



## Funktionelle und Therapeutische Elektrostimulation

Die Funktionelle Elektrostimulation (FES) und die Therapeutische Elektrostimulation (TES) ist eine Behandlungsmethode, die mit elektrischen Impulsen an Stelle von Nervenreizen auf Muskeln einwirkt. Die Elektrostimulation kann unterstützend wirken, um ein neues funktionelles Gleichgewicht zu erreichen.

Bei der Anwendung der Elektrostimulation wird mittels Elektroden, die auf die Haut gelegt werden, ein künstliches elektrisches Feld erzeugt. Unter dem Einfluss dieses elektrischen Feldes wird die Erregung von Nerven- und Muskelgewebe stimuliert, der Muskel zieht sich zusammen. Bei Patienten mit einer Schädigung des upper motor neuron werden mit Elektrostimulation unterhalb der Läsion die Nerven, bei Patienten mit einer Schädigung des lower motor neuron direkt die betroffenen Muskeln stimuliert.

Im intakten Nervensystem wird jede bewusste Bewegung des Körpers vom Kopf aus gesteuert. Der Befehl gelangt über Nervenbahnen und das Rückenmark zum Muskel, der die Bewegung schliesslich ausführen soll. Auch die unwillkürlichen Muskeln, auf die der Wille keinen Einfluss hat, benötigen die Verbindung über das Rückenmark. Bei Menschen mit einer Schädigung des upper und/oder lower motor neuron ist dieses jedoch ganz oder teilweise geschädigt. Damit ist der Transport von Nervenreizen eingeschränkt oder gar nicht mehr möglich.

Bei der Anwendung der Therapeutischen und Funktionellen Elektrostimulation unterscheidet man zwischen zentralen Läsionen und peripheren Läsionen. Bei einer Verletzung direkt im ZNS, d.h. ist das obere Motoneuron unterbrochen, das untere Motoneuron hingegen ist intakt. Der Muskel wird hierbei über den Nerv stimuliert. Die Reizschwelle eines Nerves liegt viel niedriger, als die der Muskelfasern. Es wird mit sehr kurzen Impulsen stimuliert. Daraus ergeben sich dementsprechende Stimulationsparameter. Die Impulsbreite liegt zwischen 200 – 300  $\mu$ sec. Die Pulsform ist ein biphasischer Rechteckimpuls. Die Pulsform wird deshalb biphasisch, d.h. mit Ausgleichsimpuls, gewählt, um chemische Reaktionen auf der Haut zu vermeiden. Die gewählte Frequenz liegt je nach Indikation zwischen 0,5 bis 50 Hertz.

Bei einer peripheren Läsion ist das untere Motoneuron verletzt. Der peripher geschädigt Nerv verliert innerhalb von wenigen Tagen die Membran. Die Nervenfasern distal der Schädigung verkümmern, sodass die Myelinscheide nicht mehr ernährt wird. Der Muskel deinnerviert. Bei einer peripheren Läsion wird so mit langen Impulsen stimuliert, um kontraktile Elemente im Muskel zu erhalten. Die daraus resultierenden Stimulationsparameter sind eine Pulsbreite von 50 - 100 ms, in aller Regel ein biphasischer Dreieckimpuls und eine Frequenz von 0,25 – 1 Hertz. Hierbei wird der deinnervierte Muskel direkt gereizt. Die Zielsetzung dieser Art der Stimulation liegt im Erhalt der kontraktilen Elemente der deinnervierten Muskulatur und der Verbesserung der Trophik.

UMN	Periphere Läsion
Indirekte Stimulation via Nerv	Direkte Stimulation via Muskel
Impulsbreite zwischen 200 – 300 $\mu$ sec	Impulsbreite zwischen 50 – 100 ms

Pulsform: biphasisch rechteckig	Pulsform: biphasisch dreieckig
Frequenz zwischen 0,5 und 50 Hz	Frequenz zwischen 0,25 – 1 Hz
Stimulationsdauer: 5x pro Woche 20–30min.	Stimulationsdauer: 5x pro Woche. Die tägliche Stimulationszeit ist abhängig von der Qualität der Kontraktionen und der Hautverträglichkeit. CAVE: auf Irritationen und Verbrennungen achten.
Amplitude je nach Kontraktion, es muss eine gute Muskelkontraktion zu sehen sein.	Amplitude je nach Kontraktion, es muss eine gute Muskelkontraktion zu sehen sein.
Ab 7 Hz wird alternierend stimuliert ( an- und abschwelend) Das Verhältnis zwischen Stimulationszeit zu Pausenzeit liegt zwischen 1:3 bis 1:2.	Die Pause zwischen den Impulsen liegt bei 2-4 sec.

In der folgenden Aufzählung sind Beispiele für Anwendungsgebiete der Elektrostimulation aufgezeigt.

### **Therapeutische Elektrostimulation**

- Verbesserung von Gelenkstellung besonders bei Patienten mit Tetraplegie im Bereiche der Schultergelenke (Stimulation des M. deltoideus zur Subluxationsprophylaxe) (Bild)
- Muskelkräftigung
- Kontrakturenprophylaxe
- Stimulation der Rumpfmuskulatur, um Asymmetrien entgegenzuwirken (Bild)
- Tonusregulation bei pathologisch verändertem Tonus
- Verbesserung der Hautdurchblutung zur begleitenden und unterstützenden Dekubitusbehandlung
- nach Injektion von Botulinum Toxin A bei regionaler Spastizität zur Unterstützung der Wirkung

### **Funktionelle Elektrostimulation**

- Funktionsverbesserung der oberen Extremität, besonders der Hand bezüglich des Greifens
- Stimulation des M. triceps brachii bei C5 Tetraplegie; hierbei wird der M.triceps konstant stimuliert und dient somit als Antagonist für den intakten M.biceps.
- Funktionsverbesserung der unteren Extremität besonders des Fusses bei Fussheberschwäche als Alternative zur Schienenversorgung (Bild)
- Stimulation der Bauchmuskulatur zur Verstärkung und Unterstützung des Hustens bei fehlender Bauchmuskulatur
- Verbesserung von Bewegungsabläufen und spezifischen Funktionen wie Greifen, Stehen, Gehen
- Zwerchfellstimulation

## **Kontraindikationen**

Es gibt nur wenige Ausschlusskriterien bei der Anwendung der Elektrostimulation. Hautdefekte, Entzündungen, Muskelerkrankungen und Ossifikationen zählen zu den Kontraindikationen. Metallimplantate stellen keine Kontraindikation dar. Die immer wieder angenommene Erwärmung des Implantates ist nicht relevant. Durch die, durch das Metall bedingte, Konzentration an Feldlinien, kann sich eventuell die Erregung ändern.

## **Methodik**

Die therapeutische und die funktionelle Elektrostimulation werden im besten Fall fünfmal wöchentlich jedoch mindestens dreimal durchgeführt. Die tägliche Stimulationsdauer hängt von der Indikationsstellung und dem Trainingszustand der zu stimulierenden Muskulatur ab. In aller Regel wird zwischen 20 min. und einer Stunde stimuliert. Bei der funktionellen Elektrostimulation, die im Alltag Systeme eingesetzt wird, um Bewegungen zu unterstützen, wie das Greifen oder das Gehen, kann auch bei entsprechender Vorbereitung und Training über mehrere Stunden stimuliert werden.

Die Elektrodenpositionierung erfolgt entweder direkt auf dem zu stimulierenden Muskel oder bei komplexen Bewegungen, die die Reizung mehrerer Muskeln benötigen, über den dementsprechenden Nerven.

## Die **transkutane elektrische Nervenstimulation (TENS)**

Die Domäne der TENS Therapie sind hartnäckige, chronische Schmerzzustände. Die TENS Therapie ist eine symptomatische Therapie. Der Erfolg ist am grössten, wenn die Schmerzen nicht länger als ein Jahr bestehen, sodass der Schmerz sich noch nicht im sogenannten „engramierten Schmerzgedächtnis“ manifestieren konnte.

## **Die Theorie der TENS Therapie**

### **1. Periphere Ebene**

Durch entzündliche oder mechanische Gewebsschädigung kommt es zur Freisetzung von algogenen Substanzen ( H- und K-Ionen, Histamin, Bradykinin, Acetylcholin...). Diese Substanzen wirken stimulierend auf die Schmerzrezeptoren, die wiederum über afferente Impulse die alpha und gamma Motoneurone aktivieren, wodurch der Muskeltonus gesteigert wird. So wird die lokale Durchblutung gedrosselt, die Versorgung des Muskels mit O<sub>2</sub> und anderen Nährstoffen reduziert. Es kommt zur Gewebsazidose, was erneut zur Freisetzung von von algogenen Substanzen führt. Durch elektrisch induzierte, möglichst schmerzfreie Muskelstimulationen mit dem Wechsel von Relaxation und Kontraktion kann dieser Teufelskreis durchbrochen werden und algogene Substanzen werden „ausgewaschen“.

### **2. Spinale Ebene**

Das Schmerzhemmsystem auf spinaler Ebene liegt in dem Hinterhorn gelegenen Interneuronen. Diese können durch elektrische Stimulation von afferenten Nervenfasern, z.B. der von den Mechanorezeptoren der Haut kommenden A-beta Nervenfasern aktiviert werden. Die von den Schmerzrezeptoren über die A-delta- bzw. C- Nervenfasern einlaufenden Impulse würden somit „verdeckt“, d.h. nicht auf zentralwärts aufsteigende Bahnen umgeschaltet. („**gate control**“) Diese angenommene selektive A-beta Nervenfaserverreizung wird durch elektrisch ausgelöste Kribbelästhesien realisiert. Es darf zu keiner schmerzhaften Stimulation kommen. (Verdeckungseffekt nach Lullies)

### **3. Supraspinale Ebene**

Das supraspinale Hemmsystem liegt im Hirnstamm bzw. in der Nähe der Thalamusregion. Es wird durch gezielte Reize der den Schmerz leitenden A-delta und C- Nervenfasern aktiviert. Diese Schmerzreize werden auf aufsteigende Bahnen umgeleitet. Im Hirnstammbereich kommt es zur Freisetzung von körpereigenen Endorphinen. Für die Aktivierung dieses Wirkungsmechanismus ist die Auslösung schmerzhafter elektrischer Reize bis zur Toleranzgrenze nötig. (absteigende inhibitorische Kontrolle)

Der schmerzlindernde Effekt tritt mit einer zeitlichen Verzögerung auf (ca. 20 min. Latenz).

### **Methodik**

Bei der Behandlung mit TENS kommt es auf eine optimale Elektrodenposition an. Je nach Indikation erfolgt sie direkt im Schmerzareal oder im dazugehörigen neurologischen Segment. Wenn spezifische Schmerzpunkte bestehen können die Elektroden direkt darauf appliziert werden. Eine weitere Möglichkeit, bes. bei Schmerzen nach peripheren Läsionen, wie einer Läsion des Plexus brachialis, ist die Positionierung der Elektroden entlang des peripheren Nerven. Die TENS Therapie verlangt viel Geduld von Patient und Therapeut, da man im Voraus die geeignete Behandlungsstrategie nicht immer bestimmen kann. Der Weg zum Behandlungserfolg führt über systematisches Probieren der verschiedenen Parameter und Elektrodenposition. Eine gute Dokumentation, sowie regelmässige Kontrollen tragen ebenso zum Erfolg bei.

### **Anwendungsgebiete**

Der Einsatz der TENS Behandlung in der Schmerztherapie ist vielfältig. Hier sind die wichtigsten aufgeführt:

- Neuralgien, z.B. nach peripheren Nervenläsionen
- Schmerzen nach Amputationen
- Vertebrale Schmerzsyndrome
- Schmerzen bei degenerativen und entzündlichen Gelenkerkrankungen
- Periartikuläre Schmerzen, z.B. Tendopathien myofasziale Triggerpunkte
- Postoperative Schmerzen
- Sympathische Reflexdystrophie im frühen Stadium
- Tumorbedingter Schmerz
- Therapiebedingter Schmerz, Neuropathie und Fibrose in Folge einer Strahlentherapie
- Migräne und Spannungskopfschmerz

### **Kontakt**

Schweizer Paraplegiker-Zentrum  
Physiotherapie  
Guido A. Zäch Strasse 1  
6207 Nottwil

T + 41 41 939 51 51  
F + 41 41 939 51 52

Kontaktperson:  
Ines.bersch@paranet.ch  
www.paranet.ch