

# 脳卒中片麻痺患者の足関節底屈筋に対する機能的電気刺激と課題指向型練習の併用による即時的影響～1症例による予備的検討～

宮野佳那<sup>1)</sup>，中村潤二<sup>1) 2)</sup>，藤井慎太郎<sup>1)</sup>，辻本直秀<sup>1)</sup>，生野公貴<sup>1) 2)</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・足関節底屈筋・電気刺激療法

## はじめに

脳卒中片麻痺患者の歩行は、対称性や冗長性の低下を来し、実用性を低下させる。歩行速度の低下は、活動範囲を拡大する上で問題となるが、歩行速度には麻痺側下肢での推進力が関与しており、足関節底屈筋活動が重要とされている<sup>1)・2)</sup>。近年、足関節底屈筋への機能的電気刺激(Functional electrical stimulation: FES)とトレッドミルでの歩行練習を併用することにより、前方推進力が増加したことが報告されている<sup>3)</sup>。しかし、足関節底屈筋に対するFESを問題志向的に実施した報告は少ない。今回、歩行の前方推進力の低下により、歩行速度の低下を来していると考えられる脳卒中片麻痺患者に対して、課題指向型練習と足関節底屈筋へのFESを併用し、歩行能力への即時的影響を検討した。

## 方法

症例は、発症後約3ヶ月を経過した脳梗塞右片麻痺の70歳男性であった。下肢の運動麻痺は軽度で、Fugl-Meyer Assessmentにて29点であった。足関節底屈筋力は、MMTで両側ともに2+であった。認知機能は長谷川式認知症スケールにて29点と良好であった。既往に左小脳出血、腰椎椎体骨折があり、左下肢に軽度の運動失調や腰椎の可動性が低下していた。立位姿勢は、胸椎後弯、腰椎前弯、骨盤後傾、両膝関節屈曲位であった。病院内の歩行は独歩にて自立していたが、麻痺側立脚中期から後期にかけての股関節の伸展が減少し、蹴り出しが不十分となり、麻痺側下肢を過度に屈曲して振り出すような代償を認めた。続く麻痺側踵接地での前方推進の停滞が生じており、歩行速度が低下していた。本症例の歩行に関する病態仮説として、立位アライメント異常による足関節制御の貢献度の低下に加えて、運動麻痺および運動失調による蹴り出しの不足を伴う歩行の立脚後期の短縮に

より、麻痺側下肢での前方推進が停滞していると推察した。そこで、前方推進の改善を目的に、課題指向型練習と麻痺側足関節底屈筋へのFESの併用を実施した。介入は40分間を1セッションとし、課題指向型練習とFESの併用時および課題指向型練習単独での介入前後の即時的な影響を比較した。尚、各々の介入条件の間には1週間のウォッシュアウト期間を設けた。課題指向型練習は、床上での歩行練習に加え、トレッドミルを用いた歩行練習やバランス練習、前後重心移動練習や段差昇降練習などを実施した。FESは、低周波治療器(DRIVE, デンケン社)を用いた。麻痺側下腿三頭筋に自着性電極を貼付し、刺激強度は、疼痛や不快感のない範囲での最大強度とし、周波数50Hz、パルス幅100 $\mu$ sec( $\times 3$ トレイン)とし、ハンドスイッチを用いて、歩行の立脚中期から立脚後期にかけて通電した。また、歩行練習以外の課題指向型練習の下腿三頭筋の活動時にも通電した。評価は、各介入後の歩行パラメータの変化を、圧力計式歩行解析装置(FDM system, Zebris社)を用いて計測し、比較した。歩行パラメータは歩行速度、歩幅、ケイデンス、立脚期の単脚支持期における前後足圧中心移動距離を計測し、床反力データは単脚支持期における最大垂直床反力、踵接地から最大床反力までの時間、単位面積あたりの床反力とした。尚、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

介入前後の歩行速度は、FES併用時は $2.5 \pm 0.2$ から $3.0 \pm 0.3$ km/h、課題指型練習時では $2.5 \pm 0.4$ から $2.6 \pm 0.3$ km/hであった(表1)。歩幅は、FES併用時では麻痺側は $41 \pm 4$ cmから $48 \pm 3$ cm、非麻痺側は $47 \pm 2$

から  $55 \pm 2$  cm, 課題指向型練習時では麻痺側が  $43 \pm 4$  から  $47 \pm 0$  cm, 非麻痺側が  $47 \pm 2$  から  $49 \pm 1$  cm であり, 両側ともに FES 併用時に増加を示した. ケイデンスの変化は少なかった. また麻痺側立脚期の単脚支持期における前後足圧中心移動距離は, FES 併用時では  $9.1 \pm 0.3$  から  $9.7 \pm 0.4$  cm, 課題指向型練習時では,  $10.4 \pm 0.7$  から  $10.1 \pm 1.9$  cm となった. 単位面積当たりの床反力は, 麻痺側立脚後期において FES 併用時に  $39.2$  から  $46.2$  N/cm<sup>2</sup>, 課題指向型練習時に  $52.3$  から  $50.9$  N/cm<sup>2</sup> となり, FES 併用時における立脚期の前方推進の増加が示された (図 1). 麻痺側立脚初期における最大垂直床反力は麻痺側で FES 併用時に  $621.9$  N から  $665$  N, 課題指向型練習時では  $606.2$  N から  $627.3$  N であった. 加えて, 踵接地から最大垂直床反力までの時間は FES 併用時に短縮した. FES 併用後には, 麻痺側股関節伸展が増加し, 蹴り出しの増加がみられ, 麻痺側遊脚期における下肢の過度な振り出しが軽減し, 踵接地時の膝関節伸展角度が増加した. 内省報告として FES 併用時には, 「前に押し出される感じがして歩きやすい」といった報告を得た.

表 1 各介入による歩行パラメータの変化

	FES併用時		課題指向型練習のみ	
	介入前/介入後	(変化量)	介入前/介入後	変化量
歩行速度 (km/h)	$2.5 \pm 0.2 / 3.0 \pm 0.3$	(0.5)	$2.5 \pm 0.4 / 2.6 \pm 0.3$	(0.1)
麻痺側歩幅 (cm)	$41 \pm 4 / 48 \pm 3$	(7.0)	$43 \pm 4 / 47 \pm 0$	(4.0)
非麻痺側歩幅 (cm)	$47 \pm 2 / 55 \pm 2$	(8.0)	$47 \pm 2 / 49 \pm 1$	(2.0)
ケイデンス (歩/分)	$94 \pm 3 / 95 \pm 2$	(1.0)	$92 \pm 4 / 90 \pm 1$	(-2.0)
単脚支持における足圧中心前後移動距離 (cm)	$9.1 \pm 0.3 / 9.7 \pm 0.4$	(0.6)	$10.4 \pm 0.7 / 10.1 \pm 1.9$	(-0.3)
麻痺側立脚初期における最大垂直床反力 (N)	$621.9 / 665.3$	(43.4)	$606.2 / 627.3$	(21.1)
踵接地から最大垂直床反力までの時間 (% 歩行周期)	$19 / 15$	(-4.0)	$16 / 19$	(3.0)

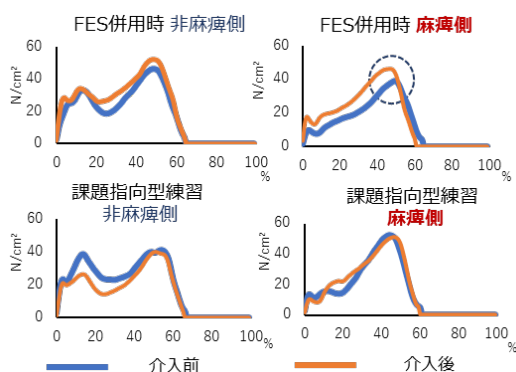


図 1 各介入による単位面積当たりの床反力の変化

## 考察

今回, FES 併用介入後に即時的な歩行速度, 麻痺側および非麻痺側の歩幅, 麻痺側および非麻痺側単脚支持期における足圧中心移動距離の増加がみられた.

また, 麻痺側立脚後期での単位面積当たりの床反力や, 麻痺側立脚初期における最大垂直床反力の増加がみられ, 麻痺側踵接地から最大垂直床反力までの時間の短縮がみられ, 歩容の変化もみられた. これらのことから, 歩行速度の増加は, 麻痺側立脚後期での前方推進の向上に伴う歩幅の増大や, 立脚初期の荷重応答の改善が寄与していると考えられた. 課題指向型練習単独においても立脚後期の延長を企図した介入を実施しているが, FES 併用時の方が介入による変化が大きかった. 電気刺激単独の影響も考えられるが, 今回の介入条件からはその影響は明らかではない. しかし電気刺激と運動を併用した方が, 皮質脊髄路の興奮性増大等の中枢神経系に与える影響は大きいことに加え<sup>5)</sup>, 電気刺激と課題指向型練習を併用したことによって, 電気刺激による感覚入力や筋収縮を伴う動作経験が即時効果の発現に寄与している可能性があると考えられた.

本症例のような機能障害が軽度で, 歩行における麻痺側立脚後期に足関節制御の停滞を生じた症例に対しては, FES と課題指向型練習の併用によって, 即時的に歩行能力に影響を与える可能性がある. 今後は, 長期的介入の影響等も検討する必要がある.

## 文献

- 1) Bowden MG, et al.: Anteriorposterior ground reaction forces as a measure of paretic leg contribution in hemiparetic walking. Stroke 37: 872-876, 2006.
- 2) Turns LJ, et al.: Relationships between muscle activity and anteroposterior ground reaction forces in hemiparetic walking. Arch Phys Med Rehabil 88:1127-35, 2007.
- 3) Kesar TM, et al.: Combined effects of fast treadmill walking and functional electrical stimulation on post-stroke gait. Gait Posture 33 (2):309-13, 2011.
- 4) Khaslavskaja S, et al.: Motor cortex excitability following repetitive electrical stimulation of the common peroneal nerve depends on the voluntary drive. Exp Brain Res 162 (4):497-502, 2005.