

TENS-therapie: een consensus-based werkinstructie.

Een addendum bij de richtlijn chronische pijn 2015



Vertrouwelijk

Werkgroep TENS

Karina Meijers	pijnconsulent/verpleegkundig specialist i.o.	Ziekenhuis Amstelland (auteur)
Govert-Jan de Lint	fysiotherapeut	HagaZiekenhuis (co-auteur)
Theo Stoel	pijnconsulent	Havenziekenhuis (voorzitter)
Anneke Bosscha	pijnconsulent	Tjongerschans Ziekenhuis
José Gerritzen	pijnconsulent	Rijnstate Ziekenhuis
Dirk-Jan van Huijkelom,	fysiotherapeut	Fysiotherapie van Huijkelom
Gerard Koen	physician Assistant	Bernhoven Ziekenhuis
Harold Leeneman	fysiotherapeut	Gelre Ziekenhuizen
Eric de Roode	pijnconsulent/verpleegkundig specialist	Medisch Centrum Alkmaar
Carla van Soest	pijnconsulent/verpleegkundig specialist	Flevoziekenhuis
Gusta de Vries	pijnconsulent/verpleegkundig specialist i.o.	Maasstad Ziekenhuis
Anja Wijdemans	pijnconsulent	Admiraal de Ruyter Ziekenhuis/ Zeelandcare

Met ondersteuning van:

Nederlandse Vereniging voor Anesthesie Medewerkers (NVAM)
Verpleegkundigen & Verzorgenden Nederland (V&VN) afdeling pijnverpleegkundigen
Prof. dr. F.J.P.M. (Frank) Huygen. Anesthesioloog/ Pijnbehandelaar

Met dank aan:

R. van Boekel RN MSc., pijnconsulent, epidemioloog en opleider HAN VDO, domein Pijn & Palliatieve zorg
drs..P.J. Borgdorff, anesthesioloog-pijnspecialist
M. Giesberts, MHCE, opleider, trainer, adviseur, HAN VDO, domein Pijn & Palliatieve zorg
dr. M.J.M.M. Giezeman, anesthesioloog-pijnspecialist
drs. J. Knol, anesthesioloog-pijnspecialist
drs. A. Köke, fysiotherapeut/bewegingswetenschapper
dr. B. Lo, anesthesioloog-pijnspecialist
drs. F. Masir, anesthesioloog-pijnspecialist
drs. R. Munnikes, anesthesioloog pijnspecialist
drs. J.W.L.C. Schapendonk, anesthesioloog-pijnspecialist
dr. S. Schiere, anesthesioloog-pijnspecialist
drs. J.P. Tabak, anesthesioloog-pijnspecialist
drs. A.J.W. Teunissen, anesthesioloog pijnspecialist
drs. E.E. Vegt, anesthesioloog-pijnspecialist
drs. L. Verbrugge, anesthesioloog pijnspecialist
drs. K.Vos, anesthesioloog-pijnspecialist
drs.F. Wille, anesthesioloog-pijnspecialist

Alle rechten voorbehouden.

De tekst uit deze publicatie mag niet worden gewijzigd dan wel aangevuld, zonder voorafgaande toestemming van de auteur en voorzitter van de werkgroep (zie hierboven). Toestemming voor gebruik van tekst(gedeelten) kunt u schriftelijk of per e-mail aanvragen via het volgend e-mailadres: werkgroeptens@gmail.com.

Inhoud

1 DOELSTELLINGEN	4
2 PROCEDURE	4
3 WETENSCHAPPELIJK ONDERZOEK NAAR TENS	5
4 VERANTWOORDELIJKHEDEN	6
5 BEGRIPPENOMSCHRIJVING	6
5.1 Nociceptieve pijn.....	6
5.2 Neuropathische pijn.....	6
5.3 Chronificatie van pijn	6
5.4 Modulatie centraal zenuwstelsel.....	7
5.5 Transcutane Elektrische Neuro Stimulatie (TENS)	7
5.5.1 TENS Theorieën	7
6 TENS PROGRAMMA'S	8
6.1 HF-TENS bij nociceptieve pijn.....	8
6.2 LF-TENS bij neuropathische pijn.....	8
6.3 Alternierende-TENS bij gemengd pijnbeeld	8
7 WERKPROTOCOL	9
7.1 Indiceren TENS-therapie	9
7.1.1 Uitvoeren van de bio-psycho-sociale pijnanamnese	9
7.1.2 Pijnclassificatie	9
7.2 Patiënten educatie (TENS-uitleg).....	11
7.3 Bepaling TENS-methode (programma).....	11
7.4 Plaatsing en soort elektroden	12
7.5 Dosering en duur van de stimulatie	12
7.6 Waarschuwingen en voorzorgsmaatregelen	13
7.7 Mogelijke complicaties.....	13
7.8 Controle afspraken	13
7.9 Benodigdheden.....	14
7.10 Informatie voor de patiënt.....	14
7.11 Aanvraag van het TENS-apparaat	14
BIBLIOGRAFIE	14

Naam procedure: TENS-uitleg, versie drie	Datum: 19-09-2014
Naam Auteur: Karina Meijers, verpleegkundig specialist i.o.	Datum: 19-09-2014
Naam Autorisator: Govert-Jan de Lint, fysiotherapeut	Datum: 02-12-2014

1 DOELSTELLINGEN

TENS

Het doel van Transcutane Elektrische Neuro Stimulatie (TENS) is om de gewaarwording van pijn te verminderen. Na instructie en proefbehandeling is TENS een eenvoudige behandeling die door de patiënt zelfstandig kan worden uitgevoerd (Johnson, 2014).

Werkinstructie

Het doel van dit protocol is een eenduidige werkinstructie te ontwikkelen zodat deze als addendum kan worden opgenomen aan de toekomstige richtlijn chronische pijn (2015). Er is bij de ontwikkeling van deze werkinstructie niet gekeken naar TENS bij specifieke aandoeningen. De focus ligt op de relatie van het soort chronische pijn (classificatie) en de meeste effectieve TENS-methode. Er is onderscheid gemaakt tussen high en low frequency TENS in relatie met een nociceptief, neuropathisch of gemengd pijnbeeld.

2 PROCEDURE

Deze procedure beschrijft de behandeling die wordt toegepast bij diverse pijnsyndromen. TENS-therapie geeft pijnreductie en kan voor langere tijd (> zes maanden) worden toegepast (Köke, et al., 2014).

3 WETENSCHAPPELIJK ONDERZOEK NAAR TENS

Kwaliteit en conclusie literatuur omtrent TENS-therapie

De meeste studies naar TENS betreffen cohort studies en case series, er is vaak gebrek aan een **controle groep**. Gezien de elektrische sensaties die bij TENS worden opgewekt, is het moeilijk om placebo toe te passen. Er wordt bij placebo-onderzoek gebruikt van een 'Sham TENS', hierbij wordt echter geen elektrische prikkel toegediend (Buchmuller et al, 2012). Er is echter wel veel literatuur over TENS beschikbaar die dient als een rijke bron aan gedocumenteerde klinische ervaringen (Johnson, 2014). De conclusie uit de literatuur is dat het bewijs tegenstrijdig is (Johnson, 2014). De individuele resultaten zijn echter veelbelovend. De tegenstrijdige resultaten kunnen mogelijk worden verklaard door het ontbreken van een eenduidig protocol, het niet juist implementeren van een bestaand protocol en/of een slechte compliance van de patiënt in het opvolgen van de gegeven instructies (Bennett, Hughes, & Johnson, 2011; Pallett, Rentowl, Johnson, & Watson, 2014). Deze bevindingen in combinatie met deskundige ervaringen in de praktijk zijn reden om aan te nemen dat TENS een meerwaarde is bij het verminderen van chronische pijn.

Verantwoording werkprotocol (werkinstructie)

in dit werkprotocol worden bronnen gebruikt ter ondersteuning. Er is gekozen om de meest recente bronnen te gebruiken, bovendien is er gekeken naar de wijze waarop deze studies zijn uitgevoerd (level van evidence).

Polyfarmacie bij chronische pijn

Wanneer er sprake is van polyfarmacie lijkt het verstandig om TENS-therapie op te starten. Dit lijkt te leiden tot een verminderd analgeticagebruik (Bjordal et al, 2003). Wanneer bijvoorbeeld TENS als aanvulling wordt gebruikt bij patient controlled analgesics (PCA-pomp), blijkt dit ook tot een analgeticareductie te leiden (Hamza, White, Ahmed, & Ghoname, 1999). Bovendien geeft TENS nauwelijks of geen bijwerkingen. Bij veelvuldig gebruik van opiaten bestaat er een kans op bijwerkingen en opioïd geïnduceerde hyperalgesia (Watanabe, 2014). Veel ouderen gebruiken middelen die op de lijst van Beers staan, dit houdt in dat deze middelen vervelende bijwerkingen geven zoals duizeligheid, hetgeen het valrisico verhoogt (Fick et al, 2003).

Pijnreductie als outcome

Hoewel TENS, zoals hierboven beschreven, ook lijkt te leiden tot een verminderd analgeticagebruik (Bjordal, Johnson & Ljunggreen, 2003) en daarnaast een verbeterde werkstatus en kwaliteit van leven gebruik (Ghoname, White, Ahmed, Hamza, Graig & Noe, 199), werd er in dit protocol alleen gekeken naar pijnreductie als significante outcome. Dit omdat het doel van TENS in dit protocol vermindering van pijngewaarwording is.

Meta-analyse

Er is gekeken naar de in Cochrane recente gepubliceerde meta-analyses waarbij TENS werd ingezet bij chronische pijn in het algemeen. Dit leverde één resultaat op (Nnoaham & Kumbang, 2008). Het betreft een update van de review van Carroll et al, 2001). Er werd door Cochrane in 2014 een nieuwe versie van de meta analyse van Nnoaham & Kumbang gepubliceerd. Deze werd uiteindelijk weer ingetrokken en vervangen door andere recentere meta-analysen. Echter deze recente meta-analysen zijn niet gericht op chronische pijn in het algemeen. Nnoaham & Kumbang geven aan dat er qua pijnreductie van de 22 gecontroleerde studies er 13 een positieve uitkomst in het voordeel van de TENS-therapie tonen.(N= 1281).

De controlebehandeling in de beschreven RCT's bestond meestal uit 'sham' (placebo) TENS. Wanneer we kijken naar meta-analysen bij specifieke chronische aandoeningen dan luidt de conclusie dat de studies van te lage kwaliteit zijn en dat het bewijs tegenstrijdig is. Zie voor uitgebreide details van de verschillende meta-analysen de tabel in het recente naslagwerk van Johnson (2014).

4 VERANTWOORDELIJKHEDEN

Gayaud (2013), haalt aan dat TENS-therapie dient te worden voorgeschreven door een pijnspecialist en te worden uitgevoerd door een verpleegkundige die geschoold is in deze therapeutische aanpak waarbij samenwerking met de specialist van belang is. Echter in Nederland wordt TENS-therapie ook toegepast door fysiotherapeuten en doktersassistenten. Aangezien het resultaat van TENS afhankelijk is van de juiste instellingen (frequentie, pulswijdte en intensiteit) waarbij tevens rekening dient gehouden te worden met eventuele interactie van medicatie (Sluka, Bjordal, Marchand, & Rakel, 2013), lijkt het van belang dat zorgverleners die TENS toepassen geschoold moeten zijn volgens een geaccrediteerde TENS-cursus (V&VN, KNGF).

5 BEGRIPPENOMSCHRIJVING

5.1 Nociceptieve pijn

Nociceptieve pijn wordt veroorzaakt door weefselbeschadiging. Hierbij spelen prostaglandines een belangrijke rol. De pijn vermindert meestal onder invloed van paracetamol, NSAID's en/of opioïden (Integraal Kankercentrum Nederland [IKNL], 2010).

5.2 Neuropathische pijn

Bij neuropathische pijn is er sprake van een laesie of ziekte van het perifere of compressie in het perifere of centrale zenuwstelsel, bijvoorbeeld als gevolg van een operatie of tumorgroei (IKNL, 2010).

5.3 Chronificatie van pijn

Chronische pijn is een pijn die langer duurt dan normaal verwacht bij een acute aandoening of verwachte tijd van genezing. Het kan voor onbepaalde tijd continueren (Dutch Pain Society, 2011). Chronische pijn geeft een negatieve impact op de kwaliteit van leven (QoL) en wordt in verband gebracht met een hoog ziekteverzuim gepaard gaande met hoge directe en indirecte medische kosten (Bekkering et al, 2011). Rugpijn en gewrichtspijn komen hierbij het meest voor. Tien procent van de lage rugpijn gaat gepaard met radiculaire pijn. De meerderheid van deze patiënten wordt gezien door de huisarts en de neuroloog. Slechts 23% van de chronische pijnpatiënten wordt door een pijnspecialist gezien (Brevik, Collett, Ventafridda, Cohen, & Gallacher, 2006).

Wanneer het lichaam lang wordt 'blootgesteld' aan pijnprikkels, kan de achterhoorn van het CZS overprikkeld raken waardoor er continue te veel en te sterke pijnprikkels worden doorgestuurd naar de hersenen. De drempelwaarde waarop pijn wordt ervaren ('pijngrens'), gaat hierdoor steeds verder omlaag. Het CZS is dan gemoduleerd (veranderd). Dit proces wordt centrale sensitatie genoemd. TENS-therapie lijkt het CZS terug te kunnen moduleren (Meesen, Cuypers, Rothwell, Swinnen, & Levin, 2011; Nijs, Malfliet, Ickmans, Baer, & Meeus, 2014). Een tijdig behandeltraject kan chronificatie van de pijn voorkomen (Huygen et al., 2011).

5.4 Modulatie centraal zenuwstelsel

Perifere sensitisatie

Pijn, die gevoeld wordt in niet aangedane gebieden a.g.v. mechanische, thermische of chemische stimulatie met als gevolg toegenomen gevoeligheid in de achterhoorn waardoor er een verlaagde pijndrempel ontstaat (perifere hyperalgesie).

Centrale sensitisatie

Centrale sensitisatie is een begrip wat aangeeft dat er neuroplastische veranderingen plaatsvinden. Bij centrale sensitisatie zijn, behalve de achterhoorn, ook andere regionen binnen het CZS betrokken. Dit gaat gepaard met een beperkte werking van het remmend-pijn-systeem, waardoor de inhibitie in de dorsale hoorn verminderd is. Dit kan resulteren onder andere in secundaire hyperalgesie en mogelijk ook allodynie.

5.5 Transcutane Elektrische Neuro Stimulatie (TENS)

De TENS-geïnduceerde blokkade van perifere zenuwgeleiding bij mensen werd door Walsh et al. in 1998 gedemonstreerd. TENS is een niet-invasieve behandelingstechniek, die gebruikt wordt voor pijnbehandeling. TENS is een behandeling waarbij zenuwen transcutaan door behulp van elektroden geprikkeld worden. TENS vergemakkelijkt de onderbreking van de neurale transmissie van pijn door het genereren van actiepotentialen in de onderliggende perifere zenuwen (Allen, 2006). De elektrische stroom prikkelt geselecteerde huidzenuwen die zowel een bestaande als inhiberende invloed kunnen hebben op de achterhoorn.

5.5.1 TENS Theorieën

Het mechanisme van TENS is met name afgeleid uit twee theorieën.

Poorttheorie (Gate Control Theory)

De eerste theorie betreft de poorttheorie. Deze theorie stelt dat weefselbeschadiging leidt tot activering van pijnvezels (A δ - en C-vezels). TENS daarentegen activeert door middel van een elektrische prikkel tastvezels (A β -vezels). Zodra er meer A β -vezels geactiveerd worden zou de 'gate' moeten 'sluiten', waardoor de pijnprikkel op segmentaal niveau blijft (Melzack & Wall, 1965).

Stimulatie van endorfines

De tweede theorie stelt dat TENS middels het periaqueductal grey (PAG) en het Rostro-ventro-mediale medulla (RVM) afgifte van endorfines stimuleert (DaSantana, Da Silva, De Resende, & Sluka, 2009). Deze endorfines zorgen ervoor dat de actieve werking van de achterhoorn wordt geïnhibeerd. Deze inhiberende werking vindt zowel links als rechts plaats. Contralaterale behandeling is volgens Somers & Clemente (2006, 2009) daarom mogelijk, bijvoorbeeld bij fantoompijn.

Voor beide theorieën geldt dat een juiste plaatsing van de elektroden cruciaal lijkt (Buonocore, Camuzini, Cecini, & Dalla Tofola, 2013). Dit geldt ook voor frequentie (Hz), intensiteit (mA) en pulswijdte (μ s). Zie hiervoor de literatuur van Karakaya, Karakay, Ergun, Sedanur, & Firat, 2014).

6 TENS PROGRAMMA'S

6.1 HF-TENS bij nociceptieve pijn

Bij high frequency TENS wordt gebruik gemaakt van een hoge frequentie (80-110 Hz). In de literatuur wordt deze methode ook aangeduid als conventionele TENS. HF-TENS lijkt uit te gaan vanuit de gate controle en met name werkzaam te zijn bij nociceptieve pijn (Johnson, 2014). Volgens de literatuur is deze methode te vergelijken met de pijnvermindering die optreedt bij het wrijven over de pijnlijke plek (Johnson, 2001). Uit de literatuur blijkt dat de beste resultaten bij HF-TENS worden behaald met een instelling van 80-110 Hz met een pulswijdte van 100-250 μ s (Chesterton et al, 2003; Johnson, 2001a). De analgesie die optreedt bij deze methode wordt gemedieerd door dynorfine via K-opioïde receptoren (Claydon, Chesterton, Barlas, & Sim, 2013; Han, Chen, Sun, Xu, Yuan, & Hao, 1991). Wellicht dat deze methode daarom minder werkzaam is bij patiënten die buprenorfine gebruiken (Butrans/Transtec) omdat buprenorfine de kappa-receptor deels antagoneert.

Eerder werd gedacht dat HF-TENS de doorbloeding verbetert (Wikstrom, Svedman, Svensson, & Tanweer, 1999), echter dit wordt in recente studies tegengesproken (Cramp et al., 2000; Chen et al, 2007).

6.2 LF-TENS bij neuropathische pijn

LF-TENS maakt gebruik van een lagere frequentie (2-10 Hz). Bij deze methode wordt, door middel van een elektrische prikkel, een myotoom gestimuleerd. TENS zorgt voor spiercontracties. Deze spiercontracties zorgen voor stimulatie van de A-delta-vezels. Deze prikkels worden naar het supraspinale systeem (hersenen) geleid waardoor de opioïd-receptoren worden geactiveerd en er endorfines vrijkomen (via PAG en NRM).

De methode lijkt met name pijnreductie bij neuropathische pijn te geven (Johnson, 2014). De beste resultaten bij LF-TENS lijken te worden behaald met een pulswijdte van 100-250 μ s (Chesterton et al, 2003; Johnson, 2001a). Deze methode wordt in de literatuur ook aangeduid als acupuncture-like TENS. De analgesie die bij LF-TENS optreedt wordt via δ -opioïd en μ -opioïden gemedieert door enkephaline, β -endorphin en endomorphin en is gedeeltelijk reversibel m.b.v. naloxon (Fukazawa, et al., 2005). Wellicht dat deze methode daarom minder geschikt is bij het gebruik van hoge doseringen opiaten (Léonard, Cloutier, & Marchand, 2011). Verder wordt door Cramp et al., (2002) aangetoond dat LF-TENS leidt tot een verbeterde doorbloeding.

6.3 Alternierende-TENS bij gemengd pijnbeeld

HF-TENS en LF-TENS lijken via verschillende neurale paden in het centrale zenuwstelsel te werken, waarbij verschillende soorten endorfines worden vrijgemaakt. Bij alternierende-TENS wordt daarom HF met LF afgewisseld in één behandelvorm, waarbij er alternerend drie seconden 100 Hz en drie seconden 2 Hz wordt toegepast (Han, Chen, Sun, Xu, Yuan, & Hao, 1991). De methode wordt in de literatuur ook aangeduid als Han-TENS.

De resultaten van Somers & Clemente (2006, 2009) geven aan dat HF-TENS de mechanische allodynie vermindert en LF-TENS de thermische allodynie, een combinatie van hoge en lage frequentie (alternierende-TENS) zou daarom de voorkeur genieten. Dit wordt ook door Tong et al. (2007) bevestigd. Hamza et al. (2009) toonden aan dat alternierende-TENS een grotere hypo-algesie geeft dan HF- of LF-TENS alleen. Claydon et al. (2013). weerleggen echter deze uitkomsten. Chen en Johnson (2009) toonden aan dat bij nociceptieve pijn (bot druk pijn) alternierende TENS minder hypoalgesie geeft dan continue TENS. Alternierende TENS lijkt daarom met name geschikt voor een gemengd pijnbeeld zoals een Hernia Nuclei Pulposi (Buchmuller, 2013). Bovendien blijkt uit onderzoek dat een groep patiënten de voorkeur geeft aan wisselende pulsaties omdat zij deze als prettiger ervaren dan continue pulsaties (Tulgar, McGlone, Bowsher, & Miles, 1991).

7 WERKPROTOCOL

7.1 Indiceren TENS-therapie

In principe zijn alle vormen van chronische pijn TENS geïndiceerd, echter de pijn dient goed te worden geanalyseerd en geclassificeerd. Bovendien dient er gekeken te worden naar de persoonlijke situatie van de patiënt. Start dus met het afnemen van een pijnanamnese.

7.1.1 Uitvoeren van de bio-psycho-sociale pijnanamnese

1. **Bio:** Differentieer de primaire pijn, secundaire pijn en eventuele referred pain (uitstralende pijn). Onderscheidt nociceptieve, en/of neuropathische pijn. Analyseer of het pijngebied segmentaal samenhangt met de aandoening (primaire bron van nociceptie). Analyseer volgens het klinisch beeld, of er sprake is van sensitisatie van CZS door chemische, thermische en mechanische prikkels of door een veranderde afferentie t.g.v. zenuwbeschadiging. Hetgeen kan leiden tot neuroplastische veranderingen in de achterhoorn.
2. **Psycho:** Het advies is om ook psychosociale aspecten te analyseren en wellicht te bespreken. Alhoewel uit een onderzoek van Oosterhof et al (2008) bleek dat het catastroferen van pijn geen voorspelling geeft op het resultaat van TENS, luidt het advies van de werkgroep TENS om bij patiënten waarbij de pijnbeleving op de voorgrond staat, TENS niet als monotherapie in te zetten. Dit omdat het al sinds 1992 bekend is dat multidisciplinaire behandeling van chronische pijn effectiever is dan monodisciplinaire therapieën (Flor, Fydrich, & Turk, 1992). Dit werd recent nog bevestigd in het rapport Chronische pijn, van de Regieraad Kwaliteit van Zorg (Huygen et al., 2011).
3. **Sociaal:** Analyseer de persoonlijke sociale situatie zoals werk- gezinsproblematiek. Wanneer er binnen de thuissituatie van de patiënt een gebrek is aan voldoende mantel/thuiszorg, moet de patiënt over voldoende cognitieve vaardigheden en lichamelijke competenties beschikken om het gebruik van het TENS-apparaat eigen te maken.

7.1.2 Pijnclassificatie

Bij de volgende pijnbeelden lijkt TENS-geïndiceerd:

1. **Nociceptieve pijn (chemisch/thermisch/druk/inflammatoir)**
Dit is het gevolg van voortdurende activiteit van primaire afferente neuronen door noxische prikkels (chemisch/thermisch/druk/inflammatoir). Het zenuwstelsel is hierbij intact. De pijn is progressiever bij belasten en de pijn is voorspelbaar. Inflammatoire pijn wordt ook gezien als nociceptieve pijn. Voorbeelden van nociceptieve pijn:
 - **Artrose (Cheing, Tsui, Lo & Hui-Chan, 2003)**
In deze RCT kwam bij de interventiegroep (TENS) een significante pijnreductie naar voren (45.9%). Echter er werd ook een significante pijnreductie in de placebogroep aangetoond (43.3%). Maar hierbij dient te worden opgemerkt dat bij de TENS-groep de pijnreductie na vier weken follow up gehandhaafd bleef, dit in tegenstelling tot de placebogroep.
 - **Reuma (Vance, Radhakrishnan, Skyba & Sluka, 2007).**
In deze studie bleek dat de onttrekkingsdrempel significant wordt verminderd indien TENS (zowel LF als HF) wordt toegepast 24 uur na de inductie van de ontsteking. Opmerkelijk is dat dit niet geldt wanneer de TENS-therapie binnen vier uur na inductie van ontsteking wordt toegepast.

2. **Neuropathische pijn**

Hierbij is er een laesie of disfunctie van het perifere zenuwstelsel (PZS) of het centrale zenuwstelsel (CZS). Deze pijn gaat vaak samen met neurologische verschijnselen zoals paresthesieën, hyperesthesie en hypo-esthesie. Neuropathische pijn kan zowel in rust als in beweging optreden. Voorbeelden van aandoeningen die gepaard gaan met neuropathische pijn:

▪ ***Perifere en centrale neuropathische pijn***

Uit een gecontroleerde studie van Celik et al. (2014) leverde LF-TENS-therapie een significante pijnreductie op bij patiënten die lijden aan neuropathie als gevolg van een ruggenmergletsel. In een pre-post-treatment-design paste Kilinc et al. (2014) HF-TENS toe bij 40 patiënten met neuropathie en deze TENS-methode heeft ook tot een significante pijnreductie geleid.

▪ ***Herpes zoster en postherpetische neuralgie***

Kolsek (2012) concludeerde dat TENS op zijn minst net zo effectief is als antivirale middelen en waarschijnlijk een betere preventie en pijnreductie geeft bij postherpetische neuralgie (PHN). Er werd hier gebruik van 20-40 Hz. Uit een onderzoek van Barbarisi et al. (2010) blijkt dat pregabaline gecombineerd met TENS betere uitkomsten geeft dan pregabaline alleen (Barbarisi, et al., 2010).

▪ ***Fantoompijn***

In de studie van Giuffrida, Simpson & Halligan(2010) werden in twee case-studies een significante verbetering aangetoond in de perceptie en sensaties bij fantoompijn (longitudinale studie van een jaar). Er werd hier overigens gebruik gemaakt van HF-TENS.

3. **Gemengde pijn**

Hierbij speelt zowel nociceptieve pijn als neuropathische pijn een rol. Voorbeeld van een gemengd pijnbeeld:

Radiculaire pijn

In een studie van Buchmuller et al. (2011) naar alternerende-TENS versus sham-tens bij lage rugpijn met of zonder radiculaire pijn, blijkt een significante pijnreductie overeenkomstig met een NNT 5 (P 0,0003). Dit in tegenstelling tot de uitkomsten van Claydon et al. (2013), waarbij in een RCT met placebogroep geen significante pijnreductie is aangetoond. Claydon et al. merken hierbij op dat deze uitkomsten wellicht zijn vertekend omdat zij zich niet aan geadviseerde pulswijdte van 300 µs hebben gehouden (Han et al. 1991).

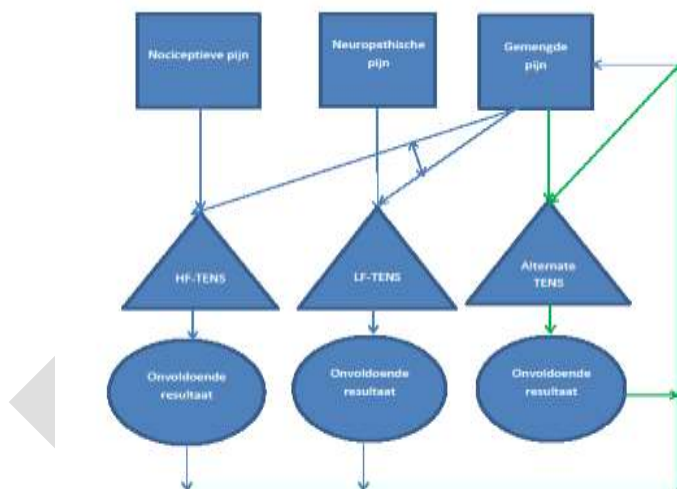
7.2 Patiënteneducatie (TENS-uitleg)

Alvorens over te gaan op het instellen van het apparaat en het plakken van de elektroden, dient er een gedegen uitleg aan de patiënt worden gegeven over het werkingsmechanisme (TENS-theorie) en de gebruiksaanwijzing (programma) van TENS.

Louw et al.(2011) beschrijven dat educatie over het ontstaan van chronische pijn als gevolg van het overgevoelig raken van het centrale zenuwstelsel (wind-up-effect) een positieve bijdrage levert aan de pijnperceptie en immobiliteit. Bijvoorbeeld uit een studie van George et al., 2011) blijkt dat een korte begeleidende educatie het pijngedrag van patiënten met lage rugpijnen leidt tot een lagere incidentie van lage rugpijnen en dat de patiënt hierdoor minder hulpverlening inschakelt. Vanzelfsprekend dient de uitleg aangepast te worden aan het niveau van de patiënt.

7.3 Bepaling TENS-methode (programma)

- Bij nociceptieve pijn, kiest men in de regel voor HF-TENS.
- Bij neuropathische pijn, kiest men in de regel voor de LF-TENS.
- Bij een gemengd pijnbeeld, kiest men in de regel voor twee afzonderlijke programma's (HF en LF), een andere mogelijkheid is de altemnerende-TENS.
- Wanneer de resultaten onvoldoende zijn of de patiënt de pulsaties niet (meer) comfortabel vindt , kan er gekozen worden voor een andere methode.



Flow-schema TENS-methode 1

7.4 Plaatsing en soort elektroden

Plaats de elektroden 2,5 tot 30 centimeter uit elkaar. Wanneer de afstand tussen de twee elektroden wordt vergroot, blijkt dat de effectiviteit afneemt (Mannheimer & Lampe, 1984). Verder de volgende adviezen:

- **HF-TENS:** bepaal het gerelateerde huiddermatoom, plak in dit gebied grote elektroden zodat er veel bètavezels (tastvezels) worden gestimuleerd. Een andere mogelijkheid is om de huidzenuw te detecteren en deze te stimuleren.
- **LF-TENS** zoek de spier (detecteer het motorisch punt), die wordt geënerveerd door het gerelateerde segment. Plaats de elektroden net zo ver uit elkaar dat de spiercontractie het sterkst visueel wordt waargenomen. Gebruik kleine elektroden.
- **Alternerende-TENS,** Plaatsing in het dermatoom of op de spier. Gebruik voor plaatsing in de dermatoom een grote elektrode en de plaatsing op de myotoom een kleine elektrode.
- **Anatomische vormen,** bijvoorbeeld ovaal bij een schouder (met de ronding mee plakken).
- **Overmatige transpiratie:** Kies elektroden met een niet oplosbare gel
- **Elektroden allergie:** probeer elektroden van ander materiaal.

7.5 Dosering en duur van de stimulatie

HF-TENS, minimaal 40 minuten per sessie

Cheing et al. (2003) toonden in een pre-post-treatment bij patiënten met gonartrose aan dat TENS-therapie met een duur van 20 minuten en placebo-TENS significant minder resultaat geven dan een duur van 40 en 60 minuten. Buonocor et al. (2013) adviseren 30 minuten stimulatie per sessie en continue stimulatie vermijden om tolerantie tegen te gaan. Johnson spreekt dit echter tegen en adviseert: continuerend gebruik, gedurende de dag, met om de één à twee uur een pauze van minimaal 15-60 minuten om tolerantie tegen te gaan (Johnson, 2001a, Johnson, 2014a, 2014b). Buonocor baseert het advies op een pre-post-treatment design uit 2013. Johnson daarentegen concludeert dit uit een systematische review (Johnson, 2014b), hetgeen een hoger 'level of evidence' betreft. Qua dosering komt uit de literatuur naar voren dat de intensiteit zo hoog mogelijk moet worden afgesteld, maar dat de stimulatie wel onder de pijngrens dient te blijven (Moran & al., 2011; Chesterton et al, 2003; Karakaya et al., 2014; Pantaleão et al., 2011). Dit komt meestal neer op een mA van >15 (Bjordal, Johnson, & Ljunggeen, 2003). Verder wordt geadviseerd om gedurende vijf dagen de intensiteit elke dag met 10% te verhogen, dit lijkt tolerantie voor TENS-therapie tegen te gaan (Sato, Sanada, Rakel, & Sluka, 2012), dit kan daarom als optie worden overwogen.

LF-TENS 30 minuten per sessie

30 minuten per keer, maximaal 4 keer per dag om te voorkomen dat de spier moe wordt (Johnson, 2001a, 2001b, 2014).

Alternerende-TENS 30-60 minuten per dag

Buchmuller et al. (2013) paste vier sessies per dag toe van 60 minuten in een prospectief, randomiseerd, multicenter, singel-blind studie naar radiculaire pijn. Dit leidde tot significante pijnreductie ($P=0,0003$) maar niet tot een significante verbetering in de dagelijkse activiteiten. Dit werd gemeten middels de Roland disability questionnaire (Roland & Fairbank, 2000). Hamza et al. adviseert in een RCT uit 1999 30 minuten per sessie, met interval van twee uur. Er werd hierbij geen significante pijnreductie aangetoond, echter is deze wel aannemelijk gezien de significante opioïd-besparing. Hierbij is wel op te merken dat de TENS-therapie postoperatief werd toegepast.

7.6 Waarschuwingen en voorzorgsmaatregelen

Bij onderstaande situaties dient overleg plaats te vinden met de voorschrijvend specialist:

- Pacemakers, hartritmestoornissen
- Huidaandoeningen
- Zwangerschap (met name de eerste 12 weken)
- Epilepsie
- Tumoractiviteit in het stroomgebied
- Stimulatie in de hals (carotis-syndroom/lanrynxspasme)
- Metaal implantaten (dit is geen contra-indicatie bij bi-fasische impulsen)
- Verminderd bewustzijn, dementie, cognitieve beperkingen en/of niet zelfstandig in ADL in combinatie met onvoldoende hulp van derden.

7.7 Mogelijke complicaties

- Hartritmestoornissen
- Allergische reactie op de elektroden zoals roodheid en/of blaarvorming van de huid
- Optreden van tolerantie kan wellicht worden opgelost door de intensiteit per dag met 10% te verhogen, gedurende vijf dagen (Sato, Sanada, Rakel, & Sluka, 2012). Alhoewel dit enkel in deze studie naar voren komt, lijkt dit een goed advies gezien de patiënt dan ook langzaam went aan een hogere intensiteit. Het inlassen van een pauze (HF-TENS) lijkt het optreden van intolerantie te verminderen (Buonocorre et al., 2013; Johnson, 2014). Buonocorre et al. geven zelfs aan dat continue stimuleren onnodig zou zijn. Verder wordt geadviseerd om HF en LF af te wisselen, door gebruik van de altemnerende-TENS of de ene dag HF en de andere dag LF (Desantana, Santan-Filho, & Sluka, 2008).
- Indien de patiënt veel opiaten gebruikt is het mogelijk dat de patiënt niet of onvoldoende reageert op LF-TENS (Léonard, Cloutier, & Marchand, 2011). Dit verschijnsel is waarschijnlijk toegeschreven aan het feit dat de analgesie geïnduceerd wordt door het mediëren van dezelfde receptoren (μ opioïden receptoren).
- Het TENS-apparaat leidt mogelijk tot verstoring van elektrische apparaten.

7.8 Controle afspraken

- De proefperiode is vastgesteld door de zorgverzekeraars op 2 - 4 weken, daarna volgt een controle door de behandelaar.
- De controle gebeurt bij voorkeur poliklinisch.
- Indien nodig worden er, tijdens de controle-afspraak, aanpassingen doorgevoerd in de grootte of de plaatsing van de elektroden of het gekozen TENS-programma.
- Na drie maanden volgt een evaluatie over een langere termijn.
- Bij de controle worden de compliance, het effect en de bijwerkingen bepaald middels gevalideerde meetinstrumenten.
- Verder lijkt het zinvol om een pijndagboek bij te houden, zodat er meer inzicht in de pijn wordt kregen, zoals in welke situaties er pijnpijken optreden (De Wit, 2001). Dit wordt niet geadviseerd als patiënt juist probeert niet de hele dag met de pijn bezig te zijn (coping). Heeft iemand een bron voor wel of niet gebruiken pijndagboek, wellicht iets voor definitieve versie?

7.9 Benodigheden

- Aanvraagformulier
- TENS-apparaat en elektroden
- Dermatomenkaart, myotomen kaart en/of andere visuele middelen om de elektroden bepaling en instellingen vast te stellen.

7.10 Informatie voor de patiënt

- Mondelinge en schriftelijke uitleg omtrent het gebruik van het TENS-apparaat.
- Verkorte handleiding van het TENS-apparaat.

7.11 Aanvraag van het TENS-apparaat

- Aanvragende medisch specialist/verpleegkundig specialist/physician assistant (toekomst).
- Indicatie, de duur van de pijnklachten en de reeds ondergane behandelingen.
- Programmakeuze en de elektrodensoort.
- Handtekening patiënt en aanvrager.
- Aanvraagformulier per fax/mail naar leverancier zenden (vergoeding met verzekering).
- Aanvraagformulier archiveren.

Bibliografie

- Dutch Pain Society. (2011). *Regiedraad kwaliteit van zorg*. Opgeroepen op november 2014 2015, van <http://www.dutchpainsociety.nl/index.php?page=home>
- Allen, K., Oddone, E., Coffman, C., Datta, S., Juntilla, K., Lindquist, J., et al. (2010). Telephone-based self-management of osteoarthritis: A randomized trial. *Annals of Internal Medicine*, 153(9), 570-579. doi: 10.7326/0003-4819-153-9-201011020-00006.
- Barbaris, M., Pace, M., Passavanti, M., Maisto, M., Mazzariello, L., Pota, V., et al. (2010). Pregabalin and transcutaneous electrical nerve stimulation for postherpetic neuralgia treatment. *Clinical Journal of Pain*, (7), 567-72. doi: 10.1097/AJP.0b013e3181dda1ac.
- Bennett, M., Hughes, N., & Johnson, M. (2011). Methodological quality in randomised controlled trials of transcutaneous electric nerve stimulation for pain: low fidelity may explain negative findings. *Pain*, 6,1226-32. doi: 10.1016/j.pain.2010.12.009. Epub 2011 Mar 23.
- Bjordal, J., Johnson, M., & Ljunggreen, A. (2003). Transcutaneous electrical nerve stimulation (TENS) can reduce postoperative analgesic consumption. A meta-analysis with assessment of optimal treatment parameters for postoperative pain. *European Journal of Pain*, 7, 181-188.
- Buchmuller, A., & al., e. (2012). Value of ENS for relief of chronic low back pain with or without radicular pain. *European Journal of Pain*, 16(5), 656-665.
- Buonocore, M., Camuzini, N., Cecini, M., & Dalla Tofola, E. (2013). High-frequency transcutaneous peripheral nerve stimulation induces a higher increase of heat pain threshold in cutaneous area of the stimulated nerve when confronted to the neighbouring areas. *BioMed Research International*, 464207. doi: 10.1155/2013/464207.
- Buonocore, M., Camuzzini, N., Dall'Angelo, A., Mandrini, S., & Dalla Toffola, E. (2014). Contralateral Analgesic Effect of High-Frequency Transcutaneous Peripheral Nerve Stimulation. *The Journal of Injury, Function and Rehabilitation*, pii: S1934-1482(14)00302-5. doi: 10.1016/j.pmrj.2014.06.012. [Epub ahead of print].
- Carroll, D., Moore, R., McQuay, H., Fairman, F., Tramèr, M., & Leijon, G. (2001). Transcutaneous electrical nerve stimulation (TENS) for chronic pain. *Cochrane Database Systematic Review*, (3), CD003222. .
- Celik, E., Erhan, B., Gunduz, B., & Lakse, E. (2013). The effect of low-frequency TENS in the treatment of neuropathic pain in patients with spinal cord injury. *Spinal Cord*, 51, 334-337.
- Cheing, G., Tsui, A., Lo, S., & Hui-Chan, C. (2003). Optimal stimulation duration of tens in the management of osteoarthritic knee pain. *Journal of Rehabilitation , Medicine* (2), 62-8.
- Chen, C., & Johnson, M. (2009). An investigation into the effects of frequency-modulated transcutaneous electrical nerve stimulation (TENS) on experimentally-induced pressure pain in healthy human participants. *Journal of Pain*. , 10, 1029-1037. doi: 10.1016/j.jpain.2009.03.008.
- Chen, C., Johnson, M., McDonough, S., & Cramp, F. (2007). The effect of transcutaneous electrical nerve stimulation on local and distal cutaneous blood flow following a prolonged heat stimulus in healthy subjects. *Clinical Journal of Pain*, 27, 434-441.
- Chesterton, L., Foster, n., Wright, C., Baxter, G., & Barlas, P. (2003). Effects of TENS frequency, intensity and stimulation site parameter manipulation on pressure pain thresholds in healthy human subjects. *Pain*, 106(1-2), 73-80.
- Claydon, L., Chesterton, L., Barlas, P., & Sim, J. (2013). Alternating-Frequency TENS effects on Experimental Pain in Healthy Human Participants. *Clinical Journal of Pain*, 533-539.
- Cramp, A., Gilsnan, c., Lowe, A., & Walsh, D. (2000). The effect of high- and low-frequency transcutaneous electrical nerve stimulation upon cutaneous blood flow and skin in temperature in healthy subjects. *Clinical Physiology*, 20, 150-157.
- DaSantana, J. M., Da Silva, L. F., De Resende, R. A., & Sluka, K. A. (2009). Transcutaneous electrical nerve stimulation at both high and low frequencies activates ventrolateral periaqueductal grey to decrease mechanical hyperalgesia in arthritic rats. *Neuroscience*, 163(4), 1233-1241.
- De Wit, R. (2001). *De verpleegkundige en pijnbestrijding*. Houten: Bohn Stafleu van Loghum.
- Desantana, J., Santan-Filho, V., & Sluka, K. (2008). Modulation between high- and low-frequency transcutaneous electric nerve stimulation delays the development of analgesic tolerance in arthritic rats. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 89, 754-760.
- Deyo, R., Walsh, N., Martin, D., Schoenfield, L., & Ramamurthy, S. A. (1990). A controlled trial of transcutaneous electrical stimulation (TENS) and exercise for chronic low back pain. *New England Journal of Medicine*, 322(23), 1627-1634.

- Fick, D., Cooper, J., Wade, W., Waller, J., Maclean, J., & Beers, M. (2003). Updating the Beers criteria for potentially inappropriate medication use in older adults: results of a US consensus panel of experts. *Archives of Internal Medicine* 2003;163:2716-24., 163, 2716-24.
- Flor, H., Fydrich, T., & Turk, D. (1992). Efficacy of multidisciplinary pain treatment centers: a meta-analytic review. *Pain*, 49(2), 221-30.
- Gayaud, R. (2013). [Nursing expertise in transcutaneous neurostimulation]. *Revue de Infirmière*, (187), 40-3.
- George, S., Childs, J., Teyhen, D., Wu, S., Wright, A., Dugan, J., et al. (2011). Brief psychosocial education, not core stabilization, reduced incidence of low back pain: results from the Prevention of Low Back Pain in the Military (POLM) cluster randomized trial. *BMC Medicine*, 9:128. doi: 10.1186/1741-7015-9-128.
- Ghoname, E., White, P., Ahmed, H., Hamza, M., Graig, W., & Noe, C. (199). Percutaneous electrical nerve stimulation: an alternative to TENS in the management of sciatica. *Pain*, 83, 193-199.
- Giuffrida, O., Simpson, L., & Halligan, P. (2010). Contralateral stimulation, using TENS, of phantom limb pain: two confirmatory cases. *Pain Medicin*, 11(1), 133-141. doi: 10.1111/j.1526-4637.2009.00705.x. Epub 2009 Sep 25.
- Hamza, M., White, P., Ahmed, H., & Ghoname, E. (1999). Effect of the frequency of transcutaneous electrical nerve stimulation on the postoperative opioid analgesic requirement and recovery profile. *Anesthesiology*, 91(5), 1232-8.
- Han, J., Chen, S., Sun, S., Xu, S., Yuan, Y. Y., & Hao, J. T. (1991). Effect of low- and high-frequency TENS on Met-enkephalin-Arg-Phe and dynorphin A immunoreactivity in human lumbar CSF. *Pain*, 47(3), 295-298.
- Huygen, F., Boerman, D., van Everdingen, J., Gardebroek, R., Giesberts, M., Koes, B., et al. (2011). *Chronische pijn*. Den Haag: Regieraad Kwaliteit van Zorg.
- IKZ. (2009). *Integraal Kankercentrum Zuid*. Opgeroepen op mei 1, 2014, van Toolkit Zorgpaden: file:///C:/Users/KDM/Downloads/2_Toolkit_Zorgpaden.pdf
- Johnson, M. (2001). Transcutaneous electrical nerve stimulation (TENS). In S. Kitchen, *Electrotherapy: evidence-based practice* (pp. 259-286). Edinburgh: Churchill Livingstone.
- Johnson, M. (2001a). Transcutaneous electrical nerve stimulation (TENS). In S. Kitchen, *Electrotherapy: evidence-based practice* (pp. 259-286). Edinburgh: Churchill Livingstone.
- Johnson, M. (2001b). Efficacy of TENS and TENS-like devices in pain relief. *Pain reviews*, 221-228.
- Johnson, M. (2014a). *Transcutaneous electrical nerve stimulation (TENS): Research to Support Clinical Practice*. Oxford: Oxford University Press.
- Johnson, M. (2014b). Transcutaneous electrical nerve stimulation: review of effectiveness. *Nursing Standard*, 28(40):44-53. doi: 10.7748/ns.28.40.44.e8565.
- Kara, B., Baskurt, F., Acar, S., Karadibak, D., Ciftci, L., Erbayraktar, S., et al. (2011). The effect of TENS on pain, function, depression and analgesic consumption in the early postoperative period with spinal surgery patients. *Turkish Neurosurgery*, 21(4), 618-628.
- Karakaya, I., Karakay, m., Ergun, E., Sedanur, E., & Firat, T. (2014). Effects of different frequencies of conventional transcutaneous electrical nerve stimulation on pressure pain threshold and tolerance. *Journal of Back and musculoskeletal Rehabilitation*, 27, 197-2-1.
- Khadiilkar, A., Odebiyi, D., Brosseau, L., & Wells, G. (2008). Transcutaneous electrical nerve stimulation (TENS) versus placebo for chronic low-back pain. *Cochrane Database of Systematic Reviews*, 4, CD003008. doi: 10.1002/14651858.CD003008.pub3.
- Kilinc, M., Livanelioglu, A., Yildirim, S., & Tan, E. (2014). Effects of transcutaneous electrical nerve stimulation in patients with peripheral and central neuropathic pain. *Journal of Rehabilitation Medicine*, 46, 454-460.
- Köke, A., Smeets, R., Perez, R., Kessels, A., Winkens, B., van Kleef, M., et al. (2014). Can We "Predict" Long-Term Outcome for Ambulatory Transcutaneous Electrical Nerve Stimulation in Patients with Chronic Pain? *Pain Practice*, doi: 10.1111/papr.12162. [Epub ahead of print].
- Kolšek, M. (2012). TENS - an alternative to antiviral drugs for acute herpes zoster treatment and postherpetic neuralgia prevention. *Swiss Medical Weekly*, 141:w13229. doi: 10.4414/smw.2011.13229.
- Léonard, G., Cloutier, C., & Marchand, S. (2011). Reduced analgesic effect of acupuncture-like TENS but not conventional TENS in opioid-treated patients. *Journal of Pain*, 2, 213-21. doi: 10.1016/j.jpain.2010.07.003. Epub 2010 Sep 27.
- Mannheimer, J., & Lampe, G. (1984). *Clinical Transcutaneous Electrical Nerve Stimulation*. Philadelphia: F.A. Davis Company.
- Meesen, R., Cuypers, K., Rothwell, J., Swinnen, S., & Levin, O. (2011). The effect of long-term TENS on persistent neuroplastic changes in the human cerebral cortex. *Human Brain Mapping*,

- 32(6), 872-82. doi: 10.1002/hbm.21075. Epub 2010 Jun 9.
- Meeus, M., Nijs, J., Hamers, V., Ickmans, K., & Oosterwijck, J. (2012). The efficacy of patient education in whiplash associated disorders: a systematic review. *Pain Physician*, 15(5), 351-61.
- Melzack, R., & Wall, P. (1965). *The Challenge of Pain*. London: Penguin Books.
- Moran, F., & al., e. (2011). Hypoalgesia in response to transcutaneous electrical nerve stimulation (TENS) depends on stimulation intensity. *Journal of pain*, (8), 929-935. doi: 10.1016/j.jpain.2011.02.352. Epub 2011 Apr 9.
- Nijs, J., Malfliet, A., Ickmans, K., Baer, I., & Meeus, M. (2014). Treatment of central sensitization in patients with 'unexplained' chronic pain: an update. *Expert Opinion of Pharmacotherapy*, 15(12), 1671-83. doi: 10.1517/14656566.2014.925446. Epub 2014 Jun 15.
- Nnoaham, K., & Kumbang, J. (2008). Transcutaneous electrical nerve stimulation (TENS) for chronic pain. *Cochrane Database Systematic Reviews*, 16(3), CD003222. doi: 10.1002/14651858.CD003222.pub2.
- Oosterhof, J., Samwel, H., de Boo, T., Wilder-Smith, O., Oostendorp, R., & Crul, B. (2008). Predicting outcome of TENS in chronic pain: a prospective, randomized, placebo controlled trial. *Pain*, 136(1-2), 11-20. Epub 2007 Jul 30.
- Pallett, J., Rentowl, P., Johnson, M., & Watson, P. (2014). Implementation fidelity of self-administered transcutaneous electrical nerve stimulation (TENS) in patients with chronic back pain. *Clinical Journal of Pain*, 30 (3), 224-231.
- Pantaleão, M., & al., e. (2011). Adjusting pulse amplitude during transcutaneous electrical nerve stimulation (TENS) application produces greater hypoalgesia. *Journal of Pain*, (5):581-90. doi: 10.1016/j.jpain.2010.11.001. Epub 2011 Feb 1.
- Roland, M., & Fairbank, J. (2000). The Roland-Morris Disability Questionnaire and the Oswestry Disability Questionnaire. *Spine*, 25(24), 3115-3124.
- Sato, K., Sanada, L., Rakel, B., & Sluka, K. (2012). Increasing intensity of TENS prevents analgesic tolerance in rats. *American Pain Society*, 13(9), 884-890.
- Sluka, K., Bjordal, J., Marchand, S., & Rakel, B. (2013). What makes transcutaneous electrical nerve stimulation work? Making sense of the mixed results in the clinical literature. *Physical Therapy*, 93(10):1397-402. doi: 10.2522/ptj.20120281. Epub 2013 May 2.
- Somers, D., & Clemente, F. (2006). Transcutaneous electrical nerve stimulation for the management of neuropathic pain: the effects of frequency and electrode position on prevention of allodynia in a rat model of complex regional pain syndrome type II. *Physical Therapy*, 86(5), 698-709.
- Somers, D., & Clemente, F. (2009). Contralateral high or a combination of high- and low-frequency transcutaneous electrical nerve stimulation reduces mechanical allodynia and alters dorsal horn neurotransmitter content in neuropathic rats. *Journal of Pain*, 10(2), 221-229. doi: 10.1016/j.jpain.2008.08.008. Epub 2008 Nov 17.
- Tong, K., Lo, S., & Cheing, G. (2007). Alternating frequencies of transcutaneous electric nerve stimulation; does it produce greater analgesic effects on mechanical and thermal pain thresholds? *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 88, 1344-1349.
- Topuz, O., Ozfidan, E., Ozgen, M., & Ardic, F. (2004). Efficacy of transcutaneous electrical nerve stimulation and percutaneous electrical neuromodulation therapy in chronic low back pain. *Journal of Back and Musculoskeletal Rehabilitation*, 17, 127-133.
- Tulgar, M., McGlone, F., Bowsher, D., & Miles, J. (1991). Comparative effectiveness of different stimulation modes in relieving pain. Part II. A double-blind controlled longterm clinical trial. *Pain*, 47, 157-162.
- Vance, C., Radhakrishnan, R., Skyba, D., & Sluka, K. (2007). Transcutaneous electrical nerve stimulation at both high and low frequencies reduces primary hyperalgesia in rats with joint inflammation in a time-dependent manner. *Physical Therapy*, 87(1):44-51. Epub 2006 Dec 1.
- Walsh, D., Lowe, A., McCormack, K., Willer, J., Baxter, G., & Allen, J. (1998). TENS. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 79, 1051-1058.
- Watanabe, C. (2014). Mechanism of spinal pain transmission and its regulation. *Yakugaku Zasshi: Journal of the Pharmaceutical Society of Japan*, 134(12), 1301-7.
- Wikstrom, S., Svedman, P., Svensson, H., & Tanweer, A. (1999). Effect of transcutaneous nerve stimulation on microcirculation in intact skin and blister wounds in healthy volunteers. *Scandinavian Journal of Plastic and Reconstructive Surgery and Hand Surgery*, 33, 195-201.