

# 歩行立脚終期の停滞により特徴的な遊脚代償パターンを呈した脳卒中片麻痺患者への足関節底屈筋に対する機能的電気刺激の試み

今井千紘<sup>1)</sup>, 中村潤二<sup>1, 2)</sup>, 生野公貴<sup>1, 2)</sup>, 岡本昌幸<sup>1)</sup>, 池下祥汰<sup>1)</sup>, 後藤悠太<sup>1)</sup>, 庄本康治<sup>2)</sup>

1) 西大和リハビリテーション病院リハビリテーション部 2) 畿央大学大学院健康科学研究科

**キーワード:**脳卒中・歩行障害・電気刺激

## 目的

脳卒中患者の歩行は非対称性の強い歩行となりやすく、麻痺側の不安定性や前方推進の停滞により実用性の低下を生じる<sup>1)</sup>。中でも前方推進は、歩行速度や安定性に関与しており、前方推進力と足関節底屈筋活動には強い相関があるとされている<sup>2)</sup>。近年、前方推進力を改善させる手段として、足関節底屈筋への機能的電気刺激 (Functional electrical stimulation: FES) が報告されている<sup>3)</sup>。今回、運動麻痺や麻痺側足関節底屈筋の筋力低下などの身体機能の低下に加え、麻痺側立脚終期における前方推進の停滞により、特徴的な麻痺側下肢遊脚代償パターンを示し、歩行の安全性が低下した脳卒中片麻痺症例に対して、麻痺側足関節の分離運動の促進及び足関節底屈筋力の向上を目的として、足関節底屈筋への神経筋電気刺激 (Neuromuscular electrical stimulation: NMES) や、歩行における前方推進力の向上を目的に、足関節底屈筋への FES を含む包括的な運動介入を行い、運動機能や歩行への影響を検討した。

## 方法

対象は、右放線冠から大脳基底核の脳梗塞により左片麻痺を発症し、約3ヶ月が経過した60歳代女性であった。Fugl-meyer assessment (FMA) 下肢項目は18点であり、足関節単独での随意運動は困難であった。麻痺側足関節底屈筋力はMMTにて1であり、足関節底屈筋の痙縮は認めなかった。歩行は、シューホーン型短下肢装具、T-cane を使用して2動作での歩行であったが、麻痺側立脚初期での外側への転倒傾向を認め、軽介助を要した。その原因は、麻痺側立脚終期での股関節伸展不足に伴う前方推進の停滞が生じたことで、急激な膝関節伸展による努力性の代償的な振り出しが行われ、その反動で踵接地時に股関節内転に伴う歩隔の低下が生じた結果であると解釈した。そのため、麻痺側での立脚終期延長を目的として通常の理学療法に加え、麻痺側足関節底屈筋に対するFESを実施した。研究デザインにはpre-post デザインを用い、介入期間を4週間とした。足関節底屈筋の分離運動促進及び足

関節底屈筋力増強にNMESを行うと共に、立位での姿勢制御練習や歩行の課題志向型練習の際に底屈筋へのFESを併用した。

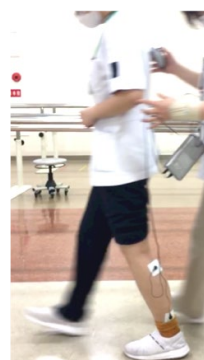


図1. FESを併用した歩行練習

NMESには、低周波治療器(ESPURGE, 伊藤超短波社)を用い、底屈筋と脛骨神経に自着性電極を貼付した。刺激強度は痛みなく筋収縮を引き起こす最大強度とし、パルス幅は $300\mu\text{sec}$ 、周波数は30Hz、刺激時間は15分間とした。FESには、低周波治療器(DRIVE, デンケン社)を用い、電極貼付位置はNMSEと同一とした。刺激強度は痛みなく筋収縮を引き起こす最大強度とし、パルス幅は $100\mu\text{sec}$ ( $\times 3$ トレイン)、周波数50Hz、ハンドスイッチにて立位での荷重練習や歩行の麻痺側立脚中期から終期にかけて通電し、30分間の立位および歩行練習を実施した。評価はFMA、足関節底屈筋力をMMTにて測定した。歩行は圧力計式歩行解析装置(FDM system, Zebris社)を用いて速度、歩隔、単脚支持期における足圧中心(Center of Pressure: COP)の前後移動距離、単位面積当たりの鉛直方向の床反力を測定した。本研究は、ヘルシンキ宣言を遵守し、対象者の保護に十分留意した。実施にあたっては、研究実施施設長及び主治医の許可を得て実施した。対象者には本研究の目的について説明し、本人の自署による同意を得た後に実施した。

## 結果

介入後、運動麻痺の改善に伴い、共同運動における麻痺側

足関節底屈筋の随意出力にも改善がみられた。また、各歩行パラメータの改善も認められた。結果の詳細は、表1に示す。単位面積当たりの鉛直方向の床反力(図3)は、麻痺側踵接地と立脚終期において増加がみられた。歩行観察では、麻痺側立脚終期での前方推進の停滞が改善し、過度な膝関節伸展による強引な遊脚から、振り子様の遊脚が可能となり、麻痺側踵接地時の股関節内転および足部内側接地が改善した。その結果、転倒傾向が軽減し見守りとなった。麻痺側立脚期におけるCOPの移動軌跡は、介入前は過剰に外側方向に偏移していたが、介入後は、比較的内側に偏移するようになった。

表1. 運動麻痺, 筋力, 歩行パラメータの変化

	介入前	介入後
FMA下肢項目(点)	18	20 (共同運動での足関節運動が改善)
麻痺側足関節底屈筋力(MMT)	1	2-
歩行速度(km/h)	1.9±0.3	2.5±0.2
歩隔(cm)	4±2	6±2
歩幅(cm)	45±3 / 31±2	57±4 / 43±2
麻痺側 / 非麻痺側		
単脚支持におけるCOP前後移動距離(cm)	5.1±1.5 / 8.7±0.5	6.3±0.5 / 9.5±0.1
麻痺側 / 非麻痺側		

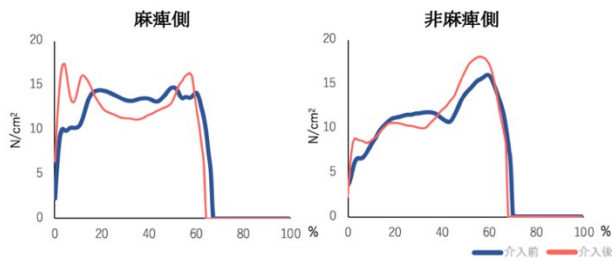


図2. 単位面積当たりの鉛直方向の床反力の変化

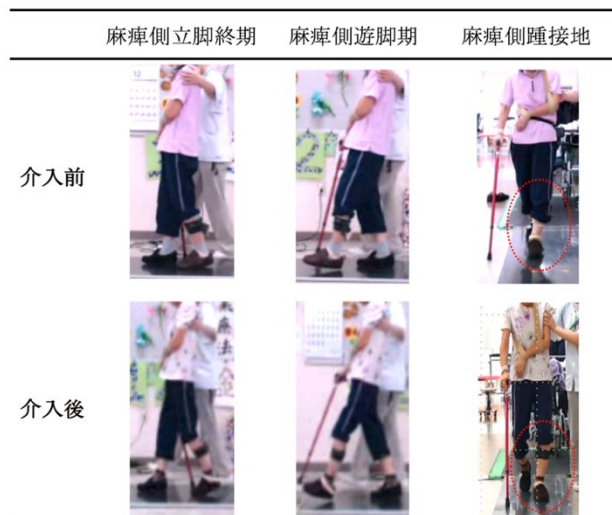


図3. 歩容の変化

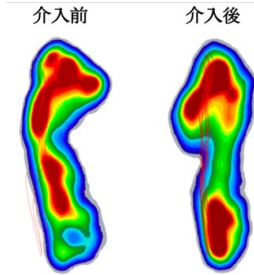


図4. 麻痺側立脚期のCOPの移動軌跡の変化

### 考察

通常の理学療法に加えて、麻痺側足関節底屈筋に対する電気刺激の併用介入を行ったことで、運動麻痺や底屈筋力などの身体機能や歩行能力の改善がみられた。歩行に関しては、歩行速度や歩行時の単脚支持におけるCOP前後移動距離、床反力が改善していることから、NMESによる機能的な向上に加え、歩行練習等に底屈筋へのFESを併用したことで、麻痺側立脚中期から終期における前足部荷重が改善し、前方推進力の改善に繋がった可能性が考えられた。それにより遊脚での努力性が軽減したことで、歩隔の増加や、COPの移動軌跡が内側に偏移したことが示すように、遊脚終期での股関節内転偏移が軽減し、麻痺側立脚期の転倒傾向の軽減に至ったと考えられる。今回は回復期の1症例を対象とし、コントロール期間やフォローアップ期間を設けていないため、自然回復の影響や持続効果は明らかではない。しかし、今回の症例のように足関節底屈筋の機能低下を背景に、歩行における麻痺側での前方推進の停滞と、それにより代償的な遊脚パターンを呈する脳卒中症例の麻痺側足関節底屈筋への電気刺激と運動療法の併用は、身体機能や歩行能力を改善させる介入手段の一つとなる可能性がある。

### 文献

- 1) Olney, et al.: Hemiparetic gait following stroke. Part I: Characteristics: Gait & Posture, Volume 4, Issue 2: 136-148, 1996.
- 2) Turns, et al.: Relationships Between Muscle Activity and Anteroposterior Ground Reaction Forces in Hemiparetic Walking: Arch Phys Med Rehabil, 88(9): 1127-1135, 2007.
- 3) Kesar, et al.: FUNCTIONAL ELECTRICAL STIMULATION OF ANKLE PLANTAR- AND DORSI-FLEXOR MUSCLES: EFFECTS ON POST-STROKE GAIT: Stroke, 40(12): 3821-3827, 2009.