¹⁴⁾は、ヒラメ筋と腓腹筋が痙縮を起こすと足は底屈位を保持したままになり、3つのロッカーファンクションが働くなり、立脚相で衝撃を吸収しながら動作を制御することもできなくなる、としている。本症例は下腿三頭筋の痙縮により、立脚期のロッカー機能が低下し、歩幅や歩行率が低下していた。そこで、前脛骨筋へ TES にて治療介入した結果、下腿三頭筋への相反抑制による即時

的な効果によって、機能低下した3つのロッカー機能が改善し、歩幅や歩行率、リサージュ図形が変化したと考えた。またロッカー機能の改善指標として、リサージュ図形のマーカー狭小化から左立脚期が安定し、その結果右歩幅が増加したと考えられる。つまり左下肢のロッカー機能が改善し、反対側である右下肢のスムーズな振り出しを可能にした結果、歩行率が改善したと推察された。

まとめ

今回施行した下腿三頭筋の痙縮に対する、前脛骨筋への TES による相反抑制効果は、即時的に左右の歩幅や、歩行率へ影響を及ぼすことが推察された。しかし本研究の限界として、対象患者が一症例であり、前脛骨筋への TES の機能改善効果も含まれる。また TES を施行していない条件との前後比較がされていないため、今後は対象例や比較条件を設定し、その効果を精査しながら検証していく必要がある。

【参考・引用文献】

- 1) 内山靖：クリニカルリーズニング—理学療法士に求められる臨床能力。PT ジャーナル。2009；43（2）：93-98.
- 2) 長谷公隆：歩行分析の展開。Monthly Book Medical Rehabilitation. 2013；156：1-7.
- 3) 才藤栄一，大塚圭：臨床歩行計測入門。山本澄子，江原義弘（編集），医歯薬出版，東京，2008，pp 171-180.
- 4) 大塚圭，才藤栄一・他：トレッドミル歩行分析。Monthly Book Medical Rehabilitation. 2013；156：57-63.
- 5) 庄本康治：物理療法における研究活動の課題と方略。PT ジャーナル。2013；47（8）：676-684.
- 6) 村岡慶裕，正門由久・他：治療的電気刺激による脳卒中患者の足関節筋群における 2 シナプス性 I a 相反抑制の変化。リハ医学。2000；37：453-458.
- 7) 加茂野有徳，村岡慶裕：脳卒中に対する治療的電気刺激。PT ジャーナル。2003；37（8）：667-674.
- 8) ペリー：歩行分析—正常歩行と異常歩行—。武田功（訳）。医歯薬出版，東京，2007，pp 30-40，107-126.
- 9) 吉尾雅春：理学療法ハンドブック第3巻（第4版）。細田多穂，柳沢健（編集）。協同医書出版，東京，2010，pp 29-31.

-
- | | |
|---|--|
| 10) 河島則天：臨床歩行分析の要点. 理学療法. 2012 ; 29 (7) : 727-734. | 13) 大塚功：臨床歩行分析の要点. 理学療法. 2012 ; 29 (7) : 735-743. |
| 11) 石井慎一郎：歩行動作における動作支援のバイオメカニクス. 理学療法. 2010 ; 27 (1) : 56-65. | 14) 石井慎一郎：動作分析 臨床活用講座 バイオメカニクスに基づく臨床推論の実践. メジカルビュー社, 東京, 2013, pp 179-190. |
| 12) 石井慎一郎：股関節周辺部骨折の理学療法. 理学療法学. 2012 ; 39 (4) : 230-234. | |