

MANUAL DE ELECTROTERAPIA TENS

CEDIDO POR SU AUTOR PARA DIVULGACIÓN A TRAVES DE LA
PAGINA WEB DE ENRAF NONIUS IBERICA S.A.

Autor : Profesor D. Julián Maya Martín

ELECTROANALGESIA: T.E.N.S. - E.N.S.

1. Introducción - Evolución histórica.

El término T.E.N.S. proviene de las iniciales del término en inglés “Transcutaneous Electrical Nerve Stimulation”, es decir “Estimulación Eléctrica Transcutánea de los Nervios”. Consiste en la aplicación de electrodos sobre la piel con el objetivo de estimular las fibras nerviosas gruesas A-alfa mielínicas de conducción rápida; esta activación desencadena, a nivel central, la puesta en marcha de los sistemas analgésicos descendentes de carácter inhibitorio sobre la transmisión nociceptiva vehiculizada por las fibras amielínicas de pequeño calibre, obteniéndose de esta forma, una reducción del dolor.

En otras palabras se trata de realizar una estimulación sensitiva “diferencial” por vía transcutánea, de fibras propioceptivas táctiles a gran velocidad de conducción con la mínima respuesta de las fibras nociceptivas de conducción lenta y de las fibras motoras eferentes. El término TENS en si no es muy apropiado, ya que otras formas de corrientes, como las diadinámicas, la corriente de Trabert y la interferencial también estimulan los nervios a través de la piel.

La investigación científica de la estimulación eléctrica comenzó en la década de los años sesenta, partiendo de la base del trabajo de Melzack, R. y Wall, P.D. *Pain mechanisms: A new theory* 1.965. El desarrollo de la TENS está basado directamente en el trabajo innovador de Melzack y Wall (1965) acerca de la teoría de la puerta de control espinal y la modulación del dolor. Investigaciones acerca de los cambios patológicos que ocurrían en los nervios después de lesiones llevaron a la justificación científica de la aplicación de impulsos eléctricos a los nervios dañados para modificar sus respuestas anormales. Estos descubrimientos y la teoría de la puerta de control espinal forman la base de mucho de nuestros conocimientos acerca de los mecanismos del dolor y clarifican el valor terapéutico de la estimulación nerviosa eléctrica transcutánea.

Uno de los resultados de esta investigación fue el desarrollo de aparatos portátiles para la estimulación eléctrica denominados E.N.S. (*Electrical Nerve Stimulation*). Los primeros informes que compararon la T.E.N.S. con el dolor tratado con narcóticos en Siracusa (Nueva York) 1.978, indicaron que este nuevo método era una alternativa viable a los narcóticos siempre que el paciente no fuera ya adicto o muy dependiente de los fármacos para la mejoría del dolor. Posteriormente en estos años los trabajos de Sjölund, B.H., Eriksson, M.B.E., *Endorphins and analgesia produced by peripheral conditioning stimulation* 1.979 y Ottoson, D., Lundeberg, T., *Pain treatment: A practical manual by transcutaneous electrical nerve stimulation* 1.988, han ayudado al desarrollo más moderno de los actuales aparatos de estimulación eléctrica de los nervios.

Desde los tiempos antiguos, la utilización de peces eléctricos en un acto terapéutico es evidente. La primera anotación se refiere al uso terapéutico del pez torpedo. Estos peces son: elasmobranchios batoideos, de la familia de los torpedinidos, vulgarmente llamados *tembladeras*

o trimielga. El tamaño de estos peces puede oscilar entre 30 y 40 cm, pudiendo alcanzar, a veces, hasta 1 m, como el *torpedo o trimielga común*. Este pez no es más que una variedad de pez eléctrico (*marmoreas* y las *gimmarques* de los ríos de África, los *malapterios* del Nilo, los grandes *gimnotos* de América del Sur, así como las *anguilas eléctricas* y los *astrocopus*) que posee a cada lado de la cabeza una estructura eléctrica cuyas descargas son capaces de paralizar sus piezas.

Los órganos eléctricos de estos peces están compuestos de elementos: “*las electroplicas*”, que son fibras musculares planas y no estriadas, a las cuales llegan fibras nerviosas capaces de anular o invertir transitoriamente su polarización, siendo capaces de producir descargas eléctricas del orden de 40 voltios. El fenómeno se produce cuando el cerebro del animal emite la orden y la conducción pasa por nervios gruesos nacidos del mielencéfalo.

En Egipto, la variedad de pez eléctrico el “*malapterios del Nilo*” aparece representado por primera vez en la pirámide escalonada “*el-Medowwara*”, en Zawyet el-Aryan, sobre las paredes de entrada a la capilla funeraria del faraón Kha’ba de la III dinastía (2603- 2599 a. J. C.), posteriormente también se han encontrado en otras pirámides y monumentos funerarios de faraones y personajes importantes de la IV y V dinastía (2575-2323 a. J. C.).

Posteriormente, la primera alusión escrita sobre peces eléctricos aparece con los nombres de “*narke*” (término griego que significa *raya eléctrica*) y “*vagk*” (término griego que significa *adormecimiento, letargo*), posteriormente el termino “*narke*” dará lugar a la palabra “*narcosis*” (sueño). Los antiguos griegos y romanos utilizaban las descargas eléctricas del pez torpedo para aliviar enfermedades del bazo, dolores de cabezas crónicos y ataques de gota. Es seguro que Aristóteles (384-322 a. J. C.) empleó el mismo este “remedio” para curarse un ataque de gota, este tratamiento fue descrito por su discípulo Teofrasto biólogo y sucesor en el Liceo de Atenas a la muerte de Aristóteles.

La descripción más exacta nos la relata en el libro *Compositiones Medicamentorum*, Argentorari, publicado por la Universidad de Strasbourg, en 1786, además de Galeno y Dioscórides, el autor más citado es el farmacéutico romano Scribonius Largus (10 a. C-35 d. C.), este relata la historia de Anterus, un ciudadano que sufría desde largo tiempo dolores articulares, el cual paseandose por una playa, y al ponerse en contacto con un pez torpedo quedó curado de sus dolores. Las siguientes citas son del libro *Compositiones Medicamentorum* en sus capítulos I y XLI.

Cap.I. “*Cuando se aplica el torpedo negro vivo a una zona dolorosa, alivia y cura permanentemente algunas cefaleas crónicas e intolerables siempre que el dolor esté localizado y no exista sensibilidad. Existen, sin embargo, muchas variedades de torpedos, y puede que sea necesario ensayar dos o tres variedades antes de sentir la insensibilidad; este embotamiento es la señal de la curación.*”

Cap. XLI. “*Cuando se dispone de un torpedo negro vivo y se aplica debajo de los pies hace desaparecer el dolor de la artritis. El paciente debe permanecer de pie en el agua junto a la arena y el torpedo debe adormecer todo el pie y la pierna hasta la rodilla. Cuando esto sucede se alivia el dolor y la curación es permanente. Así se curó Antero, esclavo liberto de Tiberio.*”

Posiblemente, sea esta la primera cita documentada ampliamente sobre la estimulación

eléctrica por vía transcutánea para el tratamiento del dolor. Scribonius preconiza un tratamiento similar para las cefaleas, en sus escritos precisa que el efecto es progresivo y que el adormecimiento puede persistir de igual forma aunque el contacto con el pez haya sido interrumpido.

Dioscóride en (*Les Six Livres de Dioscoride*, Lyon, 1.559) decía que “el torpedo marino hacía desaparecer la cefalea prolongada cuando se aplicaba al vértice de la cabeza y aliviaba también todos los dolores crónicos del organismo”. En 1671, fue redescubierta la propiedad de las descargas eléctricas de los peces en el tratamiento de los dolores agudos por el francés Jean Richer (1630-1696) durante su permanencia en la Guayana Francesa en Cayenne, al estudiar el gimnoto viviente en aquellas aguas. Sin embargo no será hasta mediados del siglo XVIII con el desarrollo de la Electricidad cuando se empiece a utilizar esta con fines curativos.

2. Características Físicas.

La TENS es una corriente de baja frecuencia si se compara con el espectro de frecuencias eléctricas disponibles para usos terapéuticos. En la mayoría de los casos la T.E.N.S. funciona mediante una corriente alterna, caracterizada por una duración e intervalo de fase ajustables, así que también se puede variar la frecuencia. La duración de fase suele ser muy breve, variando entre 10 y 250 μseg .

2.1. Fuente de energía.

La mayoría de los aparatos portátiles de la TENS se alimentan con una pila alcalina de 9 voltios.

2.2. Amplitud.

La amplitud es un valor que puede regularse entre 1 y 80 mA con una impedancia del electrodo de 1 K Ω . Cuando utilizamos la modalidad de la TENS convencional, la amplitud debe mantenerse justo por debajo del límite del dolor lo que significa que el paciente experimenta una sensación de excitación indolora o escozor agradable, lo cual provocará parestesias en la zona afectada.

En la modalidad de “ráfaga”, la amplitud debe aumentarse hasta que se aprecien contracciones musculares fuertes y visibles en los músculos con inervación correspondiente a la zona dolorosa.

2.3. Forma de la onda.

La forma de onda más común es una onda cuadrada, equilibrada, asimétrica y bifásica con valor medio igual cero del componente neto de corriente directa.

El área debajo de la onda positiva es igual al área debajo de la onda negativa. No se producen efectos polares netos, evitando la acumulación a largo plazo de concentraciones de

iones positivos - negativos debajo de cada electrodo, o dentro del tejido (Mannheimer y Lampe 1984). Por consiguiente, no hay reacciones dermatológicas adversas debido a concentraciones polares.

2.4. Estímulos adecuados.

Howson afirma que para estimular los nervios tipos II y III, así como las neuronas motoras tipo α , lo ideal es emplear impulsos con duraciones de fase muy cortas.

La curva I/t de los nervios muestra que, con duraciones de fase menores de 200 μ seg., es posible estimular a la vez los nervios motores y/o sensitivos sin estimular a la vez los nervios delgados no mielinizados (del dolor), con estas duraciones cortas se puede obtener una intensidad relativamente alta sin estimular los nervios delgados. Se trata de un rango de intensidad amplio.

Con duraciones de impulsos mayores las diversas curvas I/t están tan juntas que un ligero aumento de la intensidad provoca estimulación de los nervios delgados, tratándose en este caso de un rango de intensidad más estrecho.

Para que un estímulo sea eficaz tiene que llegar a cierta intensidad, ser de cierta duración y alcanzar la intensidad máxima a cierta velocidad mínima. Es la relación de la amplitud con la duración de fase lo que determinará un estímulo adecuado.

Duraciones de fase cortas requieren amplitudes altas para producir estímulos adecuados, mientras que duraciones de fase largas requieren amplitudes más bajas para producir estímulos adecuados.

Si se aumenta la duración de fase, se aumenta la energía dentro de la pulsación por medio de un incremento en el área de superficie a lo largo del eje horizontal.

- Las fibras nerviosas aferentes A-beta pueden ser reclutadas por impulsos de baja amplitud, alta frecuencia y corta duración de fase.
- Fibras nerviosas aferentes A-delta pueden ser reclutadas por impulsos de amplitud superior, frecuencias inferiores y duraciones de fase más largas.

En una forma de onda bifásica, la porción positiva de la onda se omite en un electrodo de un sistema de dos electrodos (de un canal) y una porción negativa se omite en el otro. Aunque se produce una corriente directa con valor medio igual a cero, un electrodo puede ser más activo.

Si se aumenta la amplitud, el potencial de la forma de onda se aumenta en ambas formas de onda, pero de distinta manera; en la porción de onda negativa se aumenta el eje vertical, pero en la porción de onda positiva, se aumenta el eje horizontal.

Esto tiende a hacer que el electrodo en la porción de onda negativa sea más activo, aunque no de manera significativa en la mayoría de los aparatos disponibles comercialmente.

2.5. Relación o frecuencia de pulsos.

Las técnicas de aplicación de TENS más conocidas son:

- La TENS Convencional (TENS de frecuencia alta y amplitud baja) con una frecuencia relativamente alta entre los 80 y 120 Hz.
- La TENS de frecuencia baja y amplitud alta (TENS de tipo acupuntura) con una frecuencia baja (<10 Hz).
- Actualmente se utilizan también otras frecuencias (TENS por trenes de impulsos) y formas de corrientes, debido parcialmente a las publicaciones de Sjölund y Eriksson.

La frecuencia de pulsos es variable en todos los aparatos, y la gama de variación de los parámetros varía, siendo como media de 1 - 150 pulsaciones por segundo o hertzio (Hz).

Una relación lenta de unas 10 pulsaciones es descrita por el paciente como una sensación de “tic-tac” lento, mientras que una relación alta o rápida es descrita como una sensación continua de “zumbido”.

Gran número de investigadores (Anderson et al., 1976; Linzer y Long 1976; Mannheimer y Carlsson, 1975; Woolfe et al., 1981; Sjolund, 1985; Omura, 1987; Johnson et al, 1991 a-c; Tulgar et al., 1991a) ha intentado investigar los efectos de los distintos parámetros. Ciertamente existe la indicación de que los beneficios de la TENS tienden a disminuir con el tiempo (Loeser et al., 1975; Eriksson et al., 1979; Long et al., 1979; Taylor et al., 1981; Bates y Nathan, 1980).

Es posible que esto se deba a la adaptación del sistema nervioso a los estímulos repetitivos regulares (Thompson, 1987; Pomeranz et al., 1987). Sin embargo, no se pueden dar parámetros prescriptivos ya que los resultados de las distintas pruebas no son constantes (Tulgar et al., 1991a; Johnson et al., 1991a; Sjolund, 1985; Eriksson et al., 1979; Sjolund y Eriksson, 1979).

Los distintos tipos de corriente de frecuencia modulada disponibles en algunos aparatos pueden verse en la figura 5 (a - d). Un ensayo clínico, a doble ciego, controlado, de larga duración llevado a cabo por Tulgar et al. (1991b) señaló que los pacientes preferían estimulación a “ráfaga” y estimulación de frecuencia modulada (Fig. 5 c y d). En las cuatro modalidades de estimulación que probaron, sus conclusiones muestran que la mayoría de los pacientes en su estudio preferían estimulación tipo ráfaga, de frecuencia modulada y relación alta.

Johnson et al. (1991a) investigó los efectos analgésicos de distintos patrones de pulsaciones de la TENS en dolor inducido por frío en sujetos normales. Se examinaron cinco frecuencias de pulsación y cuatro patrones de pulsación junto con dos tamaños de electrodo.

De los resultados del ensayo, los autores concluyeron que las frecuencias de entre 20 y 80 Hz produjeron la mayor analgesia, y que la mayor seguridad estadística se observó a 80Hz. Se mostró que un patrón de pulsaciones continuas era óptimo.

Eriksson et al. (1979) mostraron que ráfagas de alta intensidad y baja frecuencia (así llamado "TENS de acupuntura") eran más eficaces para aliviar el dolor que la TENS de pulsaciones continuas. Esta teoría propone que la TENS de ráfaga imita la acupuntura en el alivio del dolor, estimulando la segregación de péptidos opiáceos endógenos (Sjölund y Eriksson, 1979), mientras que se cree la TENS de modo continuo, de alta frecuencia alivia el dolor activando mecanismos de la puerta de control (Melzack y Wall, 1965; Wall y Sweet, 1967).

Las publicaciones de Sjölund y Eriksson (1979) han llevado al uso de una modulación de frecuencia especial dentro de la terapia TENS. Esta modulación es una modificación de la TENS de tipo acupuntura. Este "TENS por ráfagas" consiste en un tren de impulsos ("ráfaga") de 2 Hz. Cada tren de impulsos dura 70 mseg, siendo la frecuencia base de la corriente de 100 Hz, con lo cual cada ráfaga contendrá 7 impulsos.

Según Sjölund y Eriksson esto provoca la liberación de endorfinas a nivel central, lo que causa una disminución del dolor. Este estudio se basa en el hecho de que el noloxon, un producto antagonista de la morfina, bloquea la disminución del dolor. La disminución que se obtiene mediante la TENS convencional no puede ser invertida por el efecto del noloxon. Sin embargo, una condición para que se produzca la liberación de las endorfinas parece ser el empleo de amplitudes elevadas, esto lleva a la consecuencia de que este tipo de estimulación sea bastante agresiva.

Las frecuencias de trenes, son por lo tanto más útiles para procesos más crónicos que agudos. En los estudios publicados, aparte de la frecuencia de trenes de 2 Hz también se habla de frecuencias de trenes de 1 a 5 Hz. Los trabajos de Sjölund no es el único motivo para preferir utilizar una frecuencia alta para la aplicación de trenes de impulsos; con una frecuencia baja es posible que el tren no contenga impulsos, dando como resultado un modelo de estimulación irregular.

En resumen, después de un estudio profundo del uso de la TENS a largo plazo en pacientes con distintos problemas de dolor crónico, Johnson et al. (1991b) concluyeron que había notablemente poca correlación entre el paciente, el sitio o causa del dolor y los variables de los resultados. Este descubrimiento era constante con los de otros investigadores (Bates y Nathan, 1980; Woolfe, 1981; Frampton, 1994).

Un estudio posterior de Johnson et al. (1991c) propuso que pacientes individuales utilizaban una frecuencia de pulsación específica pero constantemente había una variación significativa en la frecuencia de pulsación utilizada por distintos pacientes; la mayoría, sin embargo, preferían un patrón de pulsación continua. Parece ser, en este estudio, que los pacientes utilizaban frecuencias y patrones de pulsación únicos a cada individuo para controlar su dolor.

Parece que los pacientes eligen tales patrones y frecuencias por razones de comodidad

que pueden no tener nada que ver con los mecanismos específicos de control de dolor (Frampton, 1994). Los pacientes deben probar una variedad de modos y frecuencias de estimulación distintos para encontrar los parámetros más apropiados para el alivio de su dolor. Si la TENS tiene éxito a principio pero luego deja de surtir efecto, se debe probar el modo de ráfaga para superar adaptación y acomodación.

2.6. Cables de electrodos.

El potencial eléctrico o corriente eléctrica generado por la TENS se transmite a través de los cables de salida de la TENS al electrodo que se aplica a la piel del paciente. Es importante que estos cables sean lo suficientemente fuertes para aguantar la actividad diaria. La mayoría de los cables se conectan a una sola salida. Este cable único se divide para su inserción en los dos electrodos.

2.7. Electrodos.

Los electrodos suministrados como estándar con la mayor parte de los aparatos son de goma negra de silicona, impregnada de carbono. Existen varios tamaños, que incluyen electrodos estándar de 4 x 4 cm y 5 x 5 cm; grandes de 4 x 8 cm y 5 x 10 cm. Para usar los electrodos de carbono, hay que extender gel electro-conductor sobre la superficie de la almohadilla y fijarlo a la piel con cinta.

Existen también una serie de almohadillas auto-adhesivas e hipoalérgicas. Estas almohadillas no necesitan ni gel ni cinta, pero suelen ser más caras y no son reutilizables indefinidamente. Hay pequeños electrodos de botón para el tratamiento de áreas pequeñas y difíciles, y electrodos estériles para el control de dolor post-operatorio.

Una reacción alérgica a los electrodos, la cinta o el gel supone el mayor problema en la aplicación de la TENS y es esencial que se utilice el gel electro-conductor recomendado con los electrodos de goma de carbono-silicona. Otros medios como el gel de ultrasonidos no son adecuados porque no poseen las mismas propiedades de cohesión que el gel de la TENS. El gel electro-conductor recomendado se mantendrá extendido sobre la almohadilla del electrodo durante las estimulaciones prolongadas, mientras que otros geles no recomendados se secan y se concentrarán en el centro de la almohadilla de carbono. El gel de la TENS tiene propiedades cohesivas, hipoalérgicas y de alta conducción eléctrica, y está destinado específicamente para usar con la TENS.

2.8. Unidades TENS de uno y dos canales.

Una unidad TENS de un canal tiene un parámetro de amplitud única y un par de electrodos. Una unidad de dos canales tiene dos canales de salida que permiten dos parámetros de amplitud variables y dos pares de electrodos. La elección de una unidad de uno o dos canales depende del sitio y la extensión de la zona del dolor.

En la mayoría de los casos, cuando se identifica una zona de dolor, es suficiente una unidad de un canal. La racionalidad del tratamiento y aplicación de la TENS depende de la facilidad de aplicación, operacionalidad y relación costo-efecto. La aplicación de dos canales está indicada si el dolor es extenso, por ejemplo, dolor lumbar con irradiación bilateral hacia miembros inferiores.

La gama de los aparatos de la TENS va desde el básico simulador unicanal de modo continuo al de dos canales de frecuencia variable y de ráfaga. Algunos modelos tienen auto escáner para la frecuencia y amplitud de pulsaciones.

3. Control del dolor y nivel de estimulación.

El uso extendido de la TENS en los últimos 25 años ha establecido a esta técnica como barata, no invasiva y como un modo aceptado de aliviar el dolor. Los ensayos clínicos, sin embargo, a menudo están mal controlados y no tienen un seguimiento a largo plazo. Todavía existe la dificultad de establecer ensayos concluyentes con placebo. La complejidad del paciente que padece dolor crónico y la falta de un número suficiente de ensayos impide la identificación de prescripciones ideales para un problema específico de dolor.

Trabajos recientes por Johnson et al. (1991b) y Tulgar et al. (1991a) han aportado contribuciones significantes para identificar parámetros óptimos para la estimulación eléctrica. En muchos casos, la aplicación de la TENS es muy parecida. El mecanismo exacto de cómo se inhibe el dolor depende de una total comprensión de la patología de la lesión y los cambios subsiguientes que pueden tener lugar en el trayecto del nervio y en el sistema nervioso central. La modulación de trazados fisiológicos normales pueden conducir al alivio del dolor. La TENS puede influir de distintas maneras en el alivio o inhibición del dolor.

Existen varios métodos para la reducción del dolor. En el marco de este tema no cabría una enumeración de todos los medios que se pueden utilizar para obtener este efecto. Se presentarán varias teorías, que explican el mecanismo básico de la reducción del dolor. En lo relacionado con la electroterapia se evidenciará el papel importante de la duración de fase. La frecuencia y la amplitud.

Los equipos de electroterapia por medio de la TENS actuales disponen de formas de corrientes motivadas por las teorías actuales sobre la reducción del dolor mediante estimulación eléctrica. Subrayamos la importancia de las teorías siguientes:

3.1. Teoría de la puerta de control (Melzack y Wall) - inhibición pre-sináptica.

Esta teoría se basa en la asunción de que el estímulo de los nervios gruesos mielinizados produce una inhibición a nivel medular. Esta inhibición bloquea la transmisión del estímulo doloroso al cerebro, que está conducido por los nervios delgados no mielinizados.

Al utilizar la TENS se aplica una corriente eléctrica a las terminaciones nerviosas de la piel, que viaja hacia el cerebro a lo largo de las fibras nerviosas selectivas, es decir, fibras A

(gruesas) o puertas de localización espacial propioceptivas.

Siguiendo la teoría del dolor de Melzack y Wall, estas fibras deben pasar a través de un segmento de la médula espinal, la sustancia gelatinosa que contiene células especializadas implicadas en la transmisión nerviosa. Estas células T también sirven como uniones de transmisión para aquellas fibras nerviosas que llevan la sensación del dolor hacia el tálamo o “centro del dolor” del cerebro.

Las fibras C (delgadas) ofrecen una velocidad de transmisión que es considerablemente más lenta que las fibras A. De este modo, la señal a lo largo de las fibras A normalmente alcanza el cerebro antes que la transmisión por las fibras C. Ambas fibras y sus transmisiones respectivas deben pasar a través de las mismas células T en la médula espinal, con una preponderancia de la llegada de las fibras A debido al mayor número presente en el sistema y a la velocidad rápida de transmisión.

Si consideramos la célula T como una puerta a través de la cual deben pasar estas señales, es lógico pensar que una sobrecarga de transmisión por las fibras A pueda bloquear la llegada de la transmisión por las fibras lentas C que llevan al cerebro la señal del dolor. De esta forma, una señal de dolor podría bloquearse de forma eficaz mediante el mecanismo de puerta en el interior de la célula T. El dolor, por lo tanto, disminuiría y/o se bloquearía enteramente en el paciente.

Para producir este efecto de la puerta, debemos incrementar la transmisión por las fibras A sin aumentar la transmisión por las fibras C. Los investigadores han demostrado que las fibras A responden en mayor grado a lo que lo hacen las otras fibras a la llegada fásica, es decir, las formas de onda que no se sienten en el organismo como continuas, y que generalmente contienen múltiples fases de modo positivo/negativo.

Por el contrario, las fibras C aparentemente reaccionan mejor a las formas de ondas continuas, o a las que se sienten en el organismo como continuas, como podría ser una corriente alterna de alta frecuencia debido a que al ser demasiado alta su frecuencia, el organismo no puede distinguir estímulos individuales, sintiéndola como una corriente continua.

La vía de acceso de la TENS la proporcionan las gruesas y mielinizadas fibras A β . Estas fibras de conducción rápida son altamente sensibles a la estimulación eléctrica y conducen el impulso eléctrico rápidamente hacia la médula espinal.

Las pequeñas, no mielinizadas fibras C que conducen más lentamente son las que llevan los estímulos nocivos (dolorosos) y no pueden transmitir su mensaje. El mecanismo por el cual se impide que las fibras nociceptivas (fibras transmisoras de dolor) transmitan su mensaje a la médula espinal se describe como la inhibición presináptica (Wagman y Price, 1969; Handwerker et al., 1975; Woolfe y Wall, 1982; Chung et al., 1984). ‘Abrir’ o ‘cerrar’ la puerta ante los estímulos nocivos o dolorosos dictaminará el reconocimiento por parte del paciente de un estímulo doloroso.

La estimulación con la TENS de las fibras aferentes puede proporcionar un mecanismo

para mantener la puerta cerrada ante estímulos dolorosos. Este proceso inhibitorio posiblemente modula la entrada sensorial a la médula espinal. La utilización de la TENS puede distorsionar la función del sistema nervioso bloqueando una de sus entradas (Woolfe, 1989). Cuanto más cerca se coloque la TENS a la zona dañada, mayor será la probabilidad de inhibir de forma apropiada los estímulos nocivos.

Los circuitos inhibidores mediados por fibras A β están dispuestos de forma segmental, de manera que se necesita estimulación segmental de baja intensidad. Otros circuitos inhibidores polisegmentados, mediados por las fibras aferentes A δ y C requieren estímulos de mayor intensidad, como en el dolor miofascial o los puntos gatillos (Frampton, 1994; Bowsher, 1994; Alltnee, 1994) para su activación.

El umbral aceptado o frecuencia tetanizante para los sistemas humanos normales es de aproximadamente de 30 a 50 Hz. En consecuencia, los fisioterapeutas son capaces de estimular la superficie de la piel con un dispositivo de llegada fásica para estimular las fibras A sin alterar las fibras C, lo cual ha llevado al desarrollo de las técnicas de la T.E.N.S.

Tabla 1. Clasificación de las fibras nerviosas según sus características

Características	Categoría	Eferentes Fibras sensoriales y motoras (<i>Erlanger & Gasser</i>)	Aferentes Fibras sensoriales (<i>Lloyd</i>)	Diámetro de la fibra (micras)	Velocidad de conducción (m/s)
Mielínica	Gruesa	A-alfa	I a	13 - 22	70 - 120
Mielínica	Gruesa	A-alfa	I b	13 - 22	70 - 120
Mielínica	Gruesa	A-beta	II	8 - 13	40 - 70
Mielínica	Gruesa	A-gamma		4 - 8	15 - 40
Mielínica	Delgada	A-delta	III	1 - 4	5 - 15
Mielínica	Delgada	B		1 - 3	3 - 14
Amielínica	Delgada	C	IV	0,2 - 1	0,2 - 2

Resumiendo, podríamos decir que por medio del estímulo selectivo de los nervios tipos II y III se obtiene una inhibición de la conducción del estímulo por los nervios tipo IV. El estímulo de los nervios de tipo IV no es deseable en este proceso. Aunque también se presume que existe una influencia central esta teoría se contempla todavía como uno de los puntos de partida principales para el tratamiento del dolor.

3.2. Inhibición directa sobre un nervio excitado que se descarga anormalmente.

Una proporción pequeña pero significativa de pacientes experimentan dolor después de lesiones nerviosas. Cuando un nervio periférico se lesiona, el extremo proximal forma un asiento de descargas eléctricas espontáneas.

Las descargas espontáneas pueden extenderse desde el extremo cortado donde el nervio crece y se ha formado un nudo de fibras nerviosas (neuroma) hasta zonas proximales a lo largo del nervio entero.

Los brotes nerviosos son muy sensibles a los estímulos mecánicos ligeros. Son espontáneamente activos, y al palpar sobre los brotes neuronales de un nervio en regeneración se reproduce una sensación referida en la parte de la piel que solía ser inervada por el nervio (Tinel, 1915; Moldaver, 1979). Los brotes nerviosos también son sensibles a la noradrenalina segregada por las terminaciones nerviosas simpáticas en los tejidos (Loh y Nathan, 1978).

El sistema simpático en principio funciona correctamente, pero puede que una respuesta anormal de brotes de las fibras C produzca un aumento de reflejo de la actividad simpática y pudiendo dar lugar a síntomas de trastornos simpáticos (Wallin et al., 1976).

Esto puede ser la base de los síntomas que se observan en la distrofia simpática refleja. El dolor experimentado después de una lesión nerviosa se presenta como una respuesta anormalmente dolorosa a una presión ligera (Wynn Parry, 1981; Withrington y Wynn Parry, 1984).

En trabajos experimentales con animales (Wall y Gutnik, 1974) demostraron que la aplicación proximal de vibración o estimulación eléctrica amortigua o impide las descargas eléctricas anormales que ocurrían en los extremos dañados de nervios o neuromas.

Puede que el TENS alivie el dolor inhibiendo directamente las descargas eléctricas que ocurren en los nervios dañados, por ejemplo como ocurre en una lesión por aplastamiento del nervio, en la compresión de la raíz nerviosa después de una hernia discal, o en la compresión del túnel carpiano.

La irritación o compresión a largo plazo debido al prolapso discal en una raíz nerviosa puede dar lugar a descargas crónicas en el lugar de la irritación y a lo largo del nervio distal hasta el asta posterior de la médula (Wall y Devor, 1981).

Resumiendo con los cambios patofisiológicos periféricos que pueden tener lugar después de lesiones nerviosas y los cambios centrales simultáneos que se producen a nivel de la médula espinal, todo esto pueden contribuir al estado doloroso persistente.

Los efectos centrales producidos por lesiones nerviosas pueden provocar un aumento en las descargas de células en el asta posterior medular (Wall y Devor, 1981), cambios morfológicos y el crecimiento de neuronas. Estos cambios centrales, junto con las respuestas periféricas a la lesión nerviosa, pueden llevar en última estancia a la creación de patrones centrales anormales, y al establecimiento del ciclo doloroso autónomo.

3.3. La recuperación o restauración de una entrada aferente artificial en el dolor central.

Loeser y Ward demostraron la existencia de descargas espontáneas del asta posterior de la médula después del seccionamiento del nervio trigémino del gato. La frecuencia de estas descargas espontáneas y anormales fue en aumento en un período de tres semanas hasta que las células llegaron a dispararse continuamente. Puede ser que el estallido de descargas fuera la consecuencia de la pérdida de la entrada aferente normal del nervio seccionado. La entrada a la médula espinal a menudo resulta como una inhibición central, y la pérdida de la entrada normal puede conducir a descargas no suprimidas de las células en el asta posterior de la médula.

Los pacientes por ejemplo con lesiones avulsivas del plexo braquial, dolor fantasma de los miembros después de amputación o lesiones de la médula espinal, experimentan dolor fuerte de una naturaleza característica (Wynn Parry, 1980; Frampton, 1990 y 1994). El dolor no aparece inmediatamente a la lesión sino que puede iniciarse 2 o 3 semanas después (Wynn Parry, 1981). La observación clínica es constante con los descubrimientos experimentales (Loeser y Ward, 1967). Puede que la TENS alivie el dolor restaurando artificialmente una entrada aferente a la médula espinal, aunque sea a un nivel distinto al nivel lesionado. Obviamente, no habría entrada a través de la vía destrozada.

3.4. Teoría de la liberación de las endorfinas (Sjölund y Erikson).

Eriksson et al. (1979) y Salar et al. (1981) demostraron un aumento de los péptidos opiáceos en el líquido cefalorraquídeo lumbar como consecuencia de la estimulación nerviosa transcutánea. El cuerpo produce endorfinas, una molécula pseudoendorfínica que sirve como analgésico endógeno siempre que el cuerpo siente dolor. Los niveles sanguíneos de esta sustancia aumentan con las señales de llegada al cerebro que indica la presencia de dolor.

La investigación con la TENS indica que la producción de endorfinas puede aumentar con la estimulación eléctrica, produciendo una reacción pseudo dolorosa sobre las células que producen la endorfina. La estimulación no tiene por qué ser dolorosa para producir este efecto.

Esta teoría se basa en que el dolor crónico va acompañado siempre de una hiperactividad del sistema de endorfinas del paciente, o de una consumición aumentada de las endorfinas liberadas. Para la comprensión del dolor crónico, se deben conocer los cambios que ocurren en el sistemas nerviosos central y periférico. Puede que los cambios anormales que tienen lugar a nivel del sistema nervioso central sean como consecuencia de aquellos cambios anormales que ocurren a nivel periféricos, y que ambos sistemas se hagan autónomos para apoyar el ciclo crónico de dolor. Por lo tanto es esencial comprender el papel que desempeñan los sistemas nerviosos central y periférico para manejar con éxito el dolor crónico (Devor, 1989).

El uso del llamado TENS de trenes de impulsos (se llama también TENS de "frecuencia baja y amplitud elevada", o TENS "de acupuntura") permite estimular el sistema nervioso central hasta la liberación de opiatos endógenos, dando como resultado un efecto analgésico. Según

Sjölund y Eriksson, las endorfinas se liberan sólo empleando una frecuencia de trenes de impulsos de 2-5 Hz, con una frecuencia básica de 100 Hz, y 7 impulsos por tren. Al aplicarse la TENS por trenes de impulsos la amplitud se ajusta de tal manera que se produzcan contracciones musculares locales y agradables (umbral de tolerancia).

3.5. La depresión post-excitatoria del sistema nervioso ortosimpático (Sato y Schmidt)

Esta teoría (1973) afirma que la estimulación de los nervios tipos II y III provoca una depresión post-excitatoria de la actividad ortosimpática. Debe prevenirse el estímulo excesivo de los nervios tipo IV. En los trastornos en los que existe una excesiva actividad del sistema nervioso ortosimpático, lo importante es estimular los nervios tipos II y III. En el siguiente cuadro basado en el ciclo ortosimpático de los reflejos, se intenta explicar esta teoría.

3.6. Comprensión de los mecanismos del dolor en la situación clínica.

A pesar de la mayor comprensión sobre las maneras en que la TENS actúa para aliviar el dolor, se debe impedir su uso indiscriminado, el mayor conocimiento de los mecanismos del dolor y un examen y asesoramiento exhaustivo del paciente por parte del fisioterapeuta, darán los parámetros para el mejor enfoque del tratamiento del dolor (Frampton, 1994).

Es importante tener en cuenta que la TENS solo puede formar parte de un programa global en el tratamiento para los pacientes con dolor crónico (Frampton, 1994), y también en pacientes que presenten respuesta centrales anormales tales como comportamientos o movimientos anormales como consecuencias de lesiones nerviosas periféricas, se debe utilizar la TENS para intentar modificar estas respuestas anormales (Withrington y Wynn Parry, 1984).

El fracaso de la TENS a menudo se debe a no haber prestado la suficiente atención al manejo del dolor como parte de un programa global de recuperación funcional.

La TENS prescrita a corto plazo para analgesia puede ser suficiente para el dolor agudo, pero al mismo tiempo, es insuficiente para modificar cambios complejos que se han establecido como resultado de la instauración de un dolor crónico.

4. La amplitud en relación con el nivel de estimulación.

En la estimulación eléctrica se habla de diferentes niveles de estimulación para indicar la amplitud necesaria para obtener una estimulación selectiva eficaz. Cuando al aplicar la TENS a una persona sana, se va aumentando lentamente la amplitud, se van a producir las reacciones siguientes:

1. Se alcanzara el umbral de sensibilidad.
2. Se alcanzara el umbral de excitación.

3. Se alcanzara el umbral del dolor, experimentando el paciente contracciones y dolor.

Esta técnica se aplica en todas las aplicaciones de corrientes eléctricas para verificar la sensibilidad del paciente. Abordaremos las dos clasificaciones más utilizadas para indicar la amplitud correcta.

4.1. Clasificación que se basa en la sensación provocada en el paciente.

El paciente nos puede referir los siguientes niveles:

- Sensibilidad subliminal.* Nivel de estimulación, en que la amplitud casi no se percibe.
- Sensibilidad liminal.* Nivel de estimulación, en que la amplitud se percibe apenas.
- Sensibilidad supraliminal.* Nivel de estimulación, en que la amplitud se percibe claramente.
- Nivel de tolerancia.* Nivel de estimulación, en que la amplitud alcanza el umbral de tolerancia.

Esta clasificación tiene la desventaja de que el fisioterapeuta depende de la información dada por el paciente, además de no considerarse la actividad motora.

4.2. Clasificación según los niveles de estimulación sensorial y motora.

Podremos observar los siguientes niveles:

- Nivel de estimulación subsensorial.*
- Nivel de estimulación sensorial.*
- Nivel de estimulación motora.* Contracciones motoras visibles.
- Umbral de tolerancia.* Contracciones musculares fuertes, casi dolorosas.
- Umbral del dolor.*

Esta segunda clasificación resulta más práctica. De todas formas, queda la interrogante de saber si el nivel motor se halla realmente por debajo del umbral de tolerancia. En condiciones patológicas puede cambiar la secuencia anteriormente mencionada, debido a factores como el tipo de patología, la sensibilidad del paciente y el trofismo de la piel, evidenciado que esto imposibilita indicar valores exactos para los límites entre los diferentes niveles de estimulación.

5. Parámetros a tener en cuenta en la aplicación y manejo de la TENS.

5.1. Duración y forma del impulso.

La duración del impulso bifásico asimétrico elegida para el comienzo del tratamiento suele ser breve de 60 a 150 μ seg (de 0,06 mseg a 0,15 mseg.). Se ha optado por esta duración con el fin de conseguir un estímulo eficaz de las fibras nerviosas gruesas aferentes, consiguiéndose de esta manera una disminución máxima del dolor. Nunca se debe sobrepasar duraciones de fase superiores a 0,2 mseg o 200 μ seg.

La forma del impulso es completamente rectangular, sin líneas oblicuas, lo que garantiza su eficacia. La superficie de la fase de estimulación es igual a la de la fase de compensación. La fase de compensación no es suficientemente amplia para generar un potencial activo, por lo que no se producen efectos galvánicos.

5.2. Frecuencia del impulso.

La frecuencia del impulso en los equipos de la TENS puede ajustarse como máximo entre 1 y 200 Hz. De esta manera pueden estimularse selectivamente las fibras nerviosas aferentes de mayor a menor grosor en sus respectivas frecuencias naturales, es decir, en la frecuencia propia de las fibras nerviosas aferentes. Los trabajos publicados señalan que una frecuencia entre 50 y 100 Hz es la más eficaz para amortiguar el dolor. Eriksson y Sjölund en 1.981 demostraron en investigaciones experimentales que una frecuencia de 80 Hz es la más eficiente para combatir el dolor.

5.3. Frecuencia de “ráfaga”.

Además del pulso convencional, descrito anteriormente los equipos de TENS también ofrecen la posibilidad de trabajar con la modalidad de corriente de “ráfaga”.

En cada una de las “ráfagas” se generan 10 impulsos cuando la frecuencia base de la corriente es de 100 Hz y se selecciona una frecuencia de ráfaga de 2 Hz, con una duración total por “ráfaga” de 125 mseg. de los cuales 25 mseg. son de ascenso, 75 mseg. de mantenimiento y 25 mseg. de descenso. Cada “ráfaga” se puede ajustar gradualmente entre 1 y 5 Hz, al iniciar la aplicación es preciso seleccionar una frecuencia de “ráfaga” baja por Ej. de 2 Hz, si el paciente no soporta bien esta frecuencia y, por tanto, no se consigue los resultados, puede aplicarse una frecuencia de “ráfaga” más elevada 3-4 o 5 Hz.

5.4. Modulación de la frecuencia (Espectro).

La utilización del espectro con la TENS de alta frecuencia y amplitud baja, impide la adaptación del tejido estimulado, por consiguiente, el objetivo a obtener es conseguir una mayor duración de la eficacia de la aplicación, puede utilizarse para aumentar el beneficio del tratamiento reduciendo la adaptación (disminución de respuesta) de los nervios estimulados.

Esto quiere decir, que al utilizar esta modalidad si por ejemplo estamos trabajando con una frecuencia de 80 Hz, la modulación máxima es del 20 %, lo que significa que la frecuencia puede variar entre 64 y 80 Hz. En esta modalidad el aparato trabaja en ciclos de 30 segundos - 1 seg - 30 segundos, esto significa que se mantiene la frecuencia básica durante 30 segundos, efectuándose a continuación una modulación en el tiempo de 1 segundo hasta llegar a la nueva frecuencia establecida por el aparato, la cual, a su vez, se mantiene durante 30 segundos. Este tiempo es necesario para conseguir una estimulación suficiente sobre el tejido.

5.5. Colocación de los electrodos.

Probablemente uno de los puntos más controvertidos de la TENS es la cuestión de la colocación ideal de los electrodos. Con frecuencia los electrodos se ubican sobre la zona dolorosa que va a recibir el tratamiento. No obstante, se pueden usar como ubicación las localizaciones paravertebrales, al igual que sobre los nervios proximales, distales y hasta contralaterales con respecto al sitio del dolor.

Como regla general, estos son los principios a seguir en la colocación de los electrodos:

- sobre el nervio más superficial y proximal a la zona del dolor.
- sobre el dermatoma doloroso o el dermatoma adyacente.
- sobre el tronco nervioso.
- por encima y por debajo o a ambos lados de la zona dolorosa.
- No utilizar nunca en zonas anestesiadas.
- Siempre se debe permitir el movimiento normal del miembro sin que esté limitado por el electrodo ni el cable.
- sobre puntos gatillo (Melzack et al., 1977).

La colocación precisa de los electrodos a menudo requiere mucho tiempo. Es importante comprender bien la causa del dolor para que la colocación de electrodos se base en un conocimiento sólido del mecanismo de dolor interesado. Por ejemplo, el paciente que padezca dolores de irradiación tendrá mejor respuesta si se utilizan almohadillas grandes. De la misma manera, los electrodos deben colocarse sobre zonas con sensibilidad parecida. Por ejemplo, si se coloca un electrodo sobre piel normal y el otro sobre piel con pérdida de la sensibilidad al tacto ligero, no habrá percepción de los estímulos eléctricos debajo de éste.

Se ha realizado poca investigación para confirmar de manera concluyente los emplazamientos ideales de electrodos para condiciones específicas (Johnson et al., 1991a). Sin

embargo, la colocación sistemática de electrodos en sesiones sucesivas aumenta el éxito del tratamiento (Woolfe et al., 1981; Framptom, 1982 y 1994).

La colocación de los electrodos es sumamente importante para conseguir un tratamiento eficaz de las molestias dolorosas. Antes de iniciar el tratamiento es necesario localizar los puntos de estimulación más apropiados, esto implica que será necesario conseguir la sensación cutánea adecuada en el campo de aplicación.

Los estímulos pueden aplicarse tanto dentro como fuera de la zona en que se experimentan las afecciones dolorosas. Es aconsejable aplicar en primer lugar los estímulos dentro de la zona afectada, no obstante, en determinadas situaciones dichos estímulos no pueden o no deben aplicarse localmente. En estos casos puede seguirse algunos de los siguientes procedimientos:

- Aplicación segmental.
- Estimulación de los puntos “gatillo” o puntos “trigger”.
- Estimulación del sistema vegetativo.
- Estimulación de puntos de acupuntura.

Los aparatos actuales permiten la estimulación simultánea dentro y fuera de la zona afectada, consiguiendo de esta forma una máxima disminución del dolor. Esta se consigue con la aplicación simultánea de dos canales que va a permitir estimular simultáneamente por Ej. el dolor en las lesiones de los ligamentos del tobillo, un canal sobre la raíz a nivel L₅ - S₁ para el tratamiento segmentario y el otro canal sobre la articulación del tobillo para el tratamiento transregional. Esta técnica también es útil en los casos de afecciones bilaterales, diagnóstico y tratamiento de puntos desencadenantes.

A continuación se describen brevemente las distintas formas de aplicación de los electrodos, de todos modos, será la experiencia personal de cada fisioterapeuta la que determine la mejor colocación de los electrodos con arreglo a la patología a tratar.

- Aplicación en el punto de dolor.**
Para este tratamiento se aplica directamente el cátodo (-) al punto de dolor y el ánodo (+) a un punto inmediatamente próximo.
- Aplicación en nervio.**
Ambos electrodos sobre la piel en el recorrido del nervio. En general el cátodo (-) se coloca en posición distal respecto al ánodo (+).
- Aplicación vasotrópica.**
En caso de desórdenes circulatorios periféricos los electrodos se colocan a lo largo de un vaso sanguíneo superficial. Nuevamente el cátodo (-) se coloca en posición distal

respecto al ánodo (+).

Aplicación segmental.

En este caso el tratamiento se realiza a través de un segmento de la piel. El ánodo (+) se coloca en el segmento a tratar, próximo a la médula espinal. El cátodo (-) se coloca en posición periférica o caudal respecto al segmento a tratar.

Aplicación transregional.

En esta forma de tratamiento se expone a la corriente una determinada zona del cuerpo. Este es el principal modo de aplicación en el tratamiento de las articulaciones. El tratamiento de las articulaciones de la médula espinal es una forma especial de tratamiento transregional, también conocido como aplicación paravertebral. Los electrodos se colocan a ambos lados de la espina dorsal, con el cátodo en el punto más aquejado de dolor.

Aplicación miogénica.

En este caso se trata tejido muscular. Ambos electrodos se colocan en la piel sobre el músculo a tratar, con el cátodo (-) en el punto más doloroso.

5.6. Polaridad.

El efecto galvánico neto del impulso bifásico asimétrico es cero. En general puede afirmarse que el cátodo (-) es el más estimulante, proporcionando el mayor efecto. El ánodo (+) es menos estimulante, por tanto, el cátodo (-) se aplica en la piel donde se busca la máxima efectividad. Según el tipo de aplicación los electrodos se colocan alineados o en posición opuesta.

5.7. Manejo.

La TENS puede empezar una vez fijados correctamente los electrodos a la piel. Primero, antes de encender el aparato, hay que decirle al paciente como funciona el aparato, y qué sensación le producirá la estimulación, subrayando que es leve y no puede hacerles daño: a muchos pacientes les asusta el término “corriente eléctrica”.

Hay que señalar que la única manera en que el paciente puede percibir un experiencia desagradable es si le dan un golpe accidental al aparato, provocando una repentina subida de intensidad. Sin embargo, esto no es probable con los aparatos modernos ya que disponen de pantalla protectoras o botones de presión.

Con todos los mandos puestos a cero, se enciende el aparato y se va aumentando la amplitud hasta que el paciente perciba una sensación de pulsación o zumbido leve. A continuación se debe escanear la frecuencia de pulsaciones de mínimo a máximo para mostrarle la gama al paciente. Entonces se le puede pedir al paciente que varíe la intensidad hasta encontrar el nivel más confortable y más eficaz para aliviar el dolor.

A menudo el paciente deja de percibir los estímulos al cabo de unos minutos y es necesario subir la intensidad hasta que se vuelva a notar el zumbido. Hay que reforzar en el paciente el principio que el estímulo no tiene que ser fuerte para ser eficaz, no debiendo ser ni demasiado fuerte ni doloroso.

Como ya se ha descrito, aumentar la anchura de la pulsación puede aumentar la intensidad del estímulo. Sin embargo, esto puede estimular a algunas fibras motoras provocando un efecto no necesario.

En pacientes con músculos desnervados y con muy poca actividad sensorial (p.ej. en lesiones avulsivas de plexo braquial) puede que sea necesario un aumento de la anchura de pulsación junto con un aumento de salida para que el paciente perciba el estímulo (Frampton, 1990).

5.8. Tiempo de tratamiento.

Períodos insuficientes de estimulación han dado lugar al fracaso de la TENS, y esta es la razón más corriente para el poco o ningún alivio del dolor con la TENS. Trabajos experimentales han mostrado que el TENS puede tener un efecto acumulativo (Sjolund y Eriksson, 1979; Woolfe et al., 1981; Wynn Parry, 1980).

Los principales efectos patofisiológicos después de lesiones nerviosas y las complejidades de los mecanismos del dolor crónico parecen apoyar la teoría de que se necesitan períodos prolongados de estimulación; para permitir que la médula espinal se alimente de nuevo de estímulos funcionales normales, es esencial un período prolongado de alivio del dolor para que los patrones normales de movimiento reemplacen los patrones centrales anormales que se han acumulado durante un largo período de tiempo. Inicialmente, la estimulación debe realizarse durante un mínimo de 2 a 4 horas. Sin embargo, los siguientes principios forman una guía para el tiempo de tratamiento:

- Un mínimo de 2 a 4 horas de estimulación continua por día.
- En condiciones dolorosas agudas, se debe aplicar estimulación continua durante 3 semanas, después del cual puede comenzar una reducción en el tiempo de tratamiento.
- Si se ha reducido la estimulación con la TENS a 1 hora diarias y vuelve el dolor, es imprescindible volver a un mayor tiempo de estimulación, p.ej. 3 horas al día durante una semana más antes de volver a comenzar a reducir.
- Se debe reducir el tiempo de tratamiento gradualmente hasta que no se necesite estimulación.
- En algunos casos de dolor agudo está indicado la estimulación durante 24 horas.
- En algunos casos de dolor crónico, los pacientes pueden necesitar el aparato de la TENS a largo plazo.

- La TENS puede utilizarse solamente por la noche, p.ej. en el dolor fantasma de miembros el dolor es a menudo más fuerte de noche cuando el paciente está intentando dormir; puede que además sea necesario que el paciente lleve de día una prótesis no sólo para ayudarlo con la marcha sino para restablecer algún estimulación aferente al muñón.

6. Técnicas de aplicación de los diferentes tipos de corrientes TENS.

6.1. TENS de frecuencia alta y amplitud baja (TENS convencional).

Este tipo de TENS se utiliza sobre todo para la disminución del dolor, las frecuencias más efectivas se sitúan entre los 60 y 110 Hz (recomendable como frecuencia de partida 80 Hz). Se comienza la aplicación ajustando una duración de fase relativamente breve (entre 60 y 150 μ seg.), luego se aumenta la amplitud hasta sentir un picor u hormigueo que provocará parestesias agradables, al seguir aumentando la amplitud se incrementará dicha sensación, debiendo incrementarse hasta que resulte incómoda, sin llegar a provocar dolor ni contracciones musculares en la zona de estimulación. Si esto ocurriera se debe bajar la amplitud.

Al disminuir la sensación de parestesias agradables, aproximadamente entre los 5 y 10 minutos de la aplicación y empezar a producirse la acomodación, se debe aumentar la duración de fase sin aumentar la amplitud, al aumentar la duración de fase se debería sentir la sensación de parestesias en regiones más profundas o más grandes. Si el estímulo no se hace más fuerte, ni más profundo, ni tampoco se extiende sobre un área más grande, se vuelve a ajustar la duración de fase original, incrementándose la amplitud hasta sentir nuevamente la sensación de parestesias.

En general, la estimulación debe mantenerse durante al menos 1 hora. Durante este tiempo la sensación de picor u hormigueo desaparece progresivamente, para obtener resultados óptimos se aconseja ajustar la amplitud del estímulo durante la sesión de manera que esa sensación de picor u hormigueo se perciba con la misma intensidad a lo largo de ella. Si pasados 30 a 45 minutos de estimulación el alivio del dolor es pequeño o inexistente, deben realizarse las modificaciones siguientes:

1. Cambiar la polaridad de los electrodos.
2. Cambiar la posición de los electrodos.
3. Utilizar la modulación de la frecuencia (espectro).
4. Aplicar la TENS por trenes de impulsos.

Pudiéndose continuar la sesión durante varias horas si es necesario para el alivio del dolor.

Los electrodos suelen colocarse encima de los nervios periféricos, responsables de la inervación en la zona dolorosa. En este caso un electrodo se encuentra en posición distal con respecto a la zona dolorosa para asegurar una conducción óptima a través de la zona. También se pueden colocar electrodos a la altura de los segmentos medulares, donde nacen los nervios periféricos relacionados. Se obtienen pocos resultados óptimos si se colocan los electrodos en regiones cutáneas de sensibilidad reducida.

La TENS convencional de frecuencia alta y amplitud baja suele ser efectivo en casos de hiperestésias y causalgias debidas a lesiones de los nervios periféricos, dolores fantasmas, cicatrices dolorosas, dolores postoperatorios y lumbalgias.

6.2. TENS de frecuencia baja y amplitud alta (TENS por trenes de impulsos).

Este método de estimulación se suele aplicar para el tratamiento de los dolores crónicos, tratar zonas dolorosas de situación profunda (dolor miofacial) o también cuando la TENS de frecuencia alta y amplitud baja no surte el efecto deseado.

Para la aplicación de la TENS por trenes de impulsos, se selecciona una duración de fase relativamente larga (150 a 250 μ seg.), una frecuencia de tren baja preferiblemente 2 Hz (aunque se puede elegir si no se obtienen los resultados esperados entre 1 y 5 Hz) y una amplitud elevada que produzca contracciones fuertes y visibles en los músculos con inervación correspondiente a la zona dolorosa.

El efecto analgésico utilizando esta técnica suele tardar en aparecer entre 25 y 35 minutos, contrario al efecto frecuentemente rápido de la TENS convencional de alta frecuencia. Sin embargo, el efecto prolongado después de la estimulación es considerablemente más duradero que con el de la TENS convencional, debido a que este método produce una disminución del dolor mediante la liberación de endorfinas a nivel espinal y supraespinal.

En la técnica de aplicación de este método, la amplitud se subirá lentamente hasta que aparezcan contracciones musculares bajo los electrodos, se continuará subiendo la amplitud hasta que las contracciones sean irreprimibles, pero no incómodas. Se debe ajustar la amplitud del estimulador de manera que las contracciones se mantengan a ese nivel durante toda la sesión, que se prolongará durante 30 a 60 minutos. No se debe aplicar sesiones de tratamiento de más de 60 minutos continuadas, a causa del riesgo de cansancio en los músculos excitados y del dolor que se produce por las contracciones musculares persistentes.

Los electrodos suelen colocarse encima de los nervios periféricos que inervan los músculos relacionados, o encima de los puntos motores que normalmente se encuentran a un tercio del vientre muscular en posición proximal.

7. Discusión.

De los ensayos recientes, uno de Johnson et al. (1991b) examinó 179 pacientes que utilizaban la TENS a largo plazo. Los resultados fueron los siguientes:

- 47% de los pacientes afirmaron experimentar una reducción del dolor de por lo menos el 50%.
- 13.7% afirmaron no experimentar ningún alivio del dolor.
- 15% constataron la desaparición total del dolor.
- dos tercios de los pacientes que afirmaron no experimentar ningún alivio siguieron, sin embargo, utilizando la TENS a diario.
- 25% de los pacientes utilizaron estimulación diaria (se utilizó la TENS entre 39.7 y 19.8 horas por semana, i.e. 6.1 días a la semana durante entre 6.3 y 2.5 horas por día).
- el principio de alivio del dolor ocurrió en menos de 0.5 horas en 75% de los pacientes, y en menos de una hora en 95%.
- 30% de los paciente *recibieron/experimentaron* 1 hora de analgesia post TENS.
- 51% experimentaron menos de 30 minutos de analgesia post TENS.

No se percibió diferencia significativa del tiempo del principio de alivio del dolor ni del tiempo de alivio post TENS entre la estimulación de ráfaga o continuo.

Los autores de este estudio sugieren que los pacientes con alivio rápido del dolor, pero con cese rápido del alivio después del tratamiento con la TENS, pueden haber demostrado el mecanismo de control de puerta, mientras que los pacientes cuyo alivio fue más prolongado pueden haber demostrado el mecanismo de segregación de endorfinas.

Los pacientes parecen elegir los parámetros por razones de comodidad (Johnson, 1991c); siendo esencial por lo tanto que los pacientes prueben distintos parámetros y distintos emplazamientos de los electrodos sistemáticamente a lo largo de períodos sucesivos de tratamiento.

7.1 Resolución de problemas - razones de malos resultados.

Los malos resultados pueden atribuirse a un número de factores distintos que, aunque parezcan triviales por separado, en conjunto constituyen la razón más corriente por dar por insatisfactorio el tratamiento con la TENS. Los factores específicos que pueden llevar individualmente o en conjunto a unos resultados pobres se resumen la Tabla 2. Merece la pena señalar que si no se considera la TENS como una parte de lo que debe ser un programa comprensivo de fisioterapia conllevará a unos resultados peores que los anticipados.

Tabla 2.

Motivos de malos resultados con la TENS	

El Paciente	➤ Selección inadecuada de pacientes (históricos, no fiables)
Técnicas del Fisioterapeuta	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Electrodos mal colocados. ➤ Falta/exceso de gel electro-conductor. ➤ Insuficiente tiempo de tratamiento. ➤ No se adaptó la técnica para maximizar la eficacia terapéutica en cada caso, p.ej. cambiar sistemáticamente los parámetros de estimulación, colocación de electrodos o el tamaño de estos.
El aparato de la TENS	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Pilas gastadas o en mal estado. ➤ No se reemplazaron almohadillas de electrodos gastadas. ➤ Se utilizaron cables débiles. ➤ No se probaron variaciones de corriente.
Interpretación	➤ Los resultados no se controlaron/documentaron adecuadamente para su comparación y seguimiento.

7.2. Selección del aparato.

Es importante tener en cuenta los siguientes factores a la hora de elegir un aparato. Idóneamente, debe:

- ser compacto, pequeño y ligero de peso.
- ser robusto y duradero.
- tener caja de bajo perfil.
- tener mandos fáciles de manejar con protectores para evitar los golpes accidentales.
- tener una selección de tamaños y tipos de electrodo, y cables resistentes que no se rompan con facilidad.
- tener buen servicio de mantenimiento del fabricante.
- ofrecer unidades de frecuencia modulada, de ráfaga o continuo.

7.3 Control.

Después de asesorar correctamente el fisioterapeuta al paciente, es esencial enfocar el perfil y el comportamiento del dolor analizándolo desde los diferentes parámetros y puntos de vista, como los que a continuación se muestran en la tabla número 3 .

Tabla 3. Gráfico del comportamiento del dolor

DOLOR
Forma de inicio
Dolor en aumento / estático / en disminución
Naturaleza del dolor
Distribución del dolor
Frecuencia del dolor al cabo del día
Patrón del dolor diario
¿Se agrava el dolor?
¿Se atenúa el dolor?
Medicación
Alteraciones del sueño
COMENTARIOS

Un cambio en el patrón del dolor puede ser la meta de tratamiento marcada, y el éxito de la TENS puede evaluarse comparando los cambios que ocurren con tratamientos sucesivos.

Por ejemplo, en un paciente que padece un dolor de quemazón severo y constante o un dolor agudo espasmódico, después del tratamiento con la TENS puede dar lugar a una disminución del dolor espasmódico con la aparición de este una vez cada hora en vez de cada cinco minutos como antes del tratamiento con la TENS tenía.

Puede que no sea posible cambiar el comportamiento total del dolor sino solamente algunas facetas de sus características. Un análisis cuantitativo del dolor utilizando un escala analógica visual de 10 cm, puede ser una buena manera de medir el alivio objetivo del dolor en sesiones sucesivas de tratamiento, como el que se muestra en la Tabla nº 4.

Nombre.....	Historia nº.....	Fecha.....
Fecha.....		
Antes de la estimulación	No dolor 0.....1.....2.....3.....4.....5.....6.....7.....8.....9.....10 Máximo dolor	
Después de la estimulación	No dolor 0.....1.....2.....3.....4.....5.....6.....7.....8.....9.....10 Máximo dolor	

Fecha.....	
Antes de la estimulación	No dolor 0.....1.....2.....3.....4.....5.....6.....7.....8.....9.....10 Máximo dolor
Después de la estimulación	No dolor 0.....1.....2.....3.....4.....5.....6.....7.....8.....9.....10 Máximo dolor
Fecha.....	
Antes de la estimulación	No dolor 0.....1.....2.....3.....4.....5.....6.....7.....8.....9.....10 Máximo dolor
Después de la estimulación	No dolor 0.....1.....2.....3.....4.....5.....6.....7.....8.....9.....10 Máximo dolor
Fecha.....	
Antes de la estimulación	No dolor 0.....1.....2.....3.....4.....5.....6.....7.....8.....9.....10 Máximo dolor
Después de la estimulación	No dolor 0.....1.....2.....3.....4.....5.....6.....7.....8.....9.....10 Máximo dolor
Fecha.....	
Antes de la estimulación	No dolor 0.....1.....2.....3.....4.....5.....6.....7.....8.....9.....10 Máximo dolor
Después de la estimulación	No dolor 0.....1.....2.....3.....4.....5.....6.....7.....8.....9.....10 Máximo dolor
Fecha.....	
Antes de la estimulación	No dolor 0.....1.....2.....3.....4.....5.....6.....7.....8.....9.....10 Máximo dolor
Después de la estimulación	No dolor 0.....1.....2.....3.....4.....5.....6.....7.....8.....9.....10 Máximo dolor

Tabla 4. Gráfico visual analógico. En uno de tamaño real, la escala mide 10 cm de largo. Esto permite que el fisioterapeuta obtenga datos precisos del dolor del paciente después de cada sesión de tratamiento.

En cambio, una puntuación verbal de 0 - 10 puede ser menos precisa, aunque sigue siendo un punto de partida útil desde el cual analizar el tratamiento. Una puntuación antes y después del tratamiento ayuda, aunque esto no sea siempre posible si el paciente se lleva el aparato de la TENS a su casa. Una semana de prueba es esencial por las razones previamente descritas, y un registro de la colocación de electrodos es esencial para dejar constancia de colocaciones sucesivas

Además, hace falta un gráfico de datos para anotar el tiempo de tratamiento, la situación de los electrodos, los parámetros utilizados y la respuesta. El gráfico debe incluir también una columna para comentarios que permitan añadir información sobre la ingestión de medicamentos, ya que el éxito de la TENS, puede que sea la reducción en la cantidad y frecuencia de toma de la medicación analgésica.

Es esencial revisar los pacientes al día siguiente de la aplicación inicial de la TENS. Es útil pedir que el paciente vuelva a colocarse la TENS delante de nosotros como en su casa para poder asesorarlo mejor en cuanto a su técnica y a la colocación de los electrodos. Si a principio no se obtiene éxito, puede que sea mejor que el paciente asista a diario para intentar encontrar la mejor situación de los electrodos.

Por este motivo, debe evitarse empezar en viernes si no se puede revisar durante el fin de semana.

Fecha	TENS Modelo	Número	Hora de comienzo	Hora de terminación	Electrodos: Posición Tamaño	Posición más efectiva	Comentarios

Tabla 5. Tabla de datos de la TENS

7.4 Filosofía del Tratamiento.

Muchos pacientes que llevan largo tiempo padeciendo dolores crónicos confían demasiado en el alivio del dolor. Es, por consiguiente, esencial que se marquen objetivos claros y alcanzables antes de iniciar el tratamiento, y debe quedar clara que el dolor puede atenuarse pero no desaparecer del todo.

Se pueden fijar distintas metas para distintas condiciones, p.ej. un paciente con 11 años de dolor lumbar no experimentará los mismos resultados que un paciente con sólo un mes de dolor. Hay que racionalizar las expectativas del paciente sin desalentarle ni minarle la moral, que puede estar ya minada; es muy importante ganar la confianza del paciente ya que la motivación y el ánimo son ingredientes esenciales del tratamiento para los pacientes de dolor crónico.

Algunas condiciones dolorosas crónicas para las cuales se puede usar la TENS están en la lista siguiente.

Tabla 6. Condiciones dolorosas crónicas comunes.

- lesiones avulsivas del plexo braquial, lesiones de nervios periféricos, p.ej. neuroma doloroso.
- lesiones de compresión nerviosa y distrofia simpática refleja, p.ej. síndrome del túnel carpiano.
- dolor del muñón y/o dolor fantasma de miembros.
- neuralgia post herpética.
- dolor de espalda y cuello asociado con dolor de pierna o brazo respectivamente.
- neuralgia del trigémino.
- dolor post operatorio.
- dolor en los enfermos terminales.
- dolor obstétrico.

8. Contraindicaciones absolutas y relativas.

La TENS es una modalidad extremadamente segura; las contraindicaciones generalmente se basan en el sentido común, y los citan los fabricantes para evitar posibles litigios. Los más comunes incluyen:

No utilizar la TENS en personas que:

- tengan marcapasos.
- padezcan enfermedades del corazón o arritmias (a menos que lo recomiende el cardiólogo después de evaluar el paciente).
- padezcan dolor sin diagnosticar (a menos que lo recomiende un médico después de evaluar al paciente).
- padezcan epilepsia, sin consultar los cuidados y consejos necesarios con el médico.
- durante los tres primeros meses del embarazo.

No utilizar la TENS en las siguientes zonas corporales:

- la boca.
- el trayecto de la arteria carótida.
- donde la piel esté lesionada.
- sobre la piel anestesiada.
- sobre el abdomen durante el embarazo.

- cerca de los ojos.

Existen pocos datos que apoyen la afirmación de algunos fabricantes de que no se debe utilizar durante el embarazo, algunos estudios han demostrado la inocuidad de la TENS durante el embarazo. De hecho, muchos fisioterapeuta obstétrico recomiendan la TENS en lugar de fuerte medicamentos analgésicos durante el embarazo y la lactancia (Polden, 1994).

Resumiendo, y en espera de más estudios investigación, la TENS puede utilizarse en zonas que no sea el abdomen de la embarazada, como podría ser por ejemplo el cuello (Mannheimer y Lampe, 1984).

Principios de seguridad básicos incluyen:

- mantener los aparatos de la TENS fuera del alcance de los niños.
- no utilizar la TENS mientras se maneja aparatos potencialmente peligrosos ni vehículos.
- apagar el aparato antes de colocar y quitar los electrodos.
- después de la aplicación prolongada, puede ocurrir irritación local de la piel o una reacción alérgica debajo o alrededor de los electrodos después de la estimulación.
- se asegura el cuidado de la piel si la zona de aplicación y los electrodos se lavan después de la estimulación para evitar exantema y para que no se pudra la goma del electrodo.

La respuesta alérgica y la irritación de la piel constituyen el problema más corriente de la TENS. Hay muy pocas razones por los cuales no se debe usar la TENS, y es una de las técnicas para aliviar dolor menos invasivas a nuestra disposición.

9. Conclusión.

La TENS proporciona una modalidad no-invasiva y barata para aliviar el dolor. Es esencial que se controle y se evalúe correctamente y que se considere dentro del contexto de un programa de recuperación funcional completa para la reducción del dolor crónico (Frampton, 1994).

La falta de información e instrucción a los pacientes, del control y seguimiento necesarios le negará a los pacientes que padece dolores crónicos la oportunidad de apreciar plenamente el alcance de este pequeño aparato.

Bibliografía.

Altree, J; (1994) Acupuncture, in Wells, P. E., Frampton, V. M., Bowsher, D (eds) *pain Management by*

Physiotherapy, p 104., Butterworth Heineman, London.

Anderson, S. A., Hansson, G, Holmgren, E, Renberg, O (1976) Evaluation of the pain suppressing effect of different frequencies of peripheral electrical stimulation in chronic pain conditions. *Acta Orthopaedica Scandinavia* 47: 149-57

Bates, J. A. V., Nathan, P. W. (1980) Transcutaneous electrical nerve stimulation for chronic pain. *Anaesthesia* 35: 817-22.

Besson, J. M.; Chaouch, A. (1987) Peripheral and Spinal Mechanisms of Nociception. *Physiological Reviews*, vol. 67, nº 1.

Bowsher, D. (1994) Modulation of nociceptive input, in Wells, P. E., Frampton V. M., Bowsher, D, (eds) *Pain Management by Physiotherapy*, p 56. Butterworth Heinemann, London.

Chung, J. M., Lee, K. H., Haar, Y., Endo, K., Willis, W. D. (1984) Factors influencing peripheral nerve stimulation produce inhibition of primate spinothalamic tract cells. *Pain* 19: 277-293.

Devor, M. (1989) The pathophysiology of damaged peripheral nerves, in Wall, P. D., Melzack, R (eds) *Textbook of Pain*, pp 63-81. Churchill Livingstone, Edinburgh.

Eriksson, M. B. E., Sjolund, B. H., Neilzen, S (1979) Long term results of peripheral conditioning stimulation as an analgesic measure in chronic pain. *Pain* 6: 335-47.

Frampton, V. M. (1982) Pain control with the aid of transcutaneous nerve stimulation. *Physiotherapy* 68 (3): 77-81.

Frampton, V. M. (1990) Therapist's management of brachial plexus injuries, in Hunter, Schneider, Mackin and Callahan (eds) *Rehabilitation of the Hand: Surgery and Therapy*, pp 630-639. C V. Mosby, St. Louis

Frampton, V. M. (1994) Transcutaneous electrical nerve stimulation an Chronic Pain, in Wells, P. E., Frampton V. M., Bowsher, D, (eds) *Pain Management by Physiotherapy*, p 56. Butterworth Heinemann, London.

Frampton, V. M. (1996) Transcutaneous Electrical Nerve Stimulation in *Clayton's Electrotherapy 10th edition*. Wb Saunders Company Ltd, London, pp 287-305.

Handwerker, H. O., Iggo, A., Zimmermann, M (1975) Segmental and supraspinal actions on dorsal horn neurons responding to noxious and non-noxious skin stimuli. *Pain* 1:147-65.

Howson, D. C. (1978) Peripheral Nerve Excitability, Implications for Transcutaneous Electrical Nerve Stimulation. *Physical Therapy*, vol. 58, nº 12.

Jhonson M. I., Ashton, C. H., Bousfield, D. R.,Thompson, J. W. (1991a) Analgesic effects of different pulse patterns of transcutaneous electrical nerve stimulation on cold-induced pain in normal subjects. *Journal of Psychosomatic Research* 35(2/3): 313-321.

Jhonson M. I., Ashton, C. H., Thompson, J. W. (1991b) An indepth study of long term users of transcutaneous electrical nerve stimulation (TENS). Implication for clinical use of TENS *Pain* 44:221-229.

Jhonson M. I., Ashton, C. H., Thompson, J. W. (1991c) The consistency of pulse frequencies and pulse patterns of transcutaneous electrical nerve stimulation (TENS) used by chronic pain patients. *Pain* 44:231-234.

Kaada, B. (1982) Vasodilatation induced by Transcutaneous Nerve Stimulation in Peripheral Ischemia. *European Heart Journal*, nº 3, pp303-314.

Mannheimer, J. S., Lamper, G. N. (1984) *Clinical Transcutaneous Electrical Nerve Stimulation*. F A Davis,

Philadelphia.

Melzack, R.; Wall, P. D. (1965) Pain Mechanisms: A New Theory. *Science*, nº 150, pp 971-979.

Melzack, R.; Stillvell, D. M., Fox, E. J. (1977) Trigger points and acupuncture points for pain. Correlations and implication. *Pain* 3:3-23.

Omura, Y. (1987) Basic electrical parameters for safe and effective electro-therapeutics (electro-acupuncture TES TENMS (or TEMS) TENS and electro-magnetic field stimulation with or without drug field) for pain neuro-muscular skeletal problems and circulatory disturbances. *Acupuncture and Electrotherapy* 12: 201-225.

Ottoson, D.; Lundebert, T. (1988) *Pain Treatment: A Practical Manual by Transcutaneous Electrical Nerve Stimulation*. Springer Verlag, Berlin.

Polden, M (1994) Pain relief in obstetrics and gynaecology, in Wells, P. E., Frampton, V. M., Bowsher, D (eds) *pain Management by Physiotherapy*,. Butterworth Heineman, London.

Pomeranz, B., Niznick, G (1987) Codetron, a new electrotherapy device overcome the habituation problems of conventional TENS devices. *AMJ Electromed*. First quarter 22-26.

Salar, G., Job, I., Mingrito, S et al. (1981) Effects of transcutaneous electrotherapy on CSF b-endorphin content in patients without pain problems. *Pain* 10: 169-172.

Sato, A.; Schmidt, R. F. (1973) Somatossympathetic Reflexes: Afferent Fibres, Central Pathways, Discharge Characteristics. *Physiological Reviews*, vol. 53, nº 4, pp 916-947.

Sjölund, B. H.; Eriksson, M. B. E. (1979) Endorphins and Analgesia Produced by Peripheral Conditioning Stimulation. *Advances in pain Research and Therapy*, vol. 3.

Sjölund, B. H. (1985) Peripheral nerve stimulation suppression of C fibre-evoked flexion reflex in rats. *Journal of Neurosurgery* 63: 612-616.

Stralen, C. J. C. van. (1984) Transcutane elektrische prikkelling bij Claudicatio Intermittens. *Nederlands Tidschrift voor Fysiotherapie*, vol. 94, nr. 11, blz. 226.

Thompson, J. W. (1987) The role of transcutaneous electrical nerve stimulation (TENS) for the control of pain, in Doyle, D. (Ed) *International Symposium on Pain Control*, pp 27-47. Royal Society of Medical Services, London.

Tulgar, M., McGlone, F., Bowsher, D., Miles, J. B. (1991a) Comparative effectiveness of different stimulation modes in relieving pain. Part I A Pilot Study. *Pain* 47: 151-155.

Tulgar, M., McGlone, F., Bowsher, D., Miles, J. B. (1991b) Comparative effectiveness of different stimulation modes in relieving pain. Part II A double blind controlled long-term clinicaql trial. *Pain* 47: 157-162.

Wall, P. D., Devor, S. (1981) The effect of peripheral nerve injuri on dorsal root potentials and on transmission of afferent signals into the spinal cord. *Brain Research* 209: 95-111.

Wolf, S. L. (1978) Perspectives on Central Nervous System Responsiveness to Transcutaneous Electrical Nerve Stimulation. *Physical Therapy*, vol. 58, nº 12.

Woolfe, C. J., (1989) Segmental afferent fibre-induced analgesia. Transcutaneous electrical nerve stimulation (TENS) and vibration, in Wall, P. D., Melzack, R. (Eds) *Textbook of Pain*, pp 884-896. Churchill Livingstone, Edinburgh.