

Journal für

# Neurologie, Neurochirurgie und Psychiatrie

www.kup.at/  
JNeurolNeurochirPsychiatr

Zeitschrift für Erkrankungen des Nervensystems

**Funktionelle elektrische  
Stimulation bei Schwäche der  
Vorfußhebung // Functional  
electrical Stimulation and drop  
foot**

Pinter MM

*Journal für Neurologie*

*Neurochirurgie und Psychiatrie*

*2016; 17 (3), 84-88*

Homepage:

**www.kup.at/**

**JNeurolNeurochirPsychiatr**

Online-Datenbank  
mit Autoren-  
und Stichwortsuche

Indexed in  
**EMBASE/Excerpta Medica/BIOBASE/SCOPUS**

Krause & Pachernegg GmbH • Verlag für Medizin und Wirtschaft • A-3003 Gablitz

P.b.b. 02Z031117M,

Verlagsort: 3003 Gablitz, Linzerstraße 177A/21

Preis: EUR 10,-

# 76. Jahrestagung

Deutsche Gesellschaft für Neurochirurgie DGNC

Joint Meeting mit der Französischen  
Gesellschaft für Neurochirurgie



**2025**  
**1.–4. Juni**  
**HANNOVER**

[www.dgnc-kongress.de](http://www.dgnc-kongress.de)

Im Spannungsfeld zwischen  
Forschung und Patientenversorgung

**PROGRAMM JETZT ONLINE EINSEHEN!**



Deutsche  
Gesellschaft für  
Epileptologie



# 64. JAHRESTAGUNG

der Deutschen Gesellschaft für Epileptologie

**10.–13. Juni 2026**  
**Würzburg**



# Funktionelle elektrische Stimulation bei Schwäche der Vorfußhebung

M. M. Pinter

**Kurzfassung:** Die Schwäche der Vorfußhebung ist ein weit verbreitetes Problem bei neurologischen Erkrankungen wie Schlaganfall, Multiple Sklerose, Schädelhirntrauma und inkomplettem Querschnittssyndrom und führt zu einer insuffizienten Hebung des Vorfußes in der Schwungphase des Gangzyklus. Vielfach ist die Schwäche der Vorfußhebung assoziiert mit Spastizität und komplexeren motorischen Problemen, dies führt zu gehäuftem Stolpern und Stürzen.

Die funktionelle elektrische Stimulation (FES) ist eine Therapiemodalität zur Korrektur dieses motorischen Problems. Der N. peroneus wird mittels Oberflächenelektroden, platziert am oberflächlichsten Verlauf über dem Wadenbeinköpfchen, stimuliert. Die Stimulation des N. peroneus induziert eine Aktivierung des M. tibialis anterior sowie der Peroneasmuskelgruppe und führt damit zur Dorsalflexion und Eversion des Fußes. Durch die Verwendung eines drucksensitiven Fersenschalters wird die Stimulation mit dem Gangzyklus synchronisiert: Sobald am Beginn der Schwungphase der Fersenschalter entlastet wird, setzt die Stimulation ein. Die FES während des Gehens führt zu einer Gangökonomisierung, zu einer Verlängerung der Wegstrecke und zu einer Erhöhung der Gehgeschwindigkeit.

Rezent verfügbar ist eine 4-Kanal-Stimulationselektrode, implantiert direkt über dem N. peroneus mit voneinander unabhängig adaptierbaren Kanälen, welche eine selektivere Adjustierung und somit spezifischere Stimulation ermöglichen. Die spezifische Stimulation führt zu einer Verbesserung der Gehgeschwindigkeit und zu einer Gangökonomisierung bei Schlaganfallpatienten. Der therapeutische Effekt scheint der Oberflächenstimulation überlegen zu sein.

**Schlüsselwörter:** Vorfußheberschwäche, funktionelle elektrische Stimulation, Upper-Motor-Neuron-Erkrankung

**Abstract: Functional electrical Stimulation and drop foot.** Drop foot is a common problem following neurological conditions such as stroke, multiple sclerosis, brain injury and incomplete spinal cord injury, consisting in the inability to lift the foot in the swing phase of the gait cycle. Since dropped foot is frequently associated with spasticity and more complex movement problems affecting the whole person, it can result in tripping and falling.

Functional electrical Stimulation (FES) devices are designed to address this problem. The peroneal nerve is stimulated using surface electrodes at its most superficial position in its course, where it passes over the head of the fibula bone. The peroneal nerve stimulation induces activity in the tibialis anterior and peroneous longus muscles, causing dorsiflexion and eversion of the foot. The stimulation is synchronised to the gait using a pressure sensitive heel switch. When weight is taken from the switch, stimulation is given. FES results in an economisation of gait and an improvement of walking speed and walking distance.

Recently, an implantable 4-channel drop foot stimulator with independent electrode adjustment resulting in a more specific stimulation showed an improvement of walking speed and a restoration of gait in patients with stroke. The therapeutic effect might be improved compared with surface stimulation. **J Neurol Neurochir Psychiatr 2016; 17 (3): 84–8.**

**Keywords:** drop foot, functional electrical stimulation, upper motor neuron disease

## ■ Einleitung

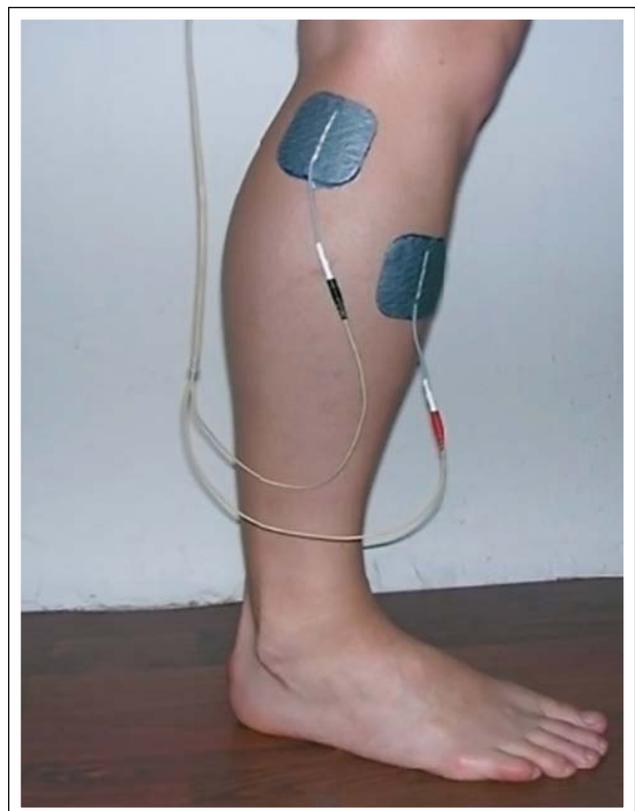
Bei der funktionellen elektrischen Stimulation (FES) wird durch Applikation der elektrischen Stimulation mittels Oberflächenelektroden die Bewegung eines oder mehrerer gelähmter Muskeln in der Funktion eines Bewegungsablaufs – z. B. die Dorsalflexion des Fußes in der Schwungphase beim Gehen bzw. die Stützfunktion des Arms oder die Greiffunktion der Hand – unterstützt bzw. verstärkt. Wirkungsvoll angewandt wird diese Methode ausschließlich bei Erkrankungen des zentralen Nervensystems (Upper Motor Neuron Disease).

Schlaganfall ist die häufigste Ursache für eine bleibende Behinderung im Erwachsenenalter. Jedes Jahr erkranken weltweit 15 Millionen Menschen an einem Schlaganfall, ca. ein Drittel davon leidet unter den Folgen des Schlaganfalls und hat motorische Ausfälle [1]. Etwa 10 bis 20 Prozent der wieder gefähigen Schlaganfallpatienten leiden an einer unzureichenden Vorfußhebung in der Schwungphase am betroffenen Bein – einem sogenannten Fallfuß oder „drop-foot“ beim Gehen – und sind somit in ihrer Gehgeschwindigkeit und ih-

Eingelangt am 14.12.2015, angenommen am 28.12.2015, Pre-Publishing Online am 18.07.2016

Aus dem Zentrum für Neurorehabilitation, Departement Klinische Neurowissenschaften und Präventionsmedizin, Donau-Universität Krems

**Korrespondenzadresse:** Prof. Dr. med. Michaela M. Pinter, Donau-Universität Krems, Zentrum für Neurorehabilitation, Department Klinische Neurowissenschaften und Präventionsmedizin, A-3500 Krems, Dr.-Karl-Dorrek-Straße 30, e-mail: michaela.pinter@donau-uni.ac.at



**Abbildung 1:** Anlage der aktiven Elektrode über den N. peroneus und der indifferenten Elektrode über dem M. tibialis anterior

**Tabelle 1:** Indikationen für die funktionelle elektrische Stimulation (FES)

Oberflächenelektroden	Implantierte Elektrode
Schlaganfall	Schlaganfall
Multiple Sklerose	
Schädelhirntrauma	
Querschnittlähmung	
Infantile Zerebralparese	

rer Wegstrecke eingeschränkt und sturzgefährdet. Betroffen von einem sogenannten Fallfuß und den damit verbundenen Schwierigkeiten beim Gehen sind unter anderem aber auch Patienten nach Schädelhirntrauma, nach traumatischen Rückenmarksverletzungen und mit Multipler Sklerose [2].

Die therapeutische Möglichkeit der funktionellen elektrischen Stimulation (FES) des N. peroneus zur Aktivierung der Dorsalflexion des Fußes in der Schwungphase beim Gehen wurde bereits 1961 von Liberson beschrieben [3] und wird unter anderem bei Vorfußheberschwäche nach Schlaganfall, nach Hirnblutung, bei Multipler Sklerose, nach Schädelhirntrauma und bei traumatischen Querschnittsyndromen angewandt [4].

In der neurologischen Rehabilitation ist die FES zur Korrektur des Fallfußes mittlerweile eine anerkannte Therapiemodalität. Die meisten zurzeit kommerziell verfügbaren Systeme stimulieren über ein Paar von Klebeelektroden – zum Teil fixiert mit einer festen Manschette – den N. peroneus, welcher u. a. den M. tibialis anterior innerviert, und initiieren die Elektrostimulation des Fußhebers in der Schwungphase, welche mittels eines Kontaktschalters unter der Ferse detektiert wird (Abb. 1). Durch die Reizung des Nervs wird neben der Kontraktion des Fußhebers oft auch ein Reflex im Sinne des sog. „Fluchtreflexes“ ausgelöst, der zu einer Beugung von Knie- und Hüftgelenk auf der betroffenen Seite führt und somit die Schrittbewegung unterstützt.

Die Medizintechnik hat es zuletzt möglich gemacht, eine Stimulationselektrode dauerhaft direkt am N. peroneus zu implantieren. Beide Möglichkeiten sollen in weiterer Folge betreffend die Indikationsstellung, die Methodik und die Effektivität der Therapiemodalität beleuchtet werden.

**Tabelle 2:** Stimulationsparameter

Indirekte Stimulation via Nerv	
Pulsform	biphasisch rechteckig
Impulsbreite	220–300 µsec
Frequenz	20–60 Hz

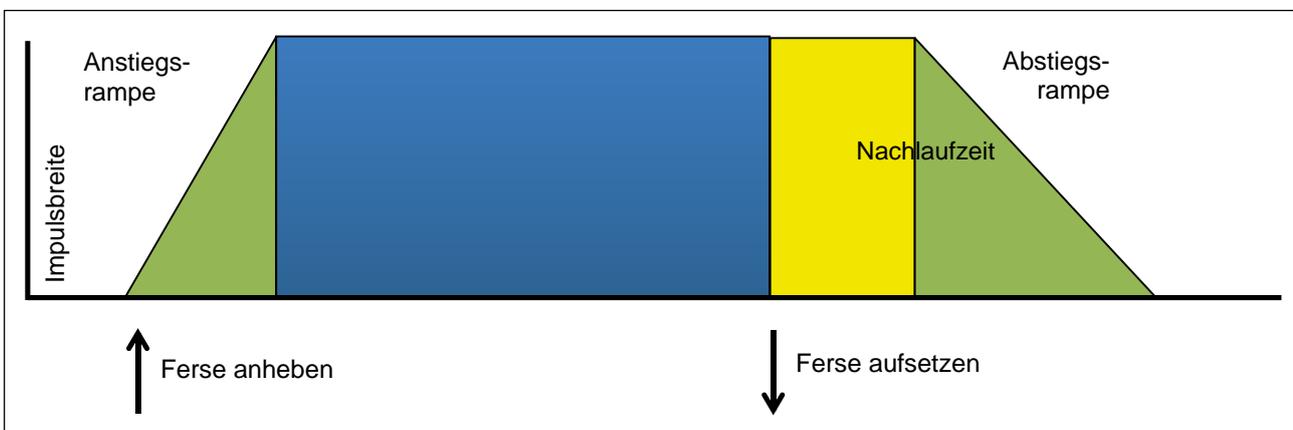
■ Funktionelle elektrische Stimulation (FES) mit Oberflächenelektroden

In der Indikationsstellung hat sich gegenüber den Sechziger Jahren des letzten Jahrhunderts nichts geändert. Indiziert ist die FES mit Oberflächenelektroden bei den in Tabelle 1 angeführten Erkrankungen. Die FES dient der aktiven Unterstützung der Bewegungssequenz in der Schwungphase beim Gehen. Je nachdem, ob isoliert oder vorwiegend eine Schwäche in der Dorsalflexion des Fußes oder zusätzlich noch eine Schwäche in der Hüftbeugung während der Schwungphase besteht, werden Einkanal- oder Zweikanal-Stimulatoren verwendet.

Um eine optimale Harmonisierung des Gangbildes zu erreichen, ist die Anpassung der Stimulationsparameter wie Anstiegsrampe, Nachlaufzeit und Abstiegsrampe neben der Impulsbreite an die Gehgeschwindigkeit essentiell (vgl. Abbildung 2). Hier gelten folgende Prinzipien: Je höher die Gehgeschwindigkeit ist, desto geringer sollte die Anstiegsrampe und Nachlaufzeit sein. Bei einschließender phasischer oder tonischer Spastizität in der Initiierung der Schwungphase sollte die Anstiegsrampe verlängert werden. Bei Instabilität im betroffenen Sprunggelenk empfiehlt es sich, sowohl die Nachlaufzeit als auch die Abstiegsrampe zur Stabilisierung des betroffenen Sprunggelenks in der Standphase zu verlängern.

Die für die FES verwendete Stromform und die Stimulationsparameter in ihrer Bandbreite sind in Tabelle 2 angeführt.

Bei allen kommerziell erhältlichen Stimulationsgeräten sind die am häufigsten angewandten Stimulationsparameter bereits voreingestellt; dies führt zu einer Erleichterung der Handhabung der Stimulatoren bei der Testung der Stimulation. Essentiell für eine Langzeittherapie ist ein positives Ansprechen auf die FES in der Testung.



**Abbildung 2:** Die Impulsbreite bestimmt das Ausmaß der Muskelkontraktion, die Anstiegsrampe ist die Zeit, um die Impulsbreite von Null auf den eingestellten Wert zu steigern, die Nachlaufzeit ist die Zeitperiode nach dem Aufsetzen der Ferse und verhindert ein abruptes Fallen des Vorfußes nach Fersenbelastung, die Abstiegsrampe ist die Zeit, um die Impulsbreite auf Null zu reduzieren.

Die Effektivität der FES in der Verbesserung der Gehfunktion wurde anhand von Gangparametern wie Gehgeschwindigkeit, Wegstrecke, Kadenz und Gangsymmetrie wiederholt beschrieben [5–7].

In einer prospektiven kontrollierten Interventionsstudie wurde der Effekt der FES in Kombination mit konventioneller Therapie bei Schlaganfallpatienten (mehr als 3 Monate nach Akuterereignis) untersucht [8]. Während bei 27 Patienten die Kombination FES mit konventioneller Therapie durchgeführt wurde, erhielten 24 Patienten nur konventionelle Therapie ohne FES über eine Interventionsdauer von 12 Wochen. Nach zwölfwöchiger Intervention verzeichnete die FES-Gruppe verglichen zur Kontrollgruppe eine signifikante Verbesserung der Spastizität, der Muskelkraft und des Fugl-Meyer-Scores des betroffenen Beins. Relevant für den Alltag wurde neben einer signifikanten Erhöhung der Gehgeschwindigkeit auch eine signifikante Reduktion der Stürze objektiviert.

Stein et al. [9] untersuchten den Effekt der FES auf die Gehgeschwindigkeit und den „Physiological Cost Index“ (Indikator für den Energieaufwand beim Gehen) bei 26 Patienten mit Schwäche der Vorfußhebung unterschiedlicher neurologischer Genese. Nach einer Interventionsdauer von 3 Monaten verbesserten sich beide Parameter signifikant sowohl mit als auch ohne FES.

Der Langzeiteffekt der FES wurde an insgesamt 16 Schlaganfall-Patienten bzw. Schädelhirntrauma-Patienten von Lauffer et al. [10] untersucht. Nach einem Jahr täglicher Anwendung der FES verbesserten sich alle 16 Patienten in der Gehgeschwindigkeit, verglichen mit 2 monatiger täglicher Anwendung von FES und verglichen mit vor Beginn der FES. Interessanterweise war auch ohne FES eine signifikante Verbesserung in allen Geh-Tests inklusive Gehen über Hindernisse und Teppich gegenüber vor Beginn der täglichen Verwendung der FES zu objektivieren. Die Autoren kamen zum Schluss, dass neben dem Quasi-„Orthese“-Effekt der FES auch ein therapeutischer Effekt gegeben ist und die FES *per se* der Peroneus-Orthese überlegen sein kann [10].

Der therapeutische Effekt der Langzeitanwendung der FES wird durch die Studie von Everaert et al. untermauert [11]. Anhand neurophysiologischer Parameter konnte gezeigt werden, dass nach 12 Monaten täglicher FES-Anwendung die maximale willkürliche Kontraktion der aktiven Dorsalflexion bei Patienten nach einem Schlaganfall um 48 % und bei Patienten mit Multipler Sklerose um 17 % zunahm und sich die Amplitude der motorisch evozierten Potentiale über dem motorischen Kortex bei Patienten nach einem Schlaganfall um 50 % und bei Patienten mit Multipler Sklerose um 27 % erhöhte. Die Autoren kamen aufgrund der beschriebenen Ergebnisse zu folgendem Schluss: Die regelmäßige Anwendung von FES induziert eine Aktivierung der Areale des motorischen Kortex und der residualen absteigenden kortikospinalen Bahnen – dies mag auch die Erklärung dafür sein, dass nach einjähriger kontinuierlicher FES auch ohne FES die Gehgeschwindigkeit höher als vor Beginn der FES ist, in der zuvor zitierten Studie [10].

Barrett et al. [12] untersuchten neben Gangparametern den Effekt der FES auf die wahrgenommene Lebensqualitätsver-

besserung bei 21 chronischen Schlaganfallpatienten und 20 Multiple Sklerose-Patienten nach einer Interventionsdauer von 18 Wochen und kamen zu folgenden Ergebnis: In beiden Interventionsgruppen konnte eine Verbesserung in den Domänen Kompetenz, Adaptierbarkeit und Selbstwertgefühl der „Psychological Impact of Assistive Devices Scale“ festgestellt werden. In den Domänen Kompetenz und Adaptierbarkeit war die Verbesserung in der Schlaganfallgruppe signifikant größer als im Vergleich zur Gruppe der Patienten mit Multipler Sklerose. Auch wenn die FES zu einer Verbesserung der wahrgenommenen Lebensqualität führte, konnte eine Korrelation zu den objektiv gemessenen Gangparametern nicht verifiziert werden.

Wie eingangs bereits erwähnt, kann in der Schwungphase nicht nur die Dorsalflexion des Fußes, sondern auch die Beugung in der Hüfte beeinträchtigt sein, welche zur Zirkumduktion des betroffenen gelähmten Beins führt. In diesem Falle sollte ein Zweikanalstimulator angewandt werden. Neben dem N. peroneus und M. tibialis anterior wird zusätzlich der M. quadriceps bzw. M. biceps femoris zur Unterstützung der Hüftbeugung und Kniebeugung stimuliert und dadurch die Schwungphase aktiv unterstützt.

In einer Studie – inkludierend 45 Patienten mit Hemiparese unterschiedlicher neurologischer Genese – wurden neben dem N. peroneus additiv entweder der M. quadriceps oder der M. biceps femoris stimuliert. Nach einer sechswöchigen Interventionsperiode führte die zusätzliche Stimulation des Oberschenkels zu einer signifikanten Verbesserung der Gehgeschwindigkeit und der Gangsymmetrie gegenüber der alleinigen Stimulation des N. peroneus, im 2-Minuten-Gehtest war die Gehgeschwindigkeit mit Zweikanalstimulation gegenüber Einkanalstimulation signifikant höher [13].

Bei weiteren 16 chronischen Schlaganfallpatienten wurden die kinematischen Parameter der unteren Extremität nach einer 6-wöchigen Interventionsperiode mit Zweikanal-FES über den N. peroneus und M. biceps femoris evaluiert unter folgenden Konditionen: mit und ohne Zweikanal-FES sowie mit alleiniger FES des N. peroneus [14]. Neun Patienten mit Hüftextensionsschwäche zeigten unter zusätzlicher Bizeps-Stimulation eine Verbesserung der Hüftextension während der terminalen Standbeinphase, weitere 7 Patienten mit Hyperextension im Knie zeigten unter zusätzlicher Bizeps-Stimulation eine Reduktion der Kniehyperextension während der Standbeinphase.

Zusammenfassend führt die kontinuierliche FES zu einer Ökonomisierung des Gangbildes, zu einer Kräftigung der stimulierten Muskeln, zu einer Abnahme der Spastizität und der Sturzfrequenz sowie zu einer Zunahme der Schrittlänge, der Gehgeschwindigkeit und der Ausdauer beim Gehen (vgl. Tabelle 3).

Insgesamt kommt es zu einer deutlichen Verbesserung der Lebensqualität [4]. Darüberhinaus führt die tägliche Anwendung der FES zu einer Aktivierung kortikaler motorischer Areale und residualer efferenter neuronaler Bahnen [11].

Einziger limitierender Faktor der FES – nach Ausschluss von Kontraindikationen wie Herzschrittmacher – sind durch die Oberflächenstimulation hervorgerufene Hautirritationen.

**Tabelle 3:** Wirkung und Nebenwirkung der funktionellen elektrischen Stimulation

Wirkung	Nebenwirkung
Aktivierung der Dorsalflexion	Hautirritationen
Zunahme der Gehgeschwindigkeit	
Verbesserung der Standstabilität	
Reduktion der Stürze	
Reduktion der Spastizität	

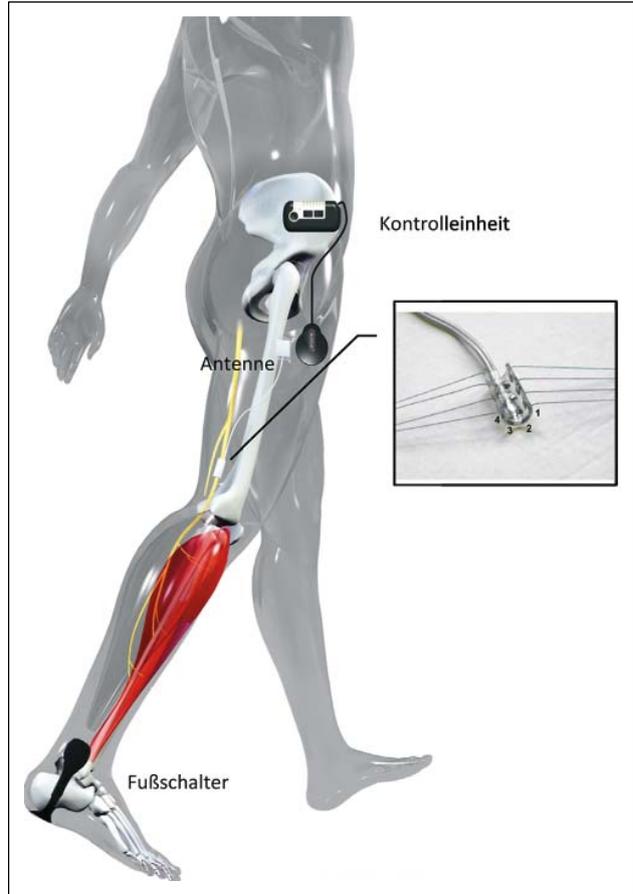
Auch wenn nahezu alle FES-Studien bei chronischen Stadien neurologischer Erkrankungen durchgeführt wurden, ist erwiesen, dass eine FES im akuten Stadium zu einer Fazilitation der Motorik führt [20]. In einer randomisierten kontrollierten Studie bei 46 akuten Schlaganfallpatienten – im Schnitt 9 Tage nach dem Akutereignis – wurde die tägliche 30-minütige FES über eine Interventionsperiode von 3 Wochen mit Placebo-Stimulation und einer Kontrollgruppe ohne Stimulation verglichen. Insgesamt 84,6 % der Patienten der FES-Gruppe waren nach der Interventionsperiode fähig zu gehen, im Vergleich dazu waren nur 60 % der Gruppe mit Placebo-Stimulation und 46,2 % der Kontrollgruppe gehfähig. Vor diesem Hintergrund sollte *per se* die FES fixer Bestandteil der frühen Rehabilitationsphase werden.

**■ Funktionelle elektrische Stimulation (FES) mit implantierbaren Elektroden**

Wird die FES mittels Oberflächenelektroden quasi zu einer „Dauerlösung“, ist die Indikation gegeben, eine vierpolige Ringelektrode direkt über den motorischen Anteil des N. peroneus zu implantieren. Über eine Antenne wird die Stimulation des N. peroneus – getriggert über einen Fersenschalter – von der extern getragenen Kontrolleinheit ausgelöst (Abb. 3). Durch Feinabstimmung der Stimulationsparameter der vierpoligen Ringelektrode kann je nach Bedarf die Dorsalflexion bzw. Eversion des Fußes selektiv forciert werden. Voraussetzung für die Implantation der vierpoligen Ringelektrode ist eine FES mit Oberflächenelektroden über einen Zeitraum von mindestens 4 Wochen. Derzeit ist die implantierbare FES nur für die chronische Phase nach Schlaganfall zugelassen (vgl. Tab. 1).

In einer Phase-II-Studie wurde der Effekt der kontinuierlichen implantierten FES hinsichtlich des Effekts auf die Gangökonomisierung untersucht [16]. Als Outcome-Messungen wurden die Wegstrecke, zurückgelegt in 4 Minuten, und die Gehgeschwindigkeit herangezogen. Die Nachuntersuchungen erfolgten 90 Tage und 15 Monate nach Aktivierung der implantierten FES unter den Konditionen mit und ohne implantierte FES. In der Langzeitevaluierung von 15 Monaten fanden 13 chronische Schlaganfallpatienten Berücksichtigung. Sowohl die Wegstrecke als auch die Gehgeschwindigkeit nahmen mit FES – aber bei abgeschalteter Stimulation – signifikant zu. Dieses Faktum untermauert wiederum den therapeutischen Effekt der implantierten FES über einen längeren Zeitraum, basierend auf einem neurobiologischen Reorganisationseffekt [11].

Weitere Studien bestätigen die Ergebnisse und zeigten deutliche Verbesserungen der Gangparameter durch die kontinuierliche implantierte FES [17, 18].



**Abbildung 3:** Implantierbares System (Foto: Otto Bock, Abdruck mit freundlicher Genehmigung)

Rezert publizierten Martin et al. [19] die Langzeitergebnisse von insgesamt 27 chronischen Schlaganfallpatienten mit einer Stimulationsdauer von 11–24 Monaten. Signifikant verbesserte sich die postoperative Gehgeschwindigkeit von 33,6 Sekunden im 20-Meter-Gehtest auf 17,9 Sekunden, sowie die Wegstrecke im 6-Minuten-Gehtest von 196 m auf 401 m. Bei 2 Patienten war aufgrund einer Peroneusläsion die Reposititionierung der Ringelektrode notwendig – die Peroneusläsion remittierte bei beiden Patienten und die Stimulation konnte erfolgreich reaktiviert werden. Die Autoren kamen zur Konklusion, dass die Verbesserung der Mobilität durch die implantierte FES bei nahezu allen Patienten zu einer deutlichen Verbesserung der Lebensqualität und zu mehr Partizipation am sozialen Leben führte.

Auch wenn das implantierbare FES-System nur bei Schlaganfall zugelassen ist, erfolgte bereits vereinzelt die Implantation des FES-Systems bei anderen neurologischen Erkrankungen mit Schwäche der Dorsalflexion des Fußes. Rezert publiziert wurde eine Fallbeschreibung bei 2 Patienten mit Multipler Sklerose, bei welchen neben kinematischen Daten auch die Veränderung der Lebensqualität erhoben wurde [20]. Die Wegstrecke erhöhte sich dramatisch nach 3 Monaten kontinuierlicher Stimulation von 517 m auf 1884 m mit eingeschalteter Stimulation und 1075 m mit abgeschalteter Stimulation in Patient 1 und von 52 m auf 506 m mit und 176 m ohne Stimulation in Patient 2. Im Gegensatz zu Schlaganfallpatienten änderte sich die Gehgeschwindigkeit nicht signifi-

kant. Deutliche Verbesserungen der Lebensqualität wurden in den physischen und emotionalen Domänen dokumentiert.

## Schlussfolgerungen

Sowohl der eindeutige unmittelbare Effekt als auch der Langzeiteffekt der FES mit Oberflächenelektroden und der FES mit implantierten Elektroden stehen außer Frage. Neben der signifikanten Verbesserung der Gehgeschwindigkeit, der Erweiterung der Wegstrecke und der Gangökonomisierung mit Reduktion der Gefahr zu stolpern und zu stürzen führt der Einsatz der FES zu einer Verbesserung der Lebensqualität und erweitert für den einzelnen Patienten die Möglichkeiten, am sozialen Leben zu partizipieren.

## Relevanz für die Praxis

Fortschritte der Medizintechnologie der letzten Jahrzehnte ermöglichen, dass sämtliche Systeme der FES mit Oberflächenelektroden sowie mit implantierbaren Elektroden kommerziell erhältlich sind und somit als adjuvante therapeutische Modalität in der Neurorehabilitation verfügbar sind.

In der Akutphase kann die FES mit Oberflächenelektroden zur Induktion der motorischen Remission angewandt werden. In der chronischen Phase kann die FES mit Oberflächenelektroden bzw. mit implantierbaren Elektroden als „funktionelle Orthese“ mit therapeutischem Effekt eingesetzt werden.

Der wesentliche Vorteil der FES ist, dass über die stationäre oder ambulante Rehabilitation hinaus bei jedem Schritt mit FES eine Reorganisation sowohl motorischer kortikaler Areale als auch residualer, absteigender, efferenter Bahnen induziert wird.

## Interessenkonflikt

Die Autorin erklärt, dass kein Interessenkonflikt besteht.

### Literatur:

1. Pinter MM, Brainin M. Rehabilitation after stroke in older people. *Maturitas* 2012; 71: 104–8.
2. Martin CL, Phillips BA, Kilpatrick TJ, et al. Gait and balance impairment in early multiple sclerosis in the absence of clinical disability. *Mult Scler* 2006; 12: 620–8.
3. Liberson WT, Holmquest HJ, Scot D, Dow M. Functional electrotherapy: stimulation of the peroneal nerve synchronized with the

swing phase of the gait of hemiplegic patients. *Arch Phys Med Rehabil* 1961; 42: 101–5.

4. Barret C, Taylor P. The effect of the Odstock Drop Foot Stimulator on perceived quality of life for people with stroke and multiple sclerosis. *Neuromodulation* 2010; 13: 58–64.

5. Burridge JH, Taylor PN, Hagan SA et al. The effects of common peroneal stimulation on the effort and speed of walking: a randomized controlled trial with chronic hemiplegic patients. *Clin Rehabil* 1997; 11: 201–10.

6. Granat MH, Maxwell DJ, Ferguson AC, et al. Peroneal stimulator: evaluation for the correction of spastic drop-foot in hemiplegia. *Arch Phys Med Rehabil* 1996; 77: 19–24.

7. Lamontagne A, Malouin F, Richards CL. Locomotor-specific measure of spasticity of plantarflexor muscles after stroke. *Arch Phys Med Rehabil* 2001; 82: 1696–704.

8. Sabut SK, Sikdar C, Kumar R, Mahadevappa M. Functional electrical stimulation of dorsiflexor muscle: effect on dorsiflexor strength, plantarflexor spasticity, and motor recovery in stroke patients. *Neuro Rehabilitation* 2011; 29: 393–400.

9. Stein RB, Chong S, Everaert DG et al. A multicenter trial of a footdrop stimulator controlled by a tilt sensor. *Neurorehabil Neural Repair* 2006; 20: 371–9.

10. Laufer Y, Ring H, Sprecher E, Hausdorff JM. Gait in individuals with chronic hemiparesis: one year follow-up of the effect of a neuroprosthesis that ameliorates foot drop. *H Neuro Phys Ther* 2009; 33: 104–10.

11. Everaert DG, Thompson AK, Chong SL, Stein RB. Does functional electrical stimulation for foot drop strengthen corticospinal connections? *Neurorehabil Neural Repair* 2010; 24: 168–77.

12. Barret C, Taylor P. The effects of the Odstock Drop Foot Stimulator on the perceived quality of life for people with stroke and multiple sclerosis. *Neuromodulation* 2010; 13: 59–64.

13. Springer S, Vatine JJ, Lipson R, Wolf A, Laufer Y. Effects of dual-channel functional electrical stimulation on gait performance in patients with hemiparesis. *Scientific World Journal* 2012; 2012: 530906.

14. Springer S, Vatine JJ, Wolf A, Laufer Y. The effects of dual-channel functional electrical stimulation on stance phase sagittal kinematics in patients with hemiparesis. *J Electromyogr Kinesiol* 2013; 23: 476–82.

15. Yan T, Hui-Chan CW, Li LS. Functional electrical stimulation improves motor recovery of the lower extremity and walking ability of subjects with first acute stroke: a randomized placebo-controlled trial. *Stroke* 2005; 36: 80–5.

16. Burridge J, Haugland M, Larsen B, et al. Phase II trial to evaluate the ActiGait implanted drop-foot stimulation in established hemiplegia. *J Rehabil Med* 2007; 38: 212–8.

17. van Swigchem R, Weerdesteyn V, van Duijnhoven J, et al. Near-normal gait pattern with peroneal electrical stimulation as a Neuroprosthesis in the chronic phase of stroke: a case report. *Arch Phys Med Rehabil* 2011; 92: 320–4.

18. Schiemanck S, Berenpas F, van Swigchem R, et al. Effects of implantable peroneal nerve stimulation on gait quality, energy expenditure, participation and user satisfaction in patients with post-stroke drop foot using an ankle orthosis. *Restor Neurol Neurosci* 2015; 33: 795–807.

19. Martin KD, Polanski WH, Schulz AK, et al. Restoration of ankle movements with the ActiGait implantable drop foot stimulator: a safe and reliable treatment option for permanent central leg palsy. *J Neurosurg* 2015; 24: 1–7.

20. Hausmann J, Sweeney-Reed C, Sobiaray U, et al. Functional electrical stimulation through direct 4-channel nerve stimulation to improve gait in multiple sclerosis: a feasibility study. *J Neuroengineering Rehabil* 2015; 12: 100.

### Prof. Dr. med. Michaela Margarete Pinter

1977–1983 Medizinische Fakultät der Universität Wien, Promotion am 21.12.1983. 1985–1991 Ausbildung zur Fachärztin für Neurologie und Psychiatrie an der 1. Neurologischen Abteilung des KH Rosenhügel (Univ.-Prof. Dr. Gernot Schnaberth). 1993–1995 Lehrgang der WU Wien für Krankenhausmanagement – akademisch geprüfter Krankenhausmanager. 1993–1997 Einjähriger Auslandsaufenthalt (jeweils für Wochen) an der Division of Restorative Neurology and Neurobiology, Houston, USA (Univ.-Prof. DDR. Milan R. Dimitrijevic). 1999/04 Ernennung zur Ärztlichen Leiterin der Sonderkrankenanstalt für neurologische und neuropsychologische Rehabilitation der SVA der gewerblichen Wirtschaft (Neurologisches Rehabilitationszentrum Rosenhügel – NRZ, Wien). 2001/07 Verleihung der *Venia docendi* für das Fachgebiet Neurologie an der Medizinischen Fakultät Wien. 1999–2001 Master of advanced study for hospital management. 2002–2008 Ärztliche Leiterin des Neurologischen Rehabilitationszentrums Rosenhügel (Wien). 2009/10 Professur für Neurorehabilitations-Forschung (gem. § 99 UG 2002) an der Donau-Universität Krems. Seit 2009 Stellvertretende Leiterin des Departments für Klinische Neurowissenschaften und Präventionsmedizin, Leiterin des Zentrums für Neurorehabilitation. 2015/06 Professur für Neurorehabilitations-Forschung (gem. § 98UG 2002) an der Donau-Universität Krems.



# Mitteilungen aus der Redaktion

## Besuchen Sie unsere zeitschriftenübergreifende Datenbank

[Bilddatenbank](#)

[Artikeldatenbank](#)

[Fallberichte](#)

## e-Journal-Abo

Beziehen Sie die elektronischen Ausgaben dieser Zeitschrift hier.

Die Lieferung umfasst 4–5 Ausgaben pro Jahr zzgl. allfälliger Sonderhefte.

Unsere e-Journale stehen als PDF-Datei zur Verfügung und sind auf den meisten der marktüblichen e-Book-Readern, Tablets sowie auf iPad funktionsfähig.

[Bestellung e-Journal-Abo](#)

## Haftungsausschluss

Die in unseren Webseiten publizierten Informationen richten sich **ausschließlich an geprüfte und autorisierte medizinische Berufsgruppen** und entbinden nicht von der ärztlichen Sorgfaltspflicht sowie von einer ausführlichen Patientenaufklärung über therapeutische Optionen und deren Wirkungen bzw. Nebenwirkungen. Die entsprechenden Angaben werden von den Autoren mit der größten Sorgfalt recherchiert und zusammengestellt. Die angegebenen Dosierungen sind im Einzelfall anhand der Fachinformationen zu überprüfen. Weder die Autoren, noch die tragenden Gesellschaften noch der Verlag übernehmen irgendwelche Haftungsansprüche.

Bitte beachten Sie auch diese Seiten:

[Impressum](#)

[Disclaimers & Copyright](#)

[Datenschutzerklärung](#)