



Hauptverband der  
österreichischen  
Sozialversicherungsträger

# Hochtontherapie

---

bei Polyneuropathie

April 2014

Autorin: Mag. Bettina Maringer

Peer-Review: Mag. Ingrid Wilbacher, PhD

**Hauptverband der österreichischen Sozialversicherungsträger**  
Evidenzbasierte Wirtschaftliche Gesundheitsversorgung  
EbM/ HTA

## Kurzbericht

### Hintergrund

Überprüfung von Wirksamkeit und Sicherheit der Hochtontherapie bei Menschen mit (Poly)Neuropathien.

### Methodik

Es wird eine Suche nach Studien bei PubMed, CRD, AHRQ, NICE, AWMF, IQWiG und G-BA und laufenden Studien durchgeführt.

### Ergebnisse

Es wurde 1 Leitlinie und eine Evidenzbewertung vom IGeL-Monitor (Medizinischer Dienst des Spitzenverbandes Bund der Krankenkassen) aufgefunden. Die Suche nach Primärstudien ergab 3 weitere Treffer. Somit lagen insgesamt 5 Primärstudien zu Hochtontherapie bei diabetischer bzw. urämischer Neuropathie aus dem Zeitraum 2005-2013 vor. Es wurden keine laufenden Studien zu Hochtontherapie bei PatientInnen mit Polyneuropathie aufgefunden.

### Evidenz

Die Evidenz ist aufgrund von kleinen, meist unkontrollierten, heterogenen Studien mit unterschiedlicher Behandlungsintensität und ohne Hinweis auf Langzeiteffekt derzeit schwach.

Es werden teils signifikante Verbesserungen bei Kribbeln, Brennen, Schmerz, Taubheitsgefühl allgemein und in den Schmerzregionen, Schlafstörungen oder Lebensqualität berichtet. Da es sich vorwiegend um unkontrolliertes Studiendesign handelt, kann ein Placeboeffekt nicht ausgeschlossen werden.

### Fazit

Die Datenlage zur Hochtontherapie bei Polyneuropathie ist unserer Ansicht nach unbefriedigend, die Evidenz schwach. Die Wirksamkeitsbelege aus den 5 vorhandenen Studien reichen derzeit nicht aus: kleine, kurze Pilotstudien, meist ohne Kontrollgruppe, mit unterschiedlicher Anwendungsdauer und -intensität. Es sind derzeit weder belastbare Aussagen über den Nutzen noch über mittel- und langfristigen Effekte der Hochtontherapie

möglich. Es wurde beobachtet, dass die Hochtontherapie bei manchen PatientInnen nicht wirke (Non-Responder).

In den vorliegenden Studien traten lediglich muskuläre Probleme/ Muskelkater an den Beinen nach der Therapie auf, keine schweren unerwünschten Ereignisse. Es bleibt unklar, ob die steigende Nervosität und Schlaflosigkeit einer Patientin auf die Hochtontherapie im Speziellen oder die Studiensituation im Allgemeinen zurückzuführen war.

Es besteht Forschungsbedarf nach Studien mit randomisiertem, kontrollierten Studiendesign (mit Scheinbehandlung in der Kontrollgruppe, um den Nettoeffekt der Hochtontherapie erkennen zu können).

### Kontakt für Rückfragen

E-Mail: [bettina.maringer@hvb.sozvers.at](mailto:bettina.maringer@hvb.sozvers.at)

Telefon: 01/ 711 32/ 3616

## Inhalt

|     |   |    |
|-----|---|----|
| 1   | Einleitung .....  | 5  |
| 1.1 | Fragestellung .....   | 5  |
| 1.2 | Grundlagen Hochtontherapie .....  | 5  |
| 2   | Methoden .....  | 6  |
| 2.1 | Strukturierte Frage (PIKO).....   | 6  |
| 2.2 | Literaturauswahl.....   | 6  |
| 2.3 | Literatursuche .....  | 6  |
| 3   | Ergebnisse .....  | 7  |
| 3.1 | Nationale Versorgungsleitlinie (NVL) „Neuropathie bei Diabetes im<br>Erwachsenenalter“ (2011):..... | 7  |
| 3.2 | IGeL- Monitor, Deutschland: Evidenzbewertung (2012) .....   | 7  |
| 3.3 | Fallserien .....  | 8  |
| 3.4 | Datenextraktionstabelle .....   | 9  |
| 3.5 | Evidenz .....   | 10 |
| 4   | Diskussion.....   | 12 |
| 5   | Schlussfolgerung.....   | 13 |
| 6   | Anhang Literatursuche .....   | 14 |
| 7   | Literaturverzeichnis .....  | 15 |

# 1 Einleitung

## 1.1 Fragestellung

Sie Wirksamkeit und Sicherheit der Hochtontherapie bei Menschen mit (Poly)Neuropathien (bei Diabetes mellitus, Alkoholmissbrauch, Chemotherapie, Infektionskrankheiten, Nierenfunktionsstörungen, etc.) soll untersucht werden.

## 1.2 Grundlagen Hochtontherapie

Die Hochtontherapie (hochfrequente Muskelstimulation, HTEMS) ist ein in Deutschland 1995 entwickeltes Behandlungsverfahren aus dem Bereich der Elektrotherapie. Es werden elektrische Wechselfelder mit einer Frequenz von 4-30 kHz eingesetzt, Stromstärke und Frequenz werden gleichzeitig moduliert. Den PatientInnen werden Elektrodenmanschetten an Armen und Beinen angelegt.

Die Hochtontherapie soll Zellen und Gewebe energetisch aufladen, anregen, entsäuern und so Schmerzen lindern, Stoffwechselprozesse normalisieren und Entzündungen hemmen. Die Wirkungsweisen seien laut diverser Anbieter hauptsächlich eine Verbesserung des Stoffaustausches (Stoffwechselanregung) und eine Depolarisation von Nervenfasern (Schmerzlinderung).

Geräteanbieter empfehlen täglich 60 Minuten, 5-10 Behandlungen oder 6-8 Wochen lang.

## 2 Methoden

### 2.1 Strukturierte Frage (PIKO)

P:

Polyneuropathie bei Diabetes mellitus, Alkoholmissbrauch, Chemotherapie, Infektionskrankheiten, Nierenfunktionsstörung (Neuropathien bei Dialysepatienten)

I:

Hochtontherapie/ HiToP-Therapie/ HTEMS

C:

Keine Therapie, andere Maßnahme, Scheinintervention, Standardtherapie

O:

PatientInnenrelevante Parameter wie z.B. Schmerzreduktion, Reduktion der Berührungsempfindlichkeit, Reduktion der Sensibilitätsstörung, Reduktion der Nachtschmerzen, Verbesserung der Schlafqualität, Linderung von Taubheitsgefühl, etc.

### 2.2 Literatúrauswahl

Humanstudien. Keine Einschränkung hinsichtlich Studiendesign, Publikationsjahr.

Sprache: deutsch, englisch

### 2.3 Literatursuche

Es wird eine Suche bei PubMed, CRD, AHRQ, NICE, AWMF, IQWiG und G-BA gestartet und auch nach laufenden Studien (ClinicalTrials.gov, deutsches Register klinischer Studien) gesucht.

### 3 Ergebnisse

Es wurde 1 Leitlinie und eine Evidenzbewertung vom IGeL- Monitor (Medizinischer Dienst des Spitzenverbandes Bund der Krankenkassen) aufgefunden. Die Suche nach Primärstudien ergab 3 weitere Treffer. Somit lagen insgesamt 5 Primärstudien aus dem Zeitraum 2005-2013 vor (siehe Anhang).

Es wurden keine laufenden Studien zu Hochtontherapie bei PatientInnen mit Polyneuropathie gefunden.

#### 3.1 Nationale Versorgungsleitlinie (NVL) „Neuropathie bei Diabetes im Erwachsenenalter“ (2011)<sup>1</sup>:

Auf Basis von 2 vorliegenden Studien (kontrollierte deutsche Studie von Reichstein et al. 2005<sup>2</sup>, unkontrollierte deutsche Studie von Humpert et al. 2009<sup>3</sup>) ist zusammenfassend zu lesen, dass über den mittel- bzw. langfristigen Effekt keine Aussage gemacht werden kann (Empfehlungsgrad 0). Reichstein et al. stellten nach 3 Behandlungstagen eine signifikante Besserung der neuropathischen Symptome und Überlegenheit gegenüber TENS fest, ebenso Humpert et al. nach 4 wöchiger Behandlung (unkontrolliert, nicht signifikant).

#### 3.2 IGeL- Monitor, Deutschland: Evidenzbewertung (2012)<sup>4</sup>

*Nutzen:*

*Von all den behaupteten Einsatzgebieten sind lediglich die Durchblutungsstörung (periphere arterielle Verschlusskrankheit) sowie die diabetische Polyneuropathie in wissenschaftlichen Studien, die formale Minimalstandards einhalten, untersucht. Beide Studien haben den Charakter von Pilotstudien und sind für eine belastbare Aussage nicht geeignet. Auch die häufig zitierte Studie von Reichstein (2005), die die transkutane elektrische Nervenstimulation (TENS) mit Hochtontherapie verglich, ist wenig aussagekräftig. In der Studie berichteten deutlich mehr Probanden von einer Linderung ihrer Symptome, wenn sie mit Hochtontherapie behandelt wurden. Allerdings schien der Effekt nach wenigen Tagen nicht mehr zu bestehen. Die Ergebnisse lassen also keine Aussagen über mittel- oder langfristige Effekte zu.*

*Hinzu kommt, dass die Autoren ihre Studie aufgrund der wenigen Probanden (n=41) und kurzen Dauer selbst als „Pilotstudie“ bezeichnen. Eine Pilotstudie dient normalerweise nicht dazu, bereits Aussagen zum Nutzen zu treffen, sondern primär dazu, die Machbarkeit des Studienablaufs zu testen. Eine aussagekräftigere Folgestudie ist jedoch bislang nicht publiziert worden.*

*Diese insgesamt geringen und mit schwachen Daten untermauerten Effekte genügen unserer Ansicht nach nicht, um daraus Hinweise auf einen Nutzen der Hochtontherapie abzuleiten.*

Schaden:

*In den Studien wird nur von einem Fall berichtet, in dem ein Patient kurzfristig über Probleme mit den Muskeln klagte. Ansonsten traten keine Nebenwirkungen auf. Da Stärke und Frequenz der elektrischen Stimulation an den individuellen Patienten so angepasst werden, dass er die Behandlung nicht als unangenehm empfindet, und da auch keine weitergehenden Effekte zu erwarten sind, sehen wir insgesamt keine Hinweise auf einen Schaden.*

**Fazit:**

*Die IGeL Hochtontherapie bewerten wir als „unklar“. Die gefundenen Studien lassen keine belastbaren Aussagen über den Nutzen der Maßnahme zu. Nebenwirkungen sind weder zu erwarten noch nachgewiesen worden, weshalb wir auch keine Hinweise auf Schaden sehen.*

**Anmerkung: Die Zeit, die man ruhend mit der Behandlung verbringt, geht einem für Bewegung verloren. Dabei wird Bewegung generell zur Förderung der Durchblutung, und speziell Diabetikern zur Vermeidung von Komplikationen empfohlen, insbesondere Schwimmen, Fahrrad fahren, Rudern, Bewegungsübungen im Sitzen und Armübungen.**

### 3.3 Fallserien

**High-tone external muscle stimulation in end-stage renal disease: effects on symptomatic diabetic and uremic peripheral neuropathy (Klassen et al. 2008; Deutschland/ Italien)<sup>5</sup>**

40 DialysepatientInnen (25 mit diabetischer, 15 mit urämischer Polyneuropathie) wurden 3x/ Woche jeweils 1 Stunde lang mit Hochtontherapie an den Beinen behandelt. Ein Teil der Gruppe wurde 4 Wochen lang beobachtet, der Rest 12 Wochen lang. Eine signifikante Verbesserung bei allen 5 neuropathischen Symptomen (Kribbeln, Brennen, Schmerz, Taubheit, Taubheit in Schmerzregionen) und bei Schlafstörungen. Die besten Ergebnisse wurden 3 Monate nach der Behandlung beobachtet. Die AutorInnen sehen in der Hochtontherapie eine ergänzende Behandlung für DialysepatientInnen, denen Übungsprogramme nicht helfen oder die nicht daran teilnehmen können.

**High-tone external muscle stimulation in end stage renal disease: effects on quality of life in patients with peripheral neuropathy (Klassen et a. 2013; Deutschland/ Rumänien)<sup>6</sup>**

25 PatientInnen im renalen Endstadium wurden 3x/ Woche jeweils 1 Stunde lang mit Hochtontherapie behandelt. 6 und 12 Wochen nach Beginn der Studie wurde die Lebensqualität mittels SF-36, Hospital Anxiety and Depression Scale (HADS) und einer

Schmerzskala evaluiert. Signifikante Verbesserungen waren bei Schmerzen und Lebensqualität (physical role functioning and social functioning) nach 12 Wochen messbar.

### **The effect of high-tone external muscle stimulation on symptoms and electrophysiological parameters of uremic peripheral neuropathy (Strempska et al. 2013; Polen)<sup>7</sup>**

28 DialysepatientInnen (davon 8 DiabetikerInnen) mit pharmakoresistenter Polyneuropathie wurden 12 Wochen lang 3x/Woche 1 Stunde lang mit Hochtontherapie behandelt. Bei 19 Probanden wurde neben einer subjektiven Verbesserung der urämischen Polyneuropathie (Fragebogen: general well being/ physical capacity/ feeling of cold feet) auch eine signifikante Verbesserung der motorischen (nicht jedoch der sensorischen) Nervenleitgeschwindigkeit im Bereich der Elle (Nervus ulnaris) im Vergleich zu den Werten vor Therapiebeginn festgestellt. Keine Veränderung wurde in den unteren Extremitäten festgestellt (Wade: Nervus peroneus und Nervus suralis).

## **3.4 Datenextraktionstabelle**

Es liegen somit derzeit 5 Studien vor (1 RCT, 4 Fallserien), in denen die Wirksamkeit und Sicherheit der Hochtontherapie bei PatientInnen mit Polyneuropathie untersuchten (siehe Tabelle 1).

Die Anwendung der Hochtontherapie erfolgte meist über den Zeitraum von 1 Stunde, 3x wöchentlich. Sowohl Studiendauer (3 Tage bis 12 Wochen) als auch Studienpopulation (Typ 2 Diabetes, Dialyse, renales Endstadium) sind sehr heterogen. Die Intensität der elektrischen Stimulation wurde in manchen Studien<sup>3</sup> individuell reguliert, um Schmerzen oder Beschwerden zu verhindern.

Tabelle 1: Datenextraktionstabelle

| <b>Studie/ Jahr</b>                          | <b>N</b>                                 | <b>Intervention</b>   | <b>Population mit PNP</b> | <b>Ergebnis</b>  |
|--|--|---|---------------------------|--|
| Reichstein/<br>2005<br>(RCT,<br>Pilotstudie) | 41<br>(20/ 21)                           | 3 Tage,<br>täglich 30 Minuten<br>HTEMS / TENS<br>an beiden Beinen | Typ 2 Diabetes            | Verbesserung mittels Hochtontherapie (kurzfristig) effektvoller als durch TENS, vor allem bei schmerzhafter diabetischer PNP. Der Effekt verschwand nach wenigen Tagen (Beobachtungszeitraum insgesamt nur 5 Tage) |
| Klassen/<br>2008                             | 40                                       | 4-12 Wochen, 3x/<br>Woche je 1<br>Stunde                          | DialysepatientInnen       | Sign. Verbesserung von Kribbeln, Brennen, Schmerz, Taubheitsgefühl allgemein und in den Schmerzregionen, Schlafstörungen.  |
| Humpert/<br>2009                             | 92<br>(11<br>PatientInnen<br>nach der 4. | 4 Wochen,<br>2x/ Woche je 1<br>Stunde                             | Typ 2 Diabetes            | Subjektive Verbesserung der Symptome bei 73% der PatientInnen (Parästhesie, Schmerz, Brennen,  |

| Studie/ Jahr    | N                    | Intervention                     | Population mit PNP  | Ergebnis   |
|-----------------|----------------------|----------------------------------|---------------------|--|
|                 | Sitzung abgebrochen) |                                  |                     | Taubheitsgefühl, Schlafstörungen). Am stärksten ausgeprägt bei Patienten mit starkem Brennen und starken Schlafstörungen. Trend: weniger Effekt mit zunehmendem Alter der PatientInnen erkennbar. Der Effekt hielt durchschnittlich 31 Stunden an. Responder/ Non-Responder werden beschrieben |
| Klassen/ 2013   | 25                   | 12 Wochen, 3x/ Woche je 1 Stunde | renales Endstadium  | Sign. Verbesserung von Schmerzen und Lebensqualität. Effekt der Hochtontherapie bei starken Schmerzen weniger ausgeprägt.  |
| Strempska/ 2013 | 28                   | 3 Wochen, 3x/ Woche je 1 Stunde  | DialysepatientInnen | Bei 19 PatientInnen Verbesserung subjektiv und der Nervenleitgeschwindigkeit im Bereich der Elle. Keine Veränderung im Bereich der Wade.   |

N Gesamtzahl, PNP Polyneuropathie, TENS transkutane elektrische Nervenstimulation

### 3.5 Evidenz

Die Evidenz ist aufgrund von kleinen, meist unkontrollierten, heterogenen Studien mit unterschiedlicher Behandlungsintensität und ohne Hinweis auf Langzeiteffekt derzeit schwach.

#### Wirksamkeit

Es wurden Patienten mit diabetischer oder urämischer Polyneuropathie in Studien untersucht. Die StudienautorInnen berichten von teils signifikanten Verbesserungen bei Kribbeln, Brennen, Schmerz, Taubheitsgefühl allgemein und in den Schmerzregionen, Schlafstörungen oder Lebensqualität. Da es sich vorwiegend um unkontrolliertes Studiendesign handelt, kann ein Placeboeffekt nicht ausgeschlossen werden. Manche AutorInnen vermuten eine abnehmende Wirksamkeit mit steigendem Alter. Ob eine direkte oder indirekte Assoziation zwischen Wirksamkeit der Hochtontherapie und Schmerzintensität besteht, ist derzeit unklar bzw. widersprüchlich. Hinweise auf eine anhaltende Besserung fehlen derzeit ebenso. Humpert et al. hielten fest, dass es Responder und Non-Responder gebe, dass die Hochtontherapie bei manchen PatientInnen nicht wirke.

Ein RCT kann eine bessere Wirksamkeit von Hochtontherapie im Vergleich zu TENS erkennen, wobei jedoch diese Pilotstudie nur 3 Tage dauerte, die PatientInnen insgesamt nur 5 Tage beobachtet wurden und TENS keine state-of-the-art-Behandlung bei diabetischer PNP darstellt.

## **Sicherheit**

Es traten keine schwerwiegenden Ereignisse auf.

In der Studie von Reichstein et al. (2005) klagte 1 Patient nach der ersten Sitzung über muskuläre Probleme in den Beinen, die innerhalb weniger Stunden verschwanden.

Bei Klassen et al. (2008) berichtete 1 Patientin über gesteigerte Nervosität und Schlaflosigkeit nach 3 Sitzungen. Sie wurde ausgeschlossen, nicht weiter untersucht und durch einen anderen Patient ersetzt.

Die Ursache des Studienabbruchs von 11 PatientInnen (12%) nach der 4. Sitzung war ein fehlender Therapieeffekt (Humpert 2009). Weiters wurde von leichtem Muskelkater in den Oberschenkeln am Tag nach der Hochtontherapie berichtet.

Bei Strempska et al. kam es zu keinen unerwünschten Ereignissen, bei Klassen 2013 findet sich diesbezüglich keine Erwähnung.

## 4 Diskussion

Die Hochtontherapie dürfte vorwiegend auf Interesse bei deutschen ForscherInnen stoßen. Es gibt (außer einer Studie aus Polen und einer Co-Autorenschaft aus Rumänien) kein anderes Land, welches derzeit diese Therapiemethode untersucht.

Bei der (einzigen) kontrollierten Pilotstudie von Reichstein et al. 2005 wurde an 41 PatientInnen Hochtontherapie mit TENS-Therapie verglichen. Der Unterschied war zwar statistisch signifikant, die Reduktion der Symptome konnte bis zu 2 Tage nach Beendigung festgestellt werden (gesamte Beobachtungszeit 5 Tage: 3 Behandlungstage, 2 Tage Nachbeobachtung). Der Effekt ließe jedoch nach „mehreren Tagen“ nach. Die kurze Nachbeobachtungszeit ermöglicht es nicht, valide Aussagen über einen mittel- und langfristigen patientenrelevanten Nutzen abzuleiten. Humpert et al. erwähnten, dass in ihrer Studie 2009 der Effekt durchschnittlich 31 Stunden anhielt.

Bei der TENS Therapie handelt es sich nicht um eine abschließend evaluierte Methode, die standardmäßig bei der Behandlung von PatientInnen mit diabetischer Polyneuropathie eingesetzt wird und fraglich ist, ob die TENS-Therapie in 3 Sitzungen die gewünschte Wirkung entfalten kann. Die Unterschiede der technischen Parametern (Frequenzen, Intensität, Dauer) zwischen TENS und Hochtontherapie lassen keine Rückschlüsse auf die Wirksamkeit bestimmter Einstellungen zu. Bei Erkrankungen des peripheren Nervensystems zeigte die transkutane elektrische Nervenstimulation somit weniger Effekt als die hochfrequente Muskelstimulation. Wenn das Wirkprinzip die externe Muskelstimulation ist (was sich anhand von einigen Fällen mit Muskelkater/ muskulären Problemen auch erkennen lässt), ist eine aktiv durchgeführte Bewegung einer passiven Therapie vorzuziehen (siehe auch Kommentar von IGeL-Monitor 2012).

Bei Studien ohne Kontrollgruppendesign wird der Effekt einer Intervention oft überschätzt, daher sind Studien mit randomisiertem, kontrollierten Studiendesign (mit Scheinbehandlung in der Kontrollgruppe, um den Nettoeffekt der Hochtontherapie erkennen zu können) wünschenswert. Bedenklich ist, wenn eine Patientin, bei der Nervosität und Schlaflosigkeit auftrat, während der laufenden Studie<sup>5</sup> ausgetauscht und somit die PatientInnenauswahl und das Ergebnis der zu untersuchenden Therapie beeinflusst wurde.

## 5 Schlussfolgerung

Die Datenlage zur Hochtontherapie bei Polyneuropathie ist unserer Ansicht nach unbefriedigend, die Evidenz schwach. Die 5 derzeit vorhandenen Studien haben eine begrenzte Aussagekraft. Die Hochtontherapie zeigt möglicherweise positive Effekte bei Symptomen diabetischer und urämischer Neuropathie (Kribbeln, Brennen, Schmerz, Taubheitsgefühl allgemein und in den Schmerzregionen), Schlafstörungen und Lebensqualität. Ein Placeboeffekt kann nicht ausgeschlossen werden. Kleine, kurze Pilotstudien, meist ohne Kontrollgruppe, mit unterschiedlicher Anwendungsdauer und -intensität haben begrenzte Aussagekraft. Es sind derzeit weder belastbare Aussagen über den Nutzen noch über mittel- und langfristigen Effekte der Hochtontherapie möglich. Non-Responder wurden beschrieben.

Es wurden keine schweren unerwünschten Ereignisse nach Anwendung der Hochtontherapie berichtet. In den vorliegenden Studien traten lediglich muskuläre Probleme/ Muskelkater an den Beinen nach der Therapie auf. Es bleibt unklar, ob die steigende Nervosität und Schlaflosigkeit einer Patientin auf die Hochtontherapie im Speziellen oder die Studiensituation im Allgemeinen zurückzuführen war.

Es besteht Forschungsbedarf nach Studien mit randomisiertem, kontrollierten Studiendesign (mit Scheinbehandlung in der Kontrollgruppe, um den Nettoeffekt der Hochtontherapie erkennen zu können).

## 6 Anhang Literatursuche

(Hochtontherapie, HiToP-Therapie, HTEMS, high-tone stimulation, high frequency external muscle stimulation) AND (neuropathy, Neuropathie)

| Datenbank                             | Treffer |
|---------------------------------------|---------|
| PubMed                                | 4       |
| CRD                                   | 0       |
| AHRQ                                  | 0       |
| NICE                                  | 0       |
| AWMF                                  | 1       |
| IQWiG                                 | 0       |
| G-BA                                  | 0       |
| ClinicalTrials.gov                    | 0       |
| deutsches Register klinischer Studien | 0       |

## 7 Literaturverzeichnis

---

<sup>1</sup> Nationale VersorgungsLeitlinie: Neuropathie bei Diabetes im Erwachsenenalter, Stand 2011, gültig bis 2015. <http://www.awmf.org/leitlinien/detail/ll/nvl-001e.html>, abgerufen am 16.04.2014

<sup>2</sup> Reichstein L1, Labrenz S, Ziegler D, Martin S. Effective treatment of symptomatic diabetic polyneuropathy by high-frequency external muscle stimulation. *Diabetologia*. 2005 May;48(5):824-8.

<sup>3</sup> Humpert PM1, Morcos M, Oikonomou D, Schaefer K, Hamann A, Bierhaus A, Schilling T, Nawroth PP. External electric muscle stimulation improves burning sensations and sleeping disturbances in patients with type 2 diabetes and symptomatic neuropathy. *Pain Med*. 2009 Mar;10(2):413-9.

<sup>4</sup> IGeL-Monitor (individuelle Gesundheitsleistungen auf dem Prüfstand): [http://www.igel-monitor.de/Igel\\_A\\_Z.php?action=abstract&id=75](http://www.igel-monitor.de/Igel_A_Z.php?action=abstract&id=75), abgerufen am 16.04.2014

<sup>5</sup> Klassen A(1), Di Iorio B, Guastaferro P, Bahner U, Heidland A, De Santo N. High-tone external muscle stimulation in end-stage renal disease: effects on symptomatic diabetic and uremic peripheral neuropathy. *Ren Nutr*. 2008 Jan;18(1):46-51.

<sup>6</sup> Klassen A(1), Racasan S, Gherman-Caprioara M, Kürner B, Blaser C, Bahner U, Heidland A. High-tone external muscle stimulation in endstage renal disease: effects on quality of life in patients with peripheral neuropathy. *Clin Nephrol*. 2013 Jan;79 Suppl 1:S28-33.

<sup>7</sup> Strempska B1, Bilinska M, Weyde W, Koszewicz M, Madziarska K, Golebiowski T, Klinger M. The effect of high-tone external muscle stimulation on symptoms and electrophysiological parameters of uremic peripheral neuropathy *Clin Nephrol*. 2013 Jan;79 Suppl 1:S24-7.