

Programación y aplicación de la técnica TENS: Guía de práctica clínica basada en la evidencia

Amer-Cuenca JJ,

Departamento de Fisioterapia. Facultad de Ciencias de la Salud. Universidad CEU-Cardenal Herrera (Valencia, España)

Autor para correspondencia:

Juan José Amer Cuenca. Departamento de Fisioterapia. Facultad de Ciencias de la Salud. Universidad CEU-Cardenal Herrera. Ed. Seminario s/n, 46113 Moncada-Valencia. Teléfono: 96 136 90 00 (Ext. 1369). Fax: 96 139 52 72. Correo electrónico: juanjoamer@uch.ceu.es

El autor declara la no existencia de conflicto de intereses.

Resumen

Objetivo: Determinar cuál de las múltiples posibilidades de programación y aplicación del TENS está más respaldada por la evidencia, de forma que pueda servir de guía en la práctica clínica.

Estrategia de búsqueda: Identificación de estudios a través de diferentes bases de datos.

Selección de estudios y datos: Se incluyeron aquellos estudios sobre las variables de programación y aplicación del TENS, publicados en revistas o congresos científicos.

Síntesis de resultados: Se localizaron 94 referencias. En general existe consenso respecto a la importancia de la correcta elección de los parámetros de programación del TENS y de la colocación de electrodos.

Conclusiones: La aplicación recomendada de TENS derivada de la literatura hasta el momento sería: forma de impulso bifásica compensada simétrica, duración del impulso mayor a 250 μ s, alta frecuencia modulada, electrodos grandes situados directamente o sobre los dermatomas correspondientes al dolor, intensidad máxima, sin producir dolor.

Palabras clave:

Estimulación Nerviosa Eléctrica Transcutánea, TENS, Revisión.

Programming and application of TENS technique: clinical practice guideline based on evidence

Abstract

Objective: To determine which of the many possibilities for programming and application of TENS is more supported by evidence, so that may help as a clinical practice guide.

Search strategy: Identification of studies through different databases

Selection of studies and data: Programming and application studies of TENS were included, published in journals and scientific conferences

Synthesis of the results: We found 94 references. Overall there is consensus on the importance of correct selection of programming parameters and electrode placement of TENS.

Conclusions: From the analysis of the studies the application of TENS would be: a balanced symmetrical biphasic pulse, pulse length greater than 250 μ s, modulated high frequency, and large electrodes, placed directly on the pain or over the dermatomes corresponding to the area of pain, maximum intensity without pain

Keywords:

Transcutaneous Electrical Nerve Stimulation, TENS, Review

Introducción

La Estimulación Nerviosa Eléctrica Transcutánea, conocida por el acrónimo TENS, del inglés *Transcutaneous Electrical Nerve Stimulation*, consiste en la aplicación, mediante electrodos de superficie, de corriente eléctrica pulsada con finalidad analgésica ¹. El uso actual del TENS en el ámbito clínico de la fisioterapia está muy ampliamente extendido. Se puede afirmar que, junto con las interferenciales, es la técnica de estimulación eléctrica más empleada como alternativa a los tratamientos analgésicos tradicionales, tales como los farmacológicos o quirúrgicos ². Su popularidad se basa, entre otros aspectos, en que se trata de una técnica no invasiva, fácil de administrar, tiene pocos efectos secundarios e interacciones con otros fármacos, no puede producir sobredosis, además de ser una técnica muy económica, y susceptible de ser utilizada para tratamiento domiciliario tras un periodo de entrenamiento del propio paciente ³.

Desde los años 70 numerosos estudios de investigación impulsaron el uso terapéutico del TENS como analgésico en muy diversos ámbitos clínicos, con resultados positivos ⁴⁻⁷. Sin embargo, durante los años 80, con la realización de ensayos clínicos controlados, los resultados obtenidos fueron dispares; con algunos apuntando a que el TENS era un método analgésico efectivo ⁸⁻¹⁰ y otros concluyendo todo lo contrario ¹¹⁻¹⁴. Durante los años 90 se continuaron realizando numerosas revisiones sistemáticas de los estudios realizados. Las conclusiones de estas revisiones pusieron en tela de juicio la efectividad clínica de la aplicación de TENS ¹⁵⁻¹⁷ y, por ello, su uso pudo verse desacreditado. Coincidiendo con iniciativas como la Colaboración Cochrane ha habido un avance en la metodología, tanto para localizar estudios relevantes sobre cualquier tema, como para desgranarlos

críticamente y combinarlos estadísticamente. De este modo, se ha podido comprobar que las conclusiones a las que llegaban muchas de las revisiones sistemáticas de los años 90 estaban sesgadas al no excluir en sus análisis aquellos estudios en los que se utilizaron formas de aplicación, intensidades y programaciones mal diseñadas ¹⁸. En muchos estudios no se estandarizaban los parámetros de los impulsos (duración y frecuencia), las intensidades aplicadas eran a veces demasiado bajas y las colocaciones de electrodos inapropiadas, sesgando los resultados, y así contribuyendo negativamente al reconocimiento de la técnica TENS ^{3, 18-20, 20-29, 29-34}. Por otra parte, pocos de los estudios incluidos en estas revisiones comparaban los resultados con un grupo placebo y/o control, y no se tenía en cuenta el cegado en el diseño del estudio. Por todo ello, no es de extrañar que en la práctica clínica esté ampliamente difundida la idea de que los diferentes parámetros de programación del TENS deben ajustarse en razón del confort que la estimulación pueda producir en el paciente, por encima de las posibles consideraciones fisiológicas respecto a las diferentes posibilidades de programación ^{29, 35, 36}.

Estableciendo una analogía para señalar la importancia de la adecuada selección de parámetros, las características del impulso eléctrico (forma, duración, frecuencia) serían el elemento activo de la terapia por TENS, de igual modo que los componentes químicos son el elemento activo de un fármaco ³. Además de la adecuada selección de los parámetros, es fundamental la correcta dosificación y aplicación de los mismos (intensidad, tamaño y colocación de los electrodos, así como el modo de estimulación) ^{19, 24, 37}. De la correcta combinación de todos estos elementos dependerá la efectividad del tratamiento mediante el TENS ³⁸.

Objetivos

A través de una revisión de la literatura científica publicada, determinar cuál de las múltiples posibilidades de programación y aplicación de la técnica TENS es más efectiva, de modo que pueda servir de guía de aplicación para el fisioterapeuta en la práctica clínica.

Estrategia de búsqueda

A nivel metodológico, para la revisión bibliográfica, se siguieron los siguientes pasos:

Criterios de inclusión y exclusión. Se incluyeron todos aquellos estudios que trataban sobre la utilización de la técnica TENS y sus variables de programación y aplicación, publicados en revistas o congresos científicos. Se incluyeron en la revisión trabajos experimentales, observacionales o experiencias clínicas. Fueron excluidos, por no ser ni fisiológicamente ni metodológicamente comparables, los estudios centrados en otras técnicas de electroterapia (iontoforesis, interferenciales...).

Estrategia de búsqueda y extracción de datos. Los estudios relevantes fueron identificados a través de una búsqueda en las bases de datos Academic Search Complete, Biomedical Reference Collection, Fuente Académica Premier, MedicLatina, Medline, Cinahl, Nursing & Allied Health Collection, ISI Web of Knowledge, Embase y SportDiscus, desde la primera fecha disponible hasta enero de 2010. La estrategia de búsqueda usada para todas las bases de datos fue TENS y TRANSCUTANEOUS ELECTRIC NERVE STIMULATION combinadas mediante conectores AND y OR con cada uno de los siguientes términos: WAVEFORM,

PULSE DURATION, PULSE WIDTH, FREQUENCY, ELECTRODE*, INTENSITY, CURRENT AMPLITUDE. No se impuso ninguna restricción en el lenguaje, siendo por ello que los trabajos no escritos en español o inglés también fueron incluidos. Todos los trabajos seleccionados por medio de esta estrategia de búsqueda fueron analizados, validando la elegibilidad de los estudios seleccionados. De los diferentes estudios experimentales incluidos se extrajeron de forma independiente los principales datos (sujetos, intervención, resultados) usando formatos de extracción de datos estandarizadas.

Resultados

Tras la revisión de la literatura científica se localizaron finalmente 94 referencias que cumplieron con los criterios de inclusión. En general existe consenso respecto a la importancia de la correcta elección de los parámetros de programación del TENS y de la colocación de electrodos. En este sentido, se han analizado numerosos estudios en los que se afirmaba que la aplicación de TENS no era efectiva en una determinada indicación, y posteriormente, tras subsanar errores metodológicos, otros autores con un diseño de la técnica de aplicación adecuado han constatado la efectividad del TENS en esas mismas indicaciones (Tabla 1). Respecto al papel de las distintas variables de aplicación de la técnica TENS, se constata que ha sido en la última década cuando en este campo se ha venido desarrollando un mayor esfuerzo investigador. De todos los parámetros, han sido la intensidad y el tamaño y colocación de los electrodos los que han sido estudiados por un mayor número de autores (Tabla 2). A continuación se exponen los resultados de las variables fundamentales de aplicación del TENS:

Forma del impulso

La forma del impulso influye en la transmisión del impulso eléctrico en el cuerpo, en el efecto fisiológico que se produce y en el confort percibido por los pacientes ^{26, 39, 40}. La forma de impulso que básicamente se asocia a terapia TENS es la bifásica (también conocida como bidireccional o alterna), pulsada (impulsos seguidos de una pausa), tanto simétrica como asimétrica, y normalmente compensada. De este modo el impulso tendrá un potencial de carga neto igual a cero entre la fase positiva y negativa; no produciéndose así acúmulo de cargas debajo de cada electrodo ³⁹. En el caso de utilizarse impulsos monofásicos, al no estar compensados, se produciría un acúmulo neto de cargas eléctricas debajo de cada electrodo, que podría conducir, si la aplicación se prolonga el tiempo necesario, a irritaciones e incluso quemaduras de la piel debajo del electrodo ⁴¹. Por este motivo, es más apropiado el uso de impulsos compensados durante la aplicación clínica del TENS, ya que los tratamientos analgésicos suelen ser prolongados, muchas veces superando una hora de aplicación y/o con más de una aplicación al día, a veces durante muchos días consecutivamente ⁴².

Además de compensado o no, un impulso bifásico puede ser simétrico o asimétrico; dependiendo de si la forma del impulso en su fase positiva es igual a la de su fase negativa (simétrico) o de si es distinta (asimétrico). En este caso, la elección de una opción u otra no afecta a la efectividad del tratamiento ³⁹. No obstante, la forma del impulso sí condiciona el confort percibido por el paciente; siendo la forma simétrica la que se ha referenciado como más confortable para los pacientes ^{39, 43}.

Duración del impulso

La duración de los impulsos, también conocida como anchura de impulso, es la principal característica que diferencia al TENS del resto de las formas de electroterapia clásicas (diadinámicas, exponenciales, Trabert, LeDuc...). Mientras que en estas modalidades clásicas los impulsos tienen duraciones mayores a 1 milisegundo, en la técnica TENS las duraciones son mucho más cortas, midiéndose en microsegundos (μs). El hecho de que los impulsos TENS sean tan breves hace que sean más agradables para el paciente, comparados con los impulsos de la electroterapia clásica. Así, el confort, es una de las características que explica la gran aceptación de la técnica por parte de los pacientes ¹.

La duración de impulso en TENS puede ajustarse libremente, situándose habitualmente entre 50 y 1000 μs ⁴⁴. Los efectos fisiológicos producidos por el TENS dependerán, en parte, de una adecuada selección de la duración del impulso ²⁶. En general, parece haber un consenso en que al aumentar la duración del impulso más allá de los 250 μs se consiguen los mayores efectos analgésicos al producirse una mayor inhibición de la actividad neuronal del asta posterior medular ⁴⁵⁻⁴⁷.

Frecuencia

Las frecuencias mayoritariamente empleadas en TENS varían entre 1 y 200/250 Hz ^{41, 44, 48}. La evidencia proveniente de los estudios, tanto en modelos con animales como con sujetos sanos, nos indica que según la frecuencia elegida se activarán diferentes mecanismos analgésicos periféricos y/o centrales ^{47, 49-52}. Según la literatura publicada sobre el tema, en la elección de la frecuencia básicamente se presentan dos posibilidades: baja frecuencia (menor de 10Hz) y alta frecuencia

(mayor de 50Hz), con efectos fisiológicos y terapéuticos distintos. Los resultados de los estudios publicados señalan la mayor efectividad clínica de los tratamientos TENS con frecuencias altas respecto a las frecuencias más bajas ^{46, 47, 49-54}.

Electrodos y colocación

La elección del tipo de electrodos a emplear, su tamaño y, fundamentalmente, su colocación sobre el paciente, son otro de los elementos a tener en cuenta para una correcta realización de la terapia TENS. Estos aspectos no han sido siempre tenidos en consideración, pudiendo así haber contribuido negativamente en los resultados de muchos de los estudios realizados sobre TENS ^{19-21, 55}.

En un estudio para determinar si la efectividad del TENS podía verse modificada por la elección del tipo de electrodos ⁵⁵ se analizaron 25 tipos diferentes de electrodos, de entre los disponibles comercialmente, para determinar su grado de conductividad. Los resultados no fueron concluyentes respecto a la naturaleza de los electrodos (clásicos de goma o adhesivos), pero sí en cuanto al tamaño, siendo que los electrodos que mayor resistencia al paso de la corriente ofrecían eran los de menor tamaño ⁵⁵. Así, a mayor tamaño de los electrodos, mayor área en la que distribuirse la corriente y, por tanto, menor densidad, produciéndose menos molestias y unos efectos más uniformes ¹⁹. Respecto al material de contacto entre la piel y el electrodo, en un estudio reciente se concluía que tanto los geles hipoalergénicos de contacto, el agua potable y las soluciones salinas, estaban indicados para la práctica clínica con estimulación eléctrica, ya que mantenían una baja resistencia al paso de la corriente durante el tratamiento; sin embargo, el uso de agua destilada o desionizada no se recomendaba debido a la elevada resistencia que ofrecía al paso de la corriente eléctrica ⁵⁶.

Respecto a la colocación de los electrodos sobre el paciente, en un estudio de 1981 Rao et al investigaron esta cuestión, valorando la colocación de los electrodos en 114 pacientes y no hallaron una clara correlación entre la colocación y la analgesia conseguida ⁵⁷. Esto explica que, a nivel clínico, se realice una aplicación basada en prueba-error a la hora de determinar la colocación de electrodos más efectiva en cada caso ^{1, 41, 44, 48}. Sin embargo, algunos autores han sugerido que una colocación incorrecta de los electrodos puede determinar los resultados negativos que se han obtenido en muchos de los estudios y revisiones ^{58, 59}. De la literatura analizada se desprende que la opción de colocación de los electrodos que mayor evidencia aporta, al ser comparada con las otras, es la que los sitúa sobre la zona del dolor, o alrededor de la misma ^{41, 44, 48}. No obstante, también se han referido resultados positivos al aplicar el TENS en lugares alejados a la zona del dolor: sobre las raíces nerviosas a nivel medular, paravertebralmente ¹⁷; sobre zona contralateral a la afectada ⁶⁰; sobre el dermatoma compartido con la región dolorosa ^{1, 41}; sobre el miotoma correspondiente a la inervación de la zona a tratar ²⁰; sobre puntos de acupuntura ⁶¹⁻⁶⁵; o incluso transcranealmente ³.

De entre todas las posibilidades referidas, la que aporta mayor evidencia es la estimulación de los dermatomas correspondientes a la zona sintomática de los pacientes ^{21, 47, 66}.

Intensidad

Conocer los efectos de la variación de los niveles de intensidad en TENS es fundamental para que la aplicación de la dosis de estímulo eléctrico no esté basada en una elección empírica del fisioterapeuta ⁶⁷. A la hora de dosificar la intensidad, en la práctica, el fisioterapeuta se guía por la percepción del paciente, graduándose por

niveles de sensaciones producidas ³. Los niveles más habituales en la práctica clínica serían los de intensidad elevada e intensidad baja ^{1, 17, 44, 48, 67}. Sin embargo, se han publicado pocos trabajos que investiguen sistemáticamente los efectos de la aplicación de diferentes niveles de intensidad. La evidencia que se desprende de ellos indica que la intensidad puede ser un parámetro determinante a la hora de alcanzar efectos analgésicos óptimos, de forma que la aplicación de intensidades elevadas es más eficaz que las intensidades bajas, con independencia del resto de parámetros de aplicación del TENS ^{18, 23, 24}. Claydon, en un estudio en 2008, investigó el efecto analgésico de diferentes combinaciones de parámetros TENS sobre el umbral de dolor a la presión en 208 sujetos sanos. Los sujetos fueron distribuidos aleatoriamente en ocho grupos: seis con diferentes combinaciones de parámetros, un grupo placebo y un grupo control. La intensidad aplicada en los grupos que recibían TENS podía ser elevada o baja. El mayor efecto analgésico se asoció al uso de las intensidades elevadas, independientemente de la frecuencia empleada, confirmando la importancia fundamental del empleo de dosis elevadas para una correcta administración del TENS ³⁰. El hecho de que las intensidades mayores produzcan mayores efectos puede deberse, en el caso del TENS, a que para producir un óptimo efecto analgésico la aplicación de impulsos debe tener la suficiente intensidad como para alcanzar y activar las terminaciones nerviosas de los tejidos profundos, de forma que esas aferencias puedan estimular los mecanismos centrales inhibitorios del dolor, como pueda ser la médula rostral ventral ⁶⁸.

Una de las características primarias constatadas en las aplicaciones de TENS consiste en que, si se mantiene la intensidad de estimulación a un nivel constante durante un tiempo suficiente, se produce una disminución de la sensación producida

por el TENS en el paciente ⁵⁵. Estos cambios de percepción, denominados acomodación, podrían ser atribuidos al efecto que sobre los receptores cutáneos tiene una estimulación regular y repetitiva, que produciría un fenómeno de adaptación del sistema nervioso ante el citado estímulo ³⁵. Por tanto, para mantener estable el nivel de percepción, la intensidad debe ir incrementándose a lo largo de la aplicación ^{28, 30, 69, 70}. Estudios experimentales constatan la importancia de guiarse de la percepción subjetiva referida por el paciente, producida por el TENS, como elemento de control para ajustar la intensidad de la estimulación, de forma que se consiga mantener la percepción del paciente durante toda la aplicación ³⁰. De hecho, es conocido que muchos estudios clínicos sobre la efectividad del TENS, en su momento no tuvieron en cuenta el fenómeno de la acomodación, incurriendo así en la aplicación de intensidades de estimulación potencialmente inefectivas ^{30, 67, 69}. Una alternativa de programación del TENS que puede ayudar a minimizar el fenómeno de la acomodación es el de la modulación de la frecuencia ⁵¹. En la práctica clínica el TENS se aplica habitualmente con un patrón de impulsos constante (frecuencia fija) ⁴². No obstante, muchos equipos de TENS disponen de la posibilidad de programar la modulación de la frecuencia, o bien de frecuencia alternante. La frecuencia modulada consiste en establecer fluctuaciones de frecuencia, de hercio en hercio, entre dos parámetros preestablecidos en un intervalo de tiempo previamente determinado ^{41, 52}. La frecuencia alternante consiste en establecer dos frecuencias de estimulación que se van alternando, estando un tiempo determinado en cada una de ellas ^{41, 52}. Se considera que el hecho de aplicar un estímulo con frecuencia modulada o alternante reduce la acomodación que sufre el sistema nervioso ante impulsos monótonos, ya que con la variación de frecuencias el estímulo que el paciente está recibiendo varía continuamente ^{3, 51, 52}. Por otro lado, si los parámetros

sobre los que va a variar la frecuencia abarcan la franja correspondiente a la baja y a la alta frecuencia, se cree que se activarían simultáneamente los diferentes mecanismos fisiológicos correspondientes a ambas modalidades, produciendo un efecto sinérgico que aumentaría la analgesia.^{23, 71-74}.

Conclusiones

Tras la revisión de la literatura científica realizada se constata que para conseguir optimizar el efecto analgésico en las aplicaciones de TENS es fundamental la elección de los parámetros de programación y colocaciones de electrodos, que no deben ser escogidos de forma aleatoria o en base exclusivamente al confort del paciente. Así, para una aplicación correcta del TENS, y como recomendación a modo de guía clínica, se deberían tener en consideración los siguientes aspectos:

- Forma de impulso bifásica pulsada compensada simétrica; minimiza el riesgo de irritaciones e incluso quemaduras de la piel debajo del electrodo y es la más confortable para los pacientes.
- Duración del impulso mayor a 250 μ s, ya que produce una mayor inhibición de la actividad neuronal del asta posterior medular.
- Frecuencia alta (mayor a 80 Hz) ya que numerosos estudios avalan su mayor efectividad respecto a la frecuencia baja. La frecuencia se programaría modulada (Ej. 80-100 Hz) para ayudar a minimizar el fenómeno de la acomodación que el sistema nervioso sufre ante impulsos monótonos.

- Tamaño de los electrodos grande, ya que a mayor tamaño de los electrodos mayor área en la que distribuirse la corriente y, por tanto, menor densidad, produciéndose menos molestias y unos efectos más uniformes.

- Electrodo situado directamente sobre la zona de dolor o sobre los dermatomas correspondientes a la zona de dolor, ya que se relacionan con una mejor respuesta al tratamiento.

- La intensidad del estímulo eléctrico elevada al máximo, sin producir dolor, ya que el mayor efecto analgésico está asociado al uso de las intensidades elevadas, independientemente de la frecuencia empleada. La intensidad debería ser incrementada a lo largo de la aplicación para mantener el nivel de percepción del paciente.

Tablas

Tabla 1. Efectividad del TENS según la adecuación de la metodología empleada

Condición	Estudios con parámetros inadecuados en la técnica de aplicación		Estudios con técnica de aplicación adecuada	
	Autor (año)	Efecto analgésico	Autor (año)	Efecto analgésico
Dolor agudo	Hansson 1983 ⁷⁵ Roche 1985 ⁷⁶ Liu 1985 ⁷⁷ Limoges 2004 ⁷⁸	p = 0.18 p = 0.09 p = 0.1 p = 0.29	De Angelis 2003 ⁷⁹	p < 0.0004
Dolor crónico	Graff-Radford 1989 ⁸⁰ Langley 2004 ⁸¹ Moore 1997 ⁸² Taylor 1981 ⁸³	p > 0.05 p > 0.05 p > 0.05 p > 0.05	Defrin 2005 ⁸⁴ Sikiru 2008 ⁸⁵ Sang-Hun 2009 ⁶⁵	p < 0.001 p < 0.005 p < 0.005
Parto	Thomas 1988 ⁸⁶	p > 0.05	Chao 2007 ⁶²	p < 0.005
Colonoscopia	Wang 1997 ⁵⁴ Robinson 2001 ⁸⁷ Fanti 2003 ⁸⁸	p > 0.05 p > 0.05 p > 0.05	Amer-Cuenca 2010 ⁸⁹	p < 0.001
Dolor postquirúrgico	Forster 1994 ⁹⁰ McCallum 1988 ⁹¹ Conn 1986 ¹³ Cuschieri 1985 ⁹²	p > 0.05 p > 0.05 p > 0.05 p > 0.05	Unterrainer 2010 ⁹³ Platon 2010 ⁹⁴	p < 0.005 p < 0.001

Tabla 2. Artículos sobre el TENS según el parámetro estudiado

Parámetro	Época del estudio (Autor [año])	
	Anteriores al año 2000	2000-2009
Forma del impulso	Bowman 1985 ⁴³ , Johnson 1991 ⁴²	Hingne 2007 ³⁹ , Shimoji 2007 ²⁶ , Petrofsky 2008 ⁴⁰
Duración del impulso	Garrison 1994 ⁴⁵ , Walsh 1995 ⁴⁶	Johnson 2001 ⁴⁴ , Shimoji 2007 ²⁶ , Sluka 2003 ⁴⁷
Frecuencia	Mannheimer 1978 ⁵³ , Walsh 1995 ⁴⁶ , Walsh 1997 ⁴⁸ , Wang 1997 ⁵⁴	Johnson 2001 ⁴⁴ , Gopalkrishnan 2000 ⁴⁹ , Sluka 2003 ⁴⁷ , Law 2004 ⁵⁰ , Tong 2007 ⁵¹ , Chen 2009 ⁵²
Electrodos y colocación	Rao 1981 ⁵⁷ , Carabelli 1985 ⁶⁰ , Nolan 1991 ⁵⁵ , Walsh 1996 ⁵⁸ , Walsh 1997 ⁴⁸ , Johnson 1998 ¹⁷	White 2000 ⁶⁶ , Gadsby 2000 ⁶¹ , Johnson 2001 ³ , White 2001 ²¹ , Johnson 2001 ⁴⁴ , Sluka 2003 ⁴⁷ , Koke 2004 ⁵⁹ , Petrofsky 2006 ¹⁹ , Brown 2007 ²⁰ , Chao 2007 ⁶² , Nayak 2008 ⁶³ , Yan 2009 ⁶⁴ , Lee 2009 ⁶⁵ , Bofe 2009 ⁵⁶
Intensidad	Nolan 1991 ⁵⁵ , Johnson 1991 ³⁵ , Johnson 1991 ⁴² , Han 1991 ⁷¹ , Walsh 1997 ⁴⁸ , Johnson 1998 ¹⁷ , Hamza 1999 ⁷² , Ghoname 1999 ⁷³	Johnson 2001 ³ , Johnson 2001 ⁴⁴ , Chesterton 2002 ²³ , Rakel 2003 ⁷⁴ , Chesterton 2003 ²⁴ , Bjordal 2003 ¹⁸ , Radhakrishnan 2005 ⁶⁸ , Barlas 2006 ⁶⁷ , sandberg 2007 ⁶⁹ , Aarskog 2007 ²⁸ , Tong 2007 ⁵¹ , Miller 2008 ⁷⁰ , Claydon 2008 ³⁰ , Chen 2009 ⁵²

Bibliografía

1. Plaja J. Estimulación nerviosa eléctrica transcutánea. TENS. In: Analgesia por medios físicos. 1ª ed. Madrid: McGraw-Hill/Interamericana; 2003. .
2. Johnson MI, Tabasam G. A double blind placebo controlled investigation into the analgesic effects of inferential currents (IFC) and transcutaneous electrical nerve stimulation (TENS) on cold-induced pain in healthy subjects. *Physio Theor & Pract.* 1999;15(4):217-33.
3. Johnson MI. Transcutaneous electrical nerve stimulation (TENS) and TENS-like devices: Do they provide pain relief? *Pain Rev.* 2001;8(3):121-58.
4. Appenzeller O, Atkinson R. Transcutaneous nerve stimulation for the treatment of migraine and other head pain (author's transl). *MMW Munch Med Wochenschr.* 1975;117(49):1953-4.
5. Melzack R. Prolonged relief of pain by brief, intense transcutaneous somatic stimulation. *Pain.* 1975;1(4):357-73.
6. Augustinsson LE, Bohlin P, Bundsen P, Carlsson CA, Forssman L, Sjoberg P, et al. Pain relief during delivery by transcutaneous electrical nerve stimulation. *Pain.* 1977;4(1):59-65.
7. Long DM. Electrical stimulation for the control of pain. *Arch Surg.* 1977;112(7):884-8.

8. Abelson K, Langley GB, Sheppard H, Vlieg M, Wigley RD. Transcutaneous electrical nerve stimulation in rheumatoid arthritis. *N Z Med J.* 1983;96(727):156-8.
9. Bundsen P, Ericson K, Peterson LE, Thiringer K. Pain relief in labor by transcutaneous electrical nerve stimulation. testing of a modified stimulation technique and evaluation of the neurological and biochemical condition of the newborn infant. *Acta Obstet Gynecol Scand.* 1982;61(2):129-36.
10. Warfield CA, Stein JM, Frank HA. The effect of transcutaneous electrical nerve stimulation on pain after thoracotomy. *Ann Thorac Surg.* 1985;39(5):462-5.
11. Taylor P, Hallett M, Flaherty L. Treatment of osteoarthritis of the knee with transcutaneous electrical nerve stimulation. *Pain.* 1981;11(2):233-40.
12. Harrison RF, Woods T, Shore M, Mathews G, Unwin A. Pain relief in labour using transcutaneous electrical nerve stimulation (TENS). A TENS/TENS placebo controlled study in two parity groups. *Br J Obstet Gynaecol.* 1986;93(7):739-46.
13. Conn IG, Marshall AH, Yadav SN, Daly JC, Jaffer M. Transcutaneous electrical nerve stimulation following appendicectomy: The placebo effect. *Ann R Coll Surg Engl.* 1986;68(4):191-2.
14. Lehmann TR, Russell DW, Spratt KF, Colby H, Liu YK, Fairchild ML, et al. Efficacy of electroacupuncture and TENS in the rehabilitation of chronic low back pain patients. *Pain.* 1986;26(3):277-90.

15. Carroll D, Tramer M, McQuay H, Nye B, Moore A. Randomization is important in studies with pain outcomes: Systematic review of transcutaneous electrical nerve stimulation in acute postoperative pain. *Br J Anaesth.* 1996;77(6):798-803.
16. Reeve J, Menon D, Corabian P. Transcutaneous electrical nerve stimulation (TENS): A technology assessment. *Int J Technol Assess Health Care.* 1996;12(2):299-324.
17. Johnson MI. Does transcutaneous electrical nerve stimulation (TENS) work? *Clinical Effectiveness in Nursing.* 1998; 9;2(3):111-20.
18. Bjordal JM, Johnson MI, Ljunggreen AE. Transcutaneous electrical nerve stimulation (TENS) can reduce postoperative analgesic consumption. A meta-analysis with assessment of optimal treatment parameters for postoperative pain. *Eur J Pain.* 2003; 7(2):181-8.
19. Petrofsky J, Schwab E, Cúneo M, George J, Kim J, Almalty A, et al. Current distribution under electrodes in relation to stimulation current and skin blood flow: Are modern electrodes really providing the current distribution during stimulation we believe they are? *J Med Eng Technol.* 2006; 11;30(6):368-81.
20. Brown L, Tabasam G, Bjordal JM, Johnson MI. An investigation into the effect of electrode placement of transcutaneous electrical nerve stimulation (TENS) on experimentally induced ischemic pain in healthy human participants. *Clin J Pain.* 2007;23(9):735-43.

21. White PF, Ghoname EA, Ahmed HE, Hamza MA, Craig WF, et al. The effect of montage on the analgesic response to percutaneous neuromodulation therapy. *Anesth Analg*. 2001;92(2):483-7.
22. Wright A, Sluka KA. Nonpharmacological treatments for musculoskeletal pain. *Clin J Pain*. 2001;17(1):33-46.
23. Chesterton LS, Barlas P, Foster NE, Lundeberg T, Wright CC, Baxter GD. Sensory stimulation (TENS): Effects of parameter manipulation on mechanical pain thresholds in healthy human subjects. *Pain*. 2002;99(1-2):253-62.
24. Chesterton LS, Foster NE, Wright CC, Baxter GD, Barlas P. Effects of TENS frequency, intensity and stimulation site parameter manipulation on pressure pain thresholds in healthy human subjects. *Pain*. 2003;106(1-2):73-80.
25. Dean J, Bowsher D, Johnson MI. The effects of unilateral transcutaneous electrical nerve stimulation of the median nerve on bilateral somatosensory thresholds. *Clin Physiol Funct Imaging*. 2006;26(5):314-8.
26. Shimoji K, Takahashi N, Nishio Y, Koyanagi M, Aida S. Pain relief by transcutaneous electric nerve stimulation with bidirectional modulated sine waves in patients with chronic back pain: A randomized, double-blind, sham-controlled study. *Neuromodulation*. 2007;10(1):42-51.
27. Johnson M, Martinson M. Efficacy of electrical nerve stimulation for chronic musculoskeletal pain: A meta-analysis of randomized controlled trials. *Pain*. 2007;130(1-2):157-65.

28. Aarskog R, Johnson MI, Demmink JH, Lofthus A, Iversen V, Lopes-Martins R, Joensen J, et al. Is mechanical pain threshold after transcutaneous electrical nerve stimulation (TENS) increased locally and unilaterally? A randomized placebo-controlled trial in healthy subjects. *Physiother Res Int* .2007;12(4):251-63.
29. Chen CC, Tabasarn G, Johnson MI. Does the pulse frequency of transcutaneous electrical nerve stimulation (TENS) influence hypoalgesia? A systematic review of studies using experimental pain and healthy human participants. *Physiotherapy*. 2008;94(1):11-20.
30. Claydon LS, Chesterton LS, Barlas P, Sim J. Effects of simultaneous dual-site TENS stimulation on experimental pain. *Eur J Pain*. 2008;12(6):696-704.
31. Khadilkar A, Odebiyi DO, Brosseau L, Wells GA. Transcutaneous electrical nerve stimulation (TENS) versus placebo for chronic low-back pain. *Cochrane Database Syst Rev*. 2008;(4)(4):CD003008.
32. Fernandez-Del-Olmo M, Alvarez-Sauco M, Koch G, Franca M, Marquez G, Sanchez JA, et al. How repeatable are the physiological effects of TENS? *Clin Neurophysiol*. 2008;119(8):1834-9.
33. Walsh DM, Howe TE, Johnson MI, Sluka KA. Transcutaneous electrical nerve stimulation for acute pain. *Cochrane Database Syst Rev*. 2009;(2)(2):CD006142.
34. Bennett MI, Johnson MI, Brown SR, Radford H, Brown JM, et al. Feasibility study of transcutaneous electrical nerve stimulation (TENS) for cancer bone pain. *The Journal of Pain*;In Press, Corrected Proof.

35. Johnson MI, Ashton CH, Bousfield DR, Thompson JW. Analgesic effects of different pulse patterns of transcutaneous electrical nerve stimulation on cold-induced pain in normal subjects. *J Psychosom Res.* 1991;35(2-3):313-21.
36. King EW, Sluka KA. The effect of varying frequency and intensity of transcutaneous electrical nerve stimulation on secondary mechanical hyperalgesia in an animal model of inflammation. *The Journal of Pain.* 2001;2(2):128-33.
37. Somers DL, Clemente FR. 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. *Phys Ther.* 2006;86(5):698-709.
38. DeSantana JM, Walsh DM, Vance C, Rakel BA, Sluka KA. Effectiveness of transcutaneous electrical nerve stimulation for treatment of hyperalgesia and pain. *Curr Rheumatol Rep.* 2008;10(6):492-9.
39. Hingne PM, Sluka KA. Differences in waveform characteristics have no effect on the anti-hyperalgesia produced by transcutaneous electrical nerve stimulation (TENS) in rats with joint inflammation. *J Pain.* 2007;8(3):251-5.
40. Petrofsky JS, Suh HJ, Gunda S, Prowse M, Batt J. Interrelationships between body fat and skin blood flow and the current required for electrical stimulation of human muscle. *Med Eng Phys.* 2008;30(7):931-6.

41. Bélanger AY. Transcutaneous electrical nerve stimulation. In: Evidence-based guide to therapeutic physical agents. Baltimore, MD: Lippincott Williams & Wilkins; 2003.
42. Johnson MI, Ashton CH, Thompson JW. An in-depth study of long-term users of transcutaneous electrical nerve stimulation (TENS). implications for clinical use of TENS. *Pain*. 1991;44(3):221-9.
43. Bowman BR, Baker LL. Effects of waveform parameters on comfort during transcutaneous neuromuscular electrical stimulation. *Ann Biomed Eng*. 1985;13(1):59-74.
44. Johnson M. Transcutaneous electrical nerve stimulation (TENS). In: S. Kitchen, editor. *Electrotherapy: Evidence-based practice*. Edinburgh: Churchill Livingstone; 2001.
45. Garrison DW, Foreman RD. Decreased activity of spontaneous and noxiously evoked dorsal horn cells during transcutaneous electrical nerve stimulation (TENS). *Pain*. 1994;58(3):309-15.
46. Walsh DM, Foster NE, Baxter GD, Allen JM. Transcutaneous electrical nerve stimulation. relevance of stimulation parameters to neurophysiological and hypoalgesic effects. *Am J Phys Med Rehabil*. 1995;74(3):199-206.
47. Sluka KA, Walsh D. Transcutaneous electrical nerve stimulation: Basic science mechanisms and clinical effectiveness. *J Pain*. 2003;4(3):109-21.
48. Walsh D. *TENS. clinical applications and related theory*. New York: Churchill Livingstone; 1997.

49. Gopalkrishnan P, Sluka KA. Effect of varying frequency, intensity, and pulse duration of transcutaneous electrical nerve stimulation on primary hyperalgesia in inflamed rats. *Arch Phys Med Rehabil.* 2000;81(7):984-90.
50. Law PP, Cheing GL. Optimal stimulation frequency of transcutaneous electrical nerve stimulation on people with knee osteoarthritis. *J Rehabil Med.* 2004;36(5):220-5.
51. Tong KC, Lo SK, Cheing GL. 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.* 2007;88(10):1344-9.
52. Chen C, Johnson MI. An investigation into the effects of frequency-modulated transcutaneous electrical nerve stimulation (TENS) on experimentally-induced pressure pain in healthy human participants. *The Journal of Pain.* 2009;10(10):1029-37.
53. Mannheimer C, Lund S, Carlsson CA. The effect of transcutaneous electrical nerve stimulation (TNS) on joint pain in patients with rheumatoid arthritis. *Scand J Rheumatol.* 1978;7(1):13-6.
54. Wang B, Tang J, White PF, Naruse R, Sloninsky A, Kariger R, et al. Effect of the intensity of transcutaneous acupoint electrical stimulation on the postoperative analgesic requirement. *Anesth Analg.* 1997;85(2):406-13.
55. Nolan MF. Conductive differences in electrodes used with transcutaneous electrical nerve stimulation devices. *Phys Ther.* 1991;71(10):746-51.

56. Bolfe VJ, Guirro RR. Electrical resistance of gels and liquids used in electrotherapy for electrode-skin coupling. *Rev Bras Fisioter.* 2009;13(6):499-505.
57. Rao VR, Wolf SL, Gersh MR. Examination of electrode placements and stimulating parameters in treating chronic pain with conventional transcutaneous electrical nerve stimulation (TENS). *Pain.* 1981;11(1):37-47.
58. Walsh DM. Transcutaneous electrical nerve stimulation and acupuncture points. *Complementary Therapies in Medicine.* 1996;4(2):133-7.
59. Koke AJ, Schouten JS, Lamerichs-Geelen MJ, Lipsch JS, Waltje EM, van Kleef M, et al. Pain reducing effect of three types of transcutaneous electrical nerve stimulation in patients with chronic pain: A randomized crossover trial. *Pain.* 2004;108(1-2):36-42.
60. Carabelli RA, Kellerman WC. Phantom limb pain: Relief by application of TENS to contralateral extremity. *Arch Phys Med Rehabil.* 1985;66(7):466-7.
61. Gadsby JG, Flowerdew MW. Transcutaneous electrical nerve stimulation and acupuncture-like transcutaneous electrical nerve stimulation for chronic low back pain. *Cochrane Database Syst Rev.* 2000;(2)(2):CD000210.
62. Chao AS, Chao A, Wang TH, Chang YC, Peng HH, Chang SD, et al. Pain relief by applying transcutaneous electrical nerve stimulation (TENS) on acupuncture points during the first stage of labor: A randomized double-blind placebo-controlled trial. *Pain.* 2007;127(3):214-20.

63. Nayak S, Wenstone R, Jones A, Nolan J, Strong A, Carson J. Surface electrostimulation of acupuncture points for sedation of critically ill patients in the intensive care unit--a pilot study. *Acupunct Med.* 2008;26(1):1-7.
64. Yan T, Hui-Chan CW. Transcutaneous electrical stimulation on acupuncture points improves muscle function in subjects after acute stroke: A randomized controlled trial. *J Rehabil Med.* 2009;41(5):312-6.
65. Lee S, Lee B. Electroacupuncture relieves pain in men with chronic Prostatitis/Chronic pelvic pain syndrome: Three-arm randomized trial. *Urology.* 2009;73(5):1036-41.
66. White PF, Craig WF, Vakharia AS, Ghoname E, Ahmed HE, Hamza MA. Percutaneous neuromodulation therapy: Does the location of electrical stimulation effect the acute analgesic response? *Anesth Analg.* 2000;91(4):949-54.
67. Barlas P, Ting SL, Chesterton LS, Jones PW, Sim J. Effects of intensity of electroacupuncture upon experimental pain in healthy human volunteers: A randomized, double-blind, placebo-controlled study. *Pain.* 2006;122(1-2):81-9.
68. Radhakrishnan R, Sluka KA. Deep tissue afferents, but not cutaneous afferents, mediate transcutaneous electrical nerve Stimulation–Induced antihyperalgesia. *The Journal of Pain.* 2005;6(10):673-80.
69. Sandberg ML, Sandberg MK, Dahl J. Blood flow changes in the trapezius muscle and overlying skin following transcutaneous electrical nerve stimulation. *Phys Ther.* 2007;87(8):1047-55.

70. Miller MG, Cheatham CC, Holcomb WR, Ganschow R, Michael TJ, Rubley MD. Subcutaneous tissue thickness alters the effect of NMES. *J Sport Rehabil.* 2008;17(1):68-75.
71. Han JS, Chen XH, Sun SL, Xu XJ, Yuan Y, Yan SC, et al. Effect of low- and high-frequency TENS on met-enkephalin-arg-phe and dynorphin A immunoreactivity in human lumbar CSF. *Pain.* 1991;47(3):295-8.
72. Hamza MA, White PF, Ahmed HE, Ghoname EA. Effect of the frequency of transcutaneous electrical nerve stimulation on the postoperative opioid analgesic requirement and recovery profile. *Anesthesiology.* 1999;91(5):1232-8.
73. Ghoname ES, Craig WF, White PF, Ahmed HE, Hamza MA, Gajraj NM, et al. The effect of stimulus frequency on the analgesic response to percutaneous electrical nerve stimulation in patients with chronic low back pain. *Anesth Analg.* 1999;88(4):841-6.
74. Rakel B, Frantz R. Effectiveness of transcutaneous electrical nerve stimulation on postoperative pain with movement. *The Journal of Pain.* 2003;4(8):455-64.
75. Hansson P, Ekblom A. Transcutaneous electrical nerve stimulation (TENS) as compared to placebo TENS for the relief of acute oro-facial pain. *Pain.* 1983;15(2):157-65.
76. Roche PA, Gijsbers K, Belch JJ, Forbes CD. Modification of haemophilic haemorrhage pain by transcutaneous electrical nerve stimulation. *Pain.* 1985;21(1):43-8.

77. Liu YC, Liao WS, Lien IN. Effect of transcutaneous electrical nerve stimulation for post-thoracotomic pain. *Taiwan Yi Xue Hui Za Zhi*. 1985;84(7):801-9.
78. Limoges MF, Rickabaugh B. Evaluation of TENS during screening flexible sigmoidoscopy. *Gastroenterol Nurs*. 2004;27(2):61-8.
79. De Angelis C, Perrone G, Santoro G, Nofroni I, Zichella L. Suppression of pelvic pain during hysteroscopy with a transcutaneous electrical nerve stimulation device. *Fertil Steril*. 2003;79(6):1422-7.
80. Graff-Radford SB, Reeves JL, Baker RL, Chiu D. Effects of transcutaneous electrical nerve stimulation on myofascial pain and trigger point sensitivity. *Pain*. 1989;37(1):1-5.
81. Langley GB, Sheppard H, Johnson M, Wigley RD. The analgesic effects of transcutaneous electrical nerve stimulation and placebo in chronic pain patients. A double-blind non-crossover comparison. *Rheumatol Int*. 1984;4(3):119-23.
82. Moore SR, Shurman J. Combined neuromuscular electrical stimulation and transcutaneous electrical nerve stimulation for treatment of chronic back pain: A double-blind, repeated measures comparison. *Arch Phys Med Rehabil*. 1997;78(1):55-60.
83. Taylor P, Hallett M, Flaherty L. Treatment of osteoarthritis of the knee with transcutaneous electrical nerve stimulation. *Pain*. 1981;11(2):233-40.
84. Defrin R, Ariel E, Peretz C. Segmental noxious versus innocuous electrical stimulation for chronic pain relief and the effect of fading sensation during treatment. *Pain*. 2005;115(1-2):152-60.

85. Sikiru L, Shmaila H, Muhammed SA. Transcutaneous electrical nerve stimulation (TENS) in the symptomatic management of chronic prostatitis/chronic pelvic pain syndrome: A placebo-control randomized trial. *Int Braz J Urol.* 2008;34(6):708,13; discussion 714.
86. Thomas IL, Tyle V, Webster J, Neilson A. An evaluation of transcutaneous electrical nerve stimulation for pain relief in labour. *Aust N Z J Obstet Gynaecol.* 1988;28(3):182-9.
87. Robinson R, Darlow S, Wright SJ, Watters C, Carr I, Gadsby G, et al. Is transcutaneous electrical nerve stimulation an effective analgesia during colonoscopy? *Postgrad Med J.* 2001;77(909):445-6.
88. Fanti L, Gemma M, Passaretti S, Guslandi M, Testoni PA, Casati A, et al. Electroacupuncture analgesia for colonoscopy. a prospective, randomized, placebo-controlled study. *Am J Gastroenterol.* 2003;98(2):312-6.
89. Amer-Cuenca JJ, Goicoechea C, Girona-Lopez A, Andreu-Plaza JL, Palao-Roman R, Martinez-Santa G, et al. Pain relief by applying transcutaneous electrical nerve stimulation (TENS) during unsedated colonoscopy: A randomized double-blind placebo-controlled trial. *Eur J Pain.* 2010; 8.
90. Forster EL, Kramer JF, Lucy SD, Scudds RA, Novick RJ. Effect of TENS on pain, medications, and pulmonary function following coronary artery bypass graft surgery. *Chest.* 1994;106(5):1343-8.

91. McCallum MI, Glynn CJ, Moore RA, Lammer P, Phillips AM. Transcutaneous electrical nerve stimulation in the management of acute postoperative pain. *Br J Anaesth.* 1988;61(3):308-12.
92. Cuschieri RJ, Morran CG, McArdle CS. Transcutaneous electrical stimulation for postoperative pain. *Ann R Coll Surg Engl.* 1985;67(2):127-9.
93. Unterrainer AF, Friedrich C, Krenn MH, Piotrowski WP, Golaszewski SM, Hitzl W. Postoperative and preincisional electrical nerve stimulation TENS reduce postoperative opioid requirement after major spinal surgery. *J Neurosurg Anesthesiol.* 2010;22(1):1-5.
94. Platon B, Andrell P, Raner C, Rudolph M, Dvoretzky A, Mannheimer C. High-frequency, high-intensity transcutaneous electrical nerve stimulation as treatment of pain after surgical abortion. *Pain.* 2010;148(1):114-9.