

**TENS-therapie: een consensus-based
werkinstructie.**

Update april 2019



Werkgroep TENS

Karina Meijers	pijnconsulent/verpleegkundig specialist.	Hogeschool Inholland (auteur)
Govert-Jan de Lint	fysiotherapeut	Neuro Science Anatomy (co-auteur)
Theo Stoel	pijnconsulent	Franciscus Ziekenhuis (voorzitter)
Anneke Bosscha	pijnconsulent	Tjongerschans Ziekenhuis
José Gerritzen	pijnconsulent	Rijnstate Ziekenhuis
Dirk-Jan van Huijkelom	fysiotherapeut	Fysiotherapie van Huijkelom
Harold Leeneman	fysiotherapeut	Gelre Ziekenhuizen Zutphen
Carla van Soest	pijnconsulent/verpleegkundig specialist	Flevoziekenhuis
Gusta de Vries	pijnconsulent/verpleegkundig specialist	Maasstad Ziekenhuis
Anja Wijdemans	pijnconsulent	Zeelandcare/Admiraal de Ruyter Ziekenhuis
Hilda Beijaard	Tens-consulent	Persoonlijke titel
Martin Blomenkamp	pijnconsulent	Ziekenhuis Amstelland

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:

1. drs..P.J. Borgdorff, anesthesioloog-pijnspecialist
2. dr. M.J.M.M. Giezeman, anesthesioloog-pijnspecialist (in memorium)
3. drs. J. Knol, anesthesioloog-pijnspecialist
4. drs. A. Köke, fysiotherapeut/bewegingswetenschapper
5. dr. B. Lo, anesthesioloog-pijnspecialist
6. drs. F. Masir, anesthesioloog-pijnspecialist
7. drs. R. Munnikes, anesthesioloog pijnspecialist
8. drs. J.W.L.C. Schapendonk, anesthesioloog-pijnspecialist
9. dr. S. Schiere, anesthesioloog-pijnspecialist
10. drs. J.P. Tabak, anesthesioloog-pijnspecialist
11. drs. A.J.W. Teunissen, anesthesioloog pijnspecialist
12. drs. E.E. Vegt, anesthesioloog-pijnspecialist
13. drs. L. Verbrugge, anesthesioloog pijnspecialist
14. drs. K.Vos, anesthesioloog-pijnspecialist
15. 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). Voor vragen en/of opmerkingen kunt u terecht via het e-mailadres: werkgroeptens@gmail.com.

Laatste revisie: 02 april 2019.

Inhoud

1 DOELSTELLINGEN	4
2 PROCEDURE	4
3 WETENSCHAPPELIJK ONDERZOEK NAAR TENS	4
4 VERANTWOORDELIJKHEDEN	5
5 BEGRIPPENOMSCHRIJVING	6
5.1 Nociceptieve pijn	6
5.2 Neuropathische pijn.....	6
5.3 Modulatie centraal zenuwstelsel	6
5.4 Transcutane Elektrische Neuro Stimulatie (TENS)	7
5.4.1 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	9
7 STAPPENPLAN WERKINSTRUCTIE	10
7.1 Indiceren TENS-therapie.....	10
7.1.1 Uitvoeren van de bio-psycho-sociale pijnanamnese.....	10
7.1.2 Pijnclassificatie Voor de volgende pijnbeelden lijkt TENS geïndiceerd.....	11
7.2 Patiënteneducatie (TENS-uitleg).....	13
7.3 Bepaling TENS-methode (programma).....	14
7.4 Plaatsing en soort elektroden	15
7.5 Dosering en duur van de stimulatie.....	15
7.6 Waarschuwingen en voorzorgsmaatregelen	16
7.7 Mogelijke complicaties	17
7.8 Controle afspraken	18
7.9 Benodigdheden	18
7.10 Informatie voor de patiënt.....	18
7.11 Aanvraag van het TENS-apparaat	18
BIBLIOGRAFIE	15-17

Naam procedure: TENS-uitleg consensus-based richtlijn	Datum: 02-04-2019
Naam Auteur: Karina Meijers, verpleegkundig specialist	Datum: 02-04-2019
Naam Autorisatoren: Govert-Jan de Lint, fysiotherapeut, Prof. dr. F.J.P.M. (Frank) Huygen. Anesthesioloog/ Pijnbehandelaar	Datum: 02-04-2016

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, 2014a).

Werkinstructie

Het doel van deze werkinstructie is een eenduidige werkinstructie te ontwikkelen. 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. Bij het behandelen van chronische pijn is een multimodale behandelwijze aangewezen, dit geldt zeker bij neuropathische pijn. TENS kan hierbij een aanvulling zijn. Hoewel TENS in Nederland meestal wordt ingezet bij chronische pijn, is TENS bij acute pijn in specifieke situaties zeker een belangrijke optie, die het overwegen waard is. Echter TENS in de acute TENS wordt door de zorgverzekeraar niet vergoed als verzekerde prestatie uit de basisverzekering.

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 cohortstudies en case series, er is vaak gebrek aan een controlegroep. 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). Dit impliceert dat een Sham-studie niet een reële onderzoeksoptie is, omdat er dan geen sprake is van placebo of dat de verumgroep een niet-adequate stroomsterkte krijgt. Mogelijk liggen hier ook redenen voor tegenstrijdige conclusies. Er is echter wel veel literatuur over TENS beschikbaar die dient als een rijke bron aan gedocumenteerde klinische ervaringen (Johnson, 2014a). De conclusie uit de literatuur is dat het bewijs tegenstrijdig is (Johnson, 2014a, Vance, Dailey, Rakel, Sluka, 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 werkinstructie

In deze werkinstructie worden recente wetenschappelijke bronnen gebruikt ter ondersteuning (indien beschikbaar niet ouder dan 15 jaar). 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, 1999), werd er in deze werkinstructies alleen gekeken naar pijnreductie als significante outcome. Dit omdat het doel van TENS in deze werkinstructie 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 (2014a) en de review van Vance et al. (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, pulstijd 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, NVAM, 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,

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 (Breivik, 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 sensitatie

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 sensitatie

Centrale sensitatie is een begrip wat aangeeft dat er neuroplastische veranderingen plaatsvinden. Bij centrale sensitatie 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)

5.5.1 Werkingsmechanisme

De TENS-geïnduceerde blokkade van perifere zenuwgeleiding

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 met behulp van elektroden geprikkeld worden. De elektrische stroom prikkelt geselecteerde huidzenuwen die zowel een existerende als inhiberende invloed kunnen hebben op de achterhoorn in het centrale zenuwstelsel. TENS vergemakkelijkt de onderbreking van de neurale transmissie van pijn door het genereren van actiepotentialen in de onderliggende perifere zenuwen (Allen, 2010).

5.5.2 TENS Theorieën

Het mechanisme van TENS is met name afgeleid uit twee theorieën. Voor alle genoemde theorieën geldt dat een juiste plaatsing van de elektroden cruciaal is (Buonocore, Camuzini, Cecini, & Dalla Tofola, 2013). Dit geldt overigens ook voor de juiste frequentie (Hz), intensiteit (mA) en pulstijd (μ s). Zie hiervoor de literatuur van Karakaya, Karakay, Ergun, Sedanur, & Firat, 2014).

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-ventromediale medulla (RVM) afgifte van endorfines stimuleert (DeSantana, Da Silva, De Resende, & Sluka, 2009; Sluka, Deacon, Stibal, Strissel & Terpstra, 1999). 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.

Antidromisch effect

Een andere theorie betreft het antidromisch effect waarbij vanuit wordt gegaan dat elektrische impulsen als het ware twee kanten op 'reizen'. Bij afferente neuronen (sensorische/voelszenuw) 'reizen' antidromische impulsen richting de sensorische receptor in de periferie, de orthodromische impulsen reizen richting het centrale zenuwstelsel.

Bij efferente neuronen (motorische/bewegingszenuwcellen) is dit visa versa. Dit houdt in dat TENS mogelijk zorgt voor een perifere blokkering van afferente impulsen die voortvloeien uit de activatie van de zenuwreceptor tijdens letsel, het zogenaamde antidromisch effect (Johnson, 2014a).

6 TENS PROGRAMMA'S

6.1 HF-TENS bij nociceptieve pijn

Bij high frequency (HF)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, 2014a). Volgens de literatuur is deze methode te vergelijken met de pijnvermindering die optreedt bij het wrijven over de pijnlijke plek (Johnson, 2001a). Uit de literatuur blijkt dat de beste resultaten bij HF-TENS worden behaald met een instelling van 80-110 Hz met een pulstijd van 100-250 μ s (Chesterton et al, 2003; Johnson, 2001a).

Werkingsmechanisme HF-TENS

HF TENS produceert analgesie door het activeren van endogene remmende mechanismen in het centrale zenuwstelsel: opioïde GABA_A, en muscarine receptoren (Maeda, Lisi, Vance & Sluka, 2007; Radhakrishnan & Sluka, 2003). Er lijkt geen beïnvloeding van de serotoïne en noradrenerge receptoren te zijn (Radhakrishnan, King & Dickman, 2003). 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 antagoneert. HF TENS vermindert het vrijkomen van Glutamate en substance P in achterhoorn van het CSZ (Sabino, Santos, Francischi & De Resende, 2008; Sluka, Vance & Lisi, 2005), waardoor centrale sensitatie afneemt (Ma & Sluka, 2001). HF-TENS lijkt de doorbloeding te verbeteren (Wikstrom, Svedman, Svensson, & Tanweer, 1999, (Shibata, et al., 2016)), echter dit wordt in andere studies tegengesproken (Cramp et al., 2000; Chen et al, 2007).

6.2 LF-TENS bij neuropathische pijn

LF-TENS maakt gebruik van een lage frequentie (LF), 2-10 Hz met een pulsetijd van 100-200 μ s. 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, 2014a). De beste resultaten bij LF-TENS lijken te worden behaald met een pulstijd van 100-250 μ s (Chesterton et al, 2003; Johnson, 2001a). Deze methode wordt in de literatuur ook aangeduid als acupuncture-like TENS (ALL-TENS).

Werkingsmechanisme LF-TENS

LF TENS produceert analgesie door het activeren van remmende mechanisme in het centrale zenuwstelsel: opioïde GABA_A, serotonine 5-HT_{2A} en 5-HT₃, muscarine M1 en M3 receptoren in het ruggemerg (Maeda et al., 2007; Radhakrishnan et al., 2003, Radhakrishnan & Sluka, 2003) en wordt geassocieerd met verhoogde afgifte van serotonine (Sluka, Lisi & Westlund, 2006). De analgesie die bij LF-TENS optreedt wordt via δ -opioïd en μ -opioïden gemedieert door enkephline, 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., (2000) 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, met een pulsetijd van 300 μ s (Han, Chen, Sun, Xu, Yuan, & Hao, 1991). De methode wordt in de literatuur ook aangeduid als Han-TENS.

Werkingsmechanisme alternierende-TENS

Er worden verschillende neurotransmitters vrijgegeven, die synergistisch effect hebben met exogeen toegediende opioïden (DeSantana, Santana-Filhos, & Sluka, 2008). 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. Johnson (2014) adviseert bij een gemengd beeld te kiezen voor twee aparte programma's, echter Han (2003) geeft aan het tegelijkertijd "toedienen" van twee verschillende frequenties minder effectief is omdat de hoogste frequentie lijkt te prevaleren. Hamza et al. (1999) 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 hypo-algesie geeft dan continue TENS. Alternierende TENS lijkt daarom met name geschikt voor een gemengd pijnbeeld zoals een Hernia Nuclei Pulposi (Buchmuller et al., 2012, Meijers et al, 2015). Verder lijkt alternierende TENS het risico op tolerantie te verminderen. 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 STAPPENPLAN WERKINSTRUCTIE

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. Verder is de elektrodeplaatsing van belang. 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. Analyse er 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. Verder is de bereidheid van de patiënt m.b.t. de medewerking aan de TENS-therapie essentieel. Het uitlezen van de compliance kan hierbij een controlemiddel zijn.

7.1.2 Pijnclassificatie

Voor 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 statistisch significante pijnreductie naar voren (60,3%, $p = <0,001$). Er werd ook een significante pijnreductie in de placebogroep aangetoond (9,4%, $p = 0,007$). 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 een studie waarbij TENS ingezet werd bij ratten met een ontsteking in het kniegewricht (uitgevoerd op ratten), bleek dat de onttrekkingsdrempel statistisch significant wordt verminderd ($p < 0,05$) indien TENS (zowel LF als HF) wordt toegepast 24 uur tot twee weken na de inductie van de ontsteking. Opmerkelijk is dat dit niet geldt wanneer de TENS-therapie vier uur na inductie van ontsteking wordt toegepast.

▪ ***Spierpijn***

Hierbij onderscheiden we 2 soorten pijn: nociceptieve en spastische pijnen. In geval van spastische pijn bijvoorbeeld na een CVA, kan geprobeerd worden de spasticiteit uit de spier te halen door een gerichte spierstimulatie, echter met verfijnde parameters. Hiervoor verwijzen wij naar de geaccrediteerde TENS-cursus (voor gevorderden).

2. **Neuropathische pijn**

Hierbij is er een laesie of dysfunctie 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 neuropathie***

In een gecontroleerde studie van Celik et al. (2013) bij neuropathie als gevolg van een ruggenmergletsel, werd LF-TENS vergeleken met Sham-TENS. Na tien dagen werd er, in het voordeel van de LF-TENS-groep, tussen de beide groepen een statistisch significant verschil in de VAS-waarden geconstateerd. ($p=0,032$). LF-TENS leverde een statistisch significante pijnreductie tussen de eerste dag en twaalfde-dag, toepassing in de ochtend ($p=0.001$) en toepassing in de middag ($p=0,015$). De pijnreductie in de nacht was niet statistisch significant ($p=0,078$). In een pre-post-treatment-design pasten Kilinc et al. (2014) TENS toe bij 40 patiënten met centrale neuropathie (CNP) of perifere neuropathie (PNP). Ondanks dat hier sprake van een neurogene aandoening, werd er in deze studie toch HF-TENS toegepast. Er bleek ook met deze methode een statistisch significante pijnreductie (CNP $p=0.006$, PNP $p=0,000$).

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

Kolsek (2012) concludeerde dat LF-TENS op zijn minst net zo effectief is als antivirale middelen en waarschijnlijk een betere preventie en pijnreductie geeft bij PHN. Bovendien gebruikte deze de TENS-groep minder niet-steroïde anti-inflammatoire geneesmiddelen en/of Tramadol dan de groepen behandeld alleen met antivirale middelen of zonder behandeling. PHN kan niet volledig worden voorkomen. TENS als een enkele therapie bleek de meest succesvolle van de geteste behandelingen ($p = 0,001$) in het verminderen van de incidentie van subacute herpetische neuralgie (Stepanović, Kolšek, Kersnik, & Erčulj, 2015). Uit een onderzoek van Barbarisi et al. (2010) blijkt dat pregabaline gecombineerd met TENS betere uitkomsten geeft dan pregabaline alleen (Barbarisi, et al., 2010). Dit bleek statistisch significant ($p= 0,02$).

▪ ***Fantoompijn***

Er is niet veel evidence m.b.t. fantoompijn beschikbaar, zeker niet waarbij contralateraal behandeld werd. 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**

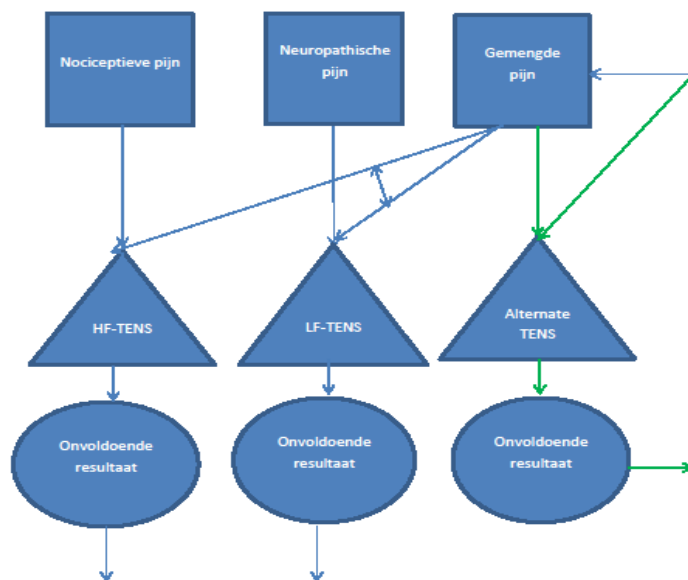
Uit een studie van Buchmuller et al. (2012) naar alternerende-TENS versus Sham-tens bij lage rugpijn met of zonder radiculaire pijn, blijkt een significante pijnreductie overeenkomstig met een NNT 5 (P 0,0003). Dit in tegenstelling tot de uitkomsten van Claydon et al. (2013), waarbij in een RCT met placebogroep geen significante pijnreductie is aangetoond. Claydon et al. merken hierbij op dat deze uitkomsten wellicht zijn vertekend omdat zij zich niet aan geadviseerde pulstijd van 300 μ s hebben gehouden (Han et al. 1991). In een pilotstudie onderzochten Meijers, Groenewoud & Vegt. (2015) het effect van alternerende-TENS bij patiënten met lumbosacrale radiculaire pijn (LRP), volgens de uit de literatuur blijkende optimale instellingen (Johnson, 2014a). Uit deze pilotstudie bleek na zes weken een statische significante pijnreductie voor de TENS-groep van drie punten op de NRS. Dit geldt zowel voor de lumbale pijn ($p=,008$) als voor de radiculaire pijn ($p=,004$). TENS werd in deze pilotstudie vergeleken met een transforaminale epidurale injectie (wortelblokkade). Hieruit zou afgeleid kunnen worden dat TENS-therapie minstens zo effectief is bij subacute LRP als een wortelblokkade. Een grootschaliger, gerandomiseerd vervolgonderzoek is nodig om dit resultaat te staven.

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 alternerende-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). Echter wanneer je dieper gelegen structuren wil stimuleren, lijkt een grotere afstand effectiever. Bij een kleine afstand tussen de elektroden gaat de stroom onderhuids direct van de ene naar de andere elektrode. Naarmate de afstand groter wordt, zoekt de stroom een weg naar de minste weerstand, die ligt vaak dieper dan het onderhuidse (Vieira, Potenza, Gastaldi, & Botter, 2016). Daarom wordt door de werkgroep een afstand van minimaal 5 cm geadviseerd. Eerder werd al gesproken over elektroden binnen het dermatoom of op het myotoom te plaatsen. Andere mogelijkheden om de elektroden te plaatsen zijn osteotomaal en visceraal. In deze werkinstructie wordt hier verder niet op ingegaan, er wordt hiervoor verwezen naar de geaccrediteerde TENS-cursus (voor gevorderden). Een bijzonder elektrodeplaatsing is de contralaterale wanneer ipsilaterale applicatie niet mogelijk is.

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. De elektrodeplaatsing voor de stimulatie van endorfines en enkefalines is minder cruciaal. Echter de elektroden dienen wel zo ver uit elkaar worden geplaatst dat de spiercontractie het sterkst visueel wordt waargenomen. De voorkeur geniet om kleine elektroden te gebruiken. Echter, het gebruik van grote elektroden is bij LF-TENS niet verkeerd, mits de afstand tussen de elektroden groot genoeg is.
- **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.
- **Jeuk onder de elektroden:** dit kan een teken zijn dat de elektroden vervangen moet worden (Johnson, 2014a).

7.5 Intensiteit (mitis) 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. Bij HF dienen overigens nooit spiercontracties op te treden, omdat dat tot meer pijn kan leiden.

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, 2014a). Langer en vaker LF stimuleren geeft echter in de praktijk zelden problemen, hooguit wanneer betrokken spieren minder trofisch zijn.

Alternerende-TENS 30-60 minuten per dag

Buchmuller et al. (2012) paste vier sessies per dag toe van 60 minuten in een prospectief, gerandomiseerd, multicenter, singel-blind studie naar radriculaire 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. (1999) adviseert 30 minuten per sessie, met interval van twee uur. Er werd hierbij geen significante pijnreductie aangetoond, echter lijkt pijnreductie wel aannemelijk gezien de significante opioïde-besparing. Hierbij is wel op te merken dat de TENS-therapie postoperatief werd toegepast.

Behandelschema in relatie tot de voorkeur van de patiënt

Naast de duur van een behandeling, is ook het behandelingsschema van invloed op de compliance en hiermee het effect en de kwaliteit van de TENS. De sociale status van de patiënt dient daarom te worden meegewogen in het behandelingsschema, Dat wil zeggen dat er rekening dient te worden gehouden met de agenda van de patiënt, maar ook met de wensen en de verwachting. Bijvoorbeeld als de patiënt tevreden is met de mate van pijnstilling bij 2x daags 30 minuten TENS, is dat prima, terwijl 4x daags 60 minuten misschien wel een beter resultaat oplevert.

7.6 Waarschuwingen en voorzorgsmaatregelen

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

Absolute contra-indicaties

- Implanterbare Cardioverte Defibrillator (ICD)

Relatieve contra-indicaties (in overleg met medisch specialist)

- Neurostimulator
- Pacemakers, hartritmestoornissen
- Huidaandoeningen (jeuk kan teken zijn dat elektroden vervangen moeten worden)
- 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 bifasische impulsen)
- Verminderd bewustzijn, dementie, cognitieve beperkingen en/of niet zelfstandig in ADL in combinatie met onvoldoende hulp van derden.

7.6.1 TENS in relatie tot oncologische aandoeningen

- Het is bekend dat elektrische stroom: DNA-synthese, celgroei, cel-replicatie in vitro en de vorming van nieuwe bloedvaten in kankerweefsel stimuleert (Johnson, 2014a).
- Gelijkstroom lijkt echter tumorgroei te verminderen door te interfereren met de mitotische spoel tijdens de celdeling (Schaefer, et al., 2008).
- Tot op heden zijn er geen studies beschikbaar die de effecten van TENS op tumorgroei hebben onderzocht (Johnson, 2014a). Er zijn geen rapporten bekend dat TENS schadelijke effecten geeft bij oncologische patiënten (Johnson, 2014a).
- Klinisch bewijs suggereert dat TENS pijnreductie en een beter kwaliteit van leven geeft (Hurlow et al, 2012).
- Algemene consensus: TENS alleen toepassen bij vergevorderd stadium van kanker (palliatieve setting), hierbij wegen de voordelen op tegen het mogelijke risico (Johnson, 2014a).

7.6.2 TENS in relatie tot angina pectoris

- Eerder toonde small sample onderzoeken aan dat TENS bijdraagt aan klachtenreductie als gevolg van angina pectoris, meest recente review: (Moore & Chester, 2001).
- Het National Institute for Health and Clinical Excellence (NICE), is van mening dat er momenteel geen up-to-date systematic review, met kwalitatieve bewijsvoering, beschikbaar is.
- NICE adviseert geen TENS bij patiënten met stabiele angina pectoris.

7.6.3 TENS in relatie tot zwangerschap (Johnson, 2014a)

- TENS tijdens de zwangerschap moet in principe met de behandelend arts en/of verloskundige worden afgestemd, rekening houdend met het nut en de risico's van TENS.
- Bij zwangeren, die eerder een mis- of vroeggeboorte hebben gehad, moet helemaal geen TENS worden toegepast.
- Ook bij zwangeren, die vroege weeën hebben (gehad), geen TENS toepassen.
- Gedurende de eerste 3 maanden van de zwangerschap zou TENS niet toegepast moeten worden, of pas na serieuze risicoanalyse.
- Elektrodeplaatsing in de buurt van de baarmoeder wordt sterk af te raden!
- Vanaf de 4e maand zwangerschap mag TENS niet toegepast worden in de buik-, bekken- en lage-rug-regio. Dit betreft alle elektrodeplaatsingen.
- Tijdens de bevalling is TENS wel toegestaan.

7.7 Mogelijke complicaties

- Hartritmestoornissen
- Allergische reactie op de elektroden zoals roodheid en/of blaarvorming van de huid
- Tolerantie
Herhaalde toepassing van hoogfrequente en laagfrequente TENS leidt tot analgetische tolerantie op de vierde en vijfde dag van de behandeling (Liebano, Rakel, Vance, Walsh & Sluka, 2011). Optreden van tolerantie kan wellicht worden opgelost door de intensiteit per dag met 10% te verhogen, gedurende vijf dagen (Sato, Sanada, Rakel, & Sluka, 2012). Het inlassen van een pauze (HF-TENS) lijkt het optreden van intolerantie te verminderen (Buonocorre et al., 2013; Johnson, 2014a). 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 alternerende-TENS of de ene dag HF en de andere dag LF toe te passen (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, kappa receptoren).
- Het TENS-apparaat leidt mogelijk tot verstoring van elektrische apparaten.
- Toename van pijn, mogelijk veroorzaakt door spierpijn als gevolg van spiercontracties die optreden. Bij HF-TENS mogen in geen geval spiercontracties optreden.

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:
 - na twee weken telefonisch (instructie begrepen?)
 - na zes weken poliklinisch (compliance en resultaat)
 - na drie maanden telefonisch (lange termijn controle)
- Indien nodig worden er, tijdens de controle-afpraak, aanpassingen doorgevoerd in de grootte of de plaatsing van de elektroden of het gekozen TENS-programma.
- 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 pijnpieken optreden (De Wit, 2001). Dit wordt niet geadviseerd als patiënt juist probeert niet de hele dag met de pijn bezig te zijn (coping).

7.9 Benodigdheden

- Aanvraagformulier
- TENS-apparaat en elektroden
- Dermatomenkaart, myotomen kaart, osteotomenkaart en viscerotomenkaart 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 soort elektroden.
- Handtekening patiënt en aanvrager.
- Aanvraagformulier per fax/mail naar leverancier zenden (vergoeding met verzekering).
- Aanvraagformulier archiveren.

Bibliografie

- Allen, K., Oddone, E., Coffman, C., Datta, S., Juntilla, K., Lindquist, J., . . . Bosworth, H. (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.
- Barbarisi, M., Pace, M., Passavanti, M., Maisto, M., Mazzariello, L., Pota, V., & Aurilio, C. (2010). Pregabalin and transcutaneous electrical nerve stimulation for postherpetic neuralgia treatment. *Clinical Journal of Pain*, (7), 567-72. doi: 10.1097/AJP.0b013e3181dda1ac.
- Bekkering, G., Bala, M., Reid, K., Kellen, E., Harker, J., Riemsma, R., . . . Kleijnen, J. (2011). Epidemiology of chronic pain and its treatment in The Netherlands. *The Netherlands Journal of Medicine*, 69(3), 141-53.
- 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.
- Breivik, H., Collett, B., Ventafridda, V., Cohen, R., & Gallacher, D. (2006). Survey of chronic pain in Europe: prevalence, impact on daily life, and treatment. *European Journal of Pain*, 4, 287-333. Epub 2005 Aug 10.
- Buchmuller, A., Navez, M., Millette-Bernardin, M., Pouplin, S., Presles, E., Lantéri-Minet, M., . . . Group., L. T. (2012). Value of TENS 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.
- 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 temperature in healthy subjects. *Clinical Physiology*, 20, 150-157.
- De Wit, R. (2001). *De verpleegkundige en pijnbestrijding*. Houten: Bohn Stafleu van Loghum.
- DeSantana, 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.
- DeSantana, J., Santana-Filhos, V., & Sluka, K. (2008). Modulation between high- and low-frequency transcutaneous electrical nerve stimulation delays the development of analgesic tolerance in arthritic rats. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 89, 754–60.
- Dutch Pain Society. (2011). *Regiedraad kwaliteit van zorg*. Opgeroepen op november 2014 2015, van Dutch Pain Society: <http://www.dutchpainsociety.nl/index.php?page=home>
- 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.
- Fukazawa, Y., Maeda, T., Hamabe, W., Kumamoto, K., Gao, Y., Yamamoto, C., . . . Kishioka, S. (2005). Activation of spinal anti-analgesic system following electroacupuncture stimulation in rats. *Journal of Pharmaceutical Sciences*, 99(4), 408-14. Epub 2005 Dec 7.
- 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., & Robinson, M. (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. (1999). 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. (2003). Acupuncture: neuropeptide release produced by electrical stimulation of different frequencies. *Trends in Neuroscience*, 26(1), 17-22.
- 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.
- Hurlow, A., Bennett, M., Robb, K., Johnson, M., Simsons, K., & Oxberry, S. (2012). Transcutaneous electric nerve stimulation (TENS) for cancer pain in adults. *Cochrane Database Systematic Reviews*, 3, CD006276.
- Huygen, F., Boerman, D., van Everdingen, J., Gardebroek, R., Giesberts, M., Koes, B., . . . Vissers, K. (2011). *Chronische pijn*. Den Haag: Regieraad Kwaliteit van Zorg.
- 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.
- Köke, A., Smeets, R., Perez, R., Kessels, A., Winkens, B., van Kleef, M., & Patijn, J. (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].
- 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.
- 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.
- 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.
- Liebano, R., Rakel, B., Vance, C., Walsh, D., & Sluka, K. (2011). An investigation of the development of analgesic tolerance to transcutaneous electrical nerve stimulation (TENS) in humans. *Pain*, 152, 335–342.
- Louw, A. D., Butler, D., & Puenteadura, E. (2011). The effect of neuroscience education on pain, disability, anxiety, and stress in chronic musculoskeletal pain. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, (12), 2041-2056. doi: 10.1016/j.apmr.2011.
- Ma, Y., & Sluka, K. (2001). Reduction in inflammation-induced sensitization of dorsal nerve stimulation in anesthetized rats. *Experimental Brain Research*, 137, 94–102.
- Maeda, Y., Lisi, T., Vance, C., & Sluka, K. (2007). Release of GABA and activation of GABA receptors in the spinal cord mediates the effects of TENS in rats. *Brain Research*, 1136, 43–50.
- 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.
- Meijers, K., Groenewoud, H., & Vegt, E. (2015). Doelmatigheid van TENS-therapie bij subacute lumbosacrale radiculare pijn in vergelijking met een transforaminale epidurale injectie. *Nederlands Tijdschrift Pijn bestrijding* 34, (64), 18-25.
- 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., Laurino, M., Gallego, N., Cabral, C., Rakel, B., Vance, C., . . . Walsh, D. L. (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.
- Radhakrishnan, R., & Sluka, K. (2003). Spinal muscarinic receptors are activated during low or high frequency TENS-induced antihyperalgesia in rats. *Neuropharm*, 45, 1111–1119.
- Radhakrishnan, R., King, E., & Dickman, J. e. (2003). Blockade of spinal 5-HT receptor subtypes prevents low, but not high, frequency TENS-induced antihyperalgesia in rats. *Pain*, 105, 205–2.
- Roland, M., & Fairbank, J. (2000). The Roland-Morris Disability Questionnaire and the Oswestry Disability Questionnaire. *Spine*, 25(24), 3115-3124.
- Sabino, G., Santos, C., Francischi, J., & De Resende, M. (2008). Release of endogenous opioids following transcutaneous electric nerve stimulation in an experimental model of acute inflammatory pain. *Journal of Pain*, 9, 157–163.
- 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.
- Schaefer, N., Schafer, H., Maintz, D., Wagner, M., Overhaus, M., Hoelscher, A., & Turler, A. (2008). Efficacy of direct electrical current therapy and laser-induced interstitial thermotherapy in local treatment of hepatic colorectal metastases: an experimental model in the rat. *The Journal of Surgical Research*, 146, 230-240.
- Shibata, N., Matsunaga, T., Kudo, D., Sasaki, K., Mizutani, T., Sato, M., . . . Shimada, Y. (2016). Postcontraction hyperemia after electrical stimulation: potential utility in rehabilitation of patients with upper extremity paralysis. *Biomedical Research*, 37(1), 73-6. doi: 10.2220/biomedres.37.73.
- 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.

- Sluka, K., Deacon, M., Stibal, A., Strissel, S., & Terpstra, A. (1999). Spinal blockade of opioid receptors prevents the analgesia produced by TENS in arthritic rats. *The Journal of Pharmacology and Experimental Therapeutics.*, 289(2), 840-6.
- Sluka, K., Lisi, T., & Westlund, K. (2006). Increased release of serotonin in the spinal cord during low, but not high, frequency TENS in rats with joint inflammation. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 87, 1137–1140.
- Sluka, K., Vance, C., & Lisi, T. (2005). High-frequency, but not low-frequency, transcutaneous electrical nerve stimulation reduces aspartate and glutamate release in the spinal cord dorsal horn. *Journal of Neurochemistry*, 95, 1794–1801.
- 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.
- Stepanović, A., Kolšek, M., Kersnik, J., & Erčulj, V. (2015). Prevention of post-herpetic neuralgia using transcutaneous electrical nerve stimulation. *Wiener Klinische Wochenschrift*, 127(9-10), 369-74. doi: 10.1007/s00508-014-0669-3. Epub 2014 Dec 4.
- 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.
- Tulgar, M., McGlone, F., Bowsher, D., & Miles, J. (1991). Comparative effectiveness of different stimulation modes in relieving pain. Part II. A double-blind controlled long-term clinical trial. *Pain*, 47, 157-162.
- Vance, C., Dailey, D., Rakel, B., & Sluka, K. (2014). Using TENS for pain control: the state of the evidence. *Pain Management*, 4(3), 197-209. doi: 10.2217/pmt.14.13.
- 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.
- Vieira, T., Potenza, P., Gastaldi, L., & Botter, A. (2016). Electrode position markedly affects knee torque in tetanic, stimulated contractions. *Eur J Appl Physiol.*, 116(2), 335-42. doi: 10.1007/s00421-015-3289-3. Epub 2015 Nov 2.
- 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.