

## Efectividad de la TENS analgésica en función de los parámetros empleados. Un tema controvertido

### *Effectiveness of the analgesic TENS in function of the used parameters. A controversial topic*

**J. J. Jiménez Rejano.** Fisioterapeuta. Doctor por la Universidad de Sevilla. Prof. Asociado. Departamento de Fisioterapia. Universidad de Sevilla. Sevilla. España

**J. Rebollo Roldán.** Fisioterapeuta. Doctor en Pedagogía. Catedrático de Escuela Universitaria. Departamento de Fisioterapia. Universidad de Sevilla. Sevilla. España

**J. Maya Martín.** Fisioterapeuta. Licenciado en Kinesiología y Fisiatría. Profesor Titular de Escuela Universitaria. Universidad de Sevilla. Sevilla. España

#### Correspondencia:

José Jesús Jiménez Rejano

[jjjimenez@us.es](mailto:jjjimenez@us.es)

Recibido: 1 junio 2007

Aceptado: 30 junio 2007

#### RESUMEN

*Introducción:* la corriente rectangular bifásica asimétrica (CRBA) o TENS analgésica es un procedimiento ampliamente empleado por un gran número de fisioterapeutas. En numerosas investigaciones los diversos autores utilizan parámetros distintos de esta corriente, por lo que no hemos podido establecer con cuáles de ellos se manifiesta más eficaz. Del mismo modo, encontramos que en la práctica clínica habitual los fisioterapeutas utilizan aquellos parámetros que consideran más efectivos en función de su experiencia. *Objetivo:* pretendemos realizar un estudio de revisión para encontrar los parámetros más adecuados de la CRBA que se deben emplear para producir una analgesia eficaz en los distintos tipos de dolor. *Material y método:* hemos realizado una revisión bibliográfica en diferentes bases de datos (Pubmed, Elsevier, PEDro, The Cochrane Database of Systematic Reviews, ENFISPO y Scopus) empleando como términos de búsqueda las palabras clave TENS, *pain, efficacy, parameter, frequency, intensity, pulse duration*. Recopilamos trabajos de investigación desarrollados desde 1970 hasta 2008. Hemos incluido ensayos clínicos controlados aleatorizados y con doble ciego, investigaciones en modelos humanos sanos y en modelos animales, revisiones y estudios metaanalíticos que se centrasen en el análisis de la eficacia de la TENS analgésica en función de los parámetros empleados, excluyendo aquellos trabajos que no presentasen estas características. Hemos analizado más de 200 artículos incluyendo en el estudio solamente 40. *Resultados y discusión:* todos los autores postulan que la elección de los parámetros más adecuados para cada paciente determinará un mayor grado de efectividad del tratamiento aplicado, alcanzándose una máxima disminución del dolor. Sin embargo, existe una gran controversia entre los diversos investigadores en cuanto a determinar cuáles son los parámetros más adecuados para los diversos tipos de dolor.

**Palabras clave:** TENS, dolor, eficacia, parámetro, frecuencia, intensidad, duración del impulso.

#### ABSTRACT

*Introduction:* the asymmetric byphasic rectangular current (ABRC) or analgesic TENS is a procedure broadly used by a great number of physiotherapists. In investigations developed by diverse authors we find that they use

*different parameters of ABRC. This also happens in the habitual clinical practice, in which a great quantity of physiotherapists uses those parameters that consider as more effective in function of its experience. Objective: we seek to carry out a revision study to find the most appropriate parameters in the ABRC. that should be used to produce an effective analgesia for the different pain types. Material and method: we have carried out a bibliographical review in different databases (Pubmed, Elsevier, Pedro, The Cochrane Database of Systematic Reviews, ENFISPO and Scopus) using as search terms the words TENS, pain, efficacy, parameter, frequency, intensity, pulse duration. We recover investigations developed from 1970 up to 2008. We have included randomized controlled clinical trials and with blind double, investigations in healthy human models and in animal models, reviews and metaanalitics studies and that analyzed analgesic TENS effectiveness in order of the used parameters, excluding those articles that does not present these characteristics. We have analyzed more than 200 articles only including 40. Results and conclusions: great controversy exists among the diverse investigators that analyze the possible effectiveness of the analgesic TENS as for the parameters that recommend to use in different pathologies. However all the authors postulate that the election of the most appropriate parameters for each patient will determine a bigger grade of effectiveness of the applied treatment, being reached a maximum decrease of the pain.*

**Key words:** TENS, pain, efficacy, parameter, frequency, intensity, pulse duration.

## INTRODUCCIÓN

La corriente rectangular bifásica asimétrica (CRBA) o TENS analgésica constituye uno de los principales procedimientos fisioterapéuticos para paliar el dolor. En un trabajo anterior<sup>(1)</sup> señalamos que la CRBA es usada de forma amplia por numerosos fisioterapeutas, los cuales utilizan una gran diversidad de parámetros, pues, habitualmente, disponen aquellos que, según su experiencia, les han permitido alcanzar los mejores resultados. Del mismo modo, en un primer acercamiento a las investigaciones que se han venido desarrollando en esta temática hasta la fecha, observamos que los diversos autores también emplean gran diversidad de parámetros de la CRBA. Por otra parte, la mayoría de estos autores afirman que esta modalidad de corriente es efectiva para paliar los diferentes tipos de dolor, aunque en numerosas ocasiones no expresan los parámetros utilizados<sup>(2-12)</sup>. Consecuentemente, no hemos podido determinar cuáles son los parámetros más adecuados para producir una analgesia eficaz por medio de la CRBA.

Así pues, con el propósito de que en la práctica clínica podamos emplear esta modalidad de corriente con criterios contrastados, nos planteamos como objetivo del presente trabajo realizar un estudio de revisión, para encontrar los parámetros más adecuados de la CRBA que se deben emplear para producir una analgesia eficaz en los distintos tipos de dolor.

## MATERIAL Y MÉTODO

Hemos realizado un rastreo bibliográfico en las siguientes bases de datos: Pubmed, Elsevier, PEdro, The Cochrane Database of Systematic Reviews, ENFISPO y Scopus. En las bases de datos de lengua inglesa hemos empleado como términos de búsqueda las palabras clave: *TENS, pain, efficacy, parameter, frequency, intensity, pulse duration*, mientras que en las bases de datos en castellano hemos utilizado los términos correspondientes en español, TENS, dolor, eficacia, parámetro, frecuencia, intensidad, duración del impulso. Hemos analizado trabajos de investigación desarrollados desde los inicios de la pasada década de los setenta hasta la actualidad y centrados en el análisis de la eficacia de la TENS analgésica en función de los parámetros de corriente empleados, que cumplieran los siguientes criterios de inclusión:

1. Ensayos clínicos.
2. Estudios controlados.
3. Aleatorizados.
4. Con doble ciego.
5. Estudios desarrollados sobre modelos animales.
6. Estudios de revisión.
7. Estudios metaanalíticos.
8. Centrarse en el estudio de la eficacia de la TENS analgésica en función de los parámetros de la corriente empleados.

Analizamos más de 200 artículos, de los que seleccionamos aquellos que cumplían los criterios de inclusión comentados que fueron 40.

## RESULTADOS

Presentamos los resultados de nuestro estudio en función del papel que desempeñan los diferentes parámetros de la CRBA en su efectividad.

### Efectividad en función de la frecuencia

Numerosos autores<sup>(2-8, 13-17)</sup> defienden que la efectividad de la CRBA para reducir el dolor viene determinada, especialmente, por la frecuencia de la misma. La frecuencia destaca por ser uno de los parámetros que presenta mayor controversia en cuanto a cuáles, de todas las posibles, son las óptimas para tratar cada tipo de dolor<sup>(2-8, 12)</sup>. Algunos investigadores<sup>(2, 6, 13)</sup> coinciden en que intentar esclarecer este punto es una tarea ardua y compleja, porque existe una considerable diversidad en la frecuencia escogida por cada autor, y porque son muy pocos los artículos publicados en los que aparece reflejada la frecuencia empleada. Johnson y cols.<sup>(6)</sup> afirman que hasta su estudio de 1991 no se había publicado la frecuencia empleada durante una serie de sesiones de tratamiento. Por otro lado, cada modelo de electroestimulador permite utilizar unos valores determinados de frecuencias, lo que introduce mayor variabilidad.

Existen estudios en los que se permite a los sujetos probar diferentes frecuencias y escoger la que en su opinión es más efectiva, mientras que en otros los parámetros aplicados son fijados por el fisioterapeuta. Diversos autores apoyan el primer modo de aplicar la corriente<sup>(6)</sup>, mientras que otros sostienen que esta forma de actuar está en contra de todo procedimiento científico<sup>(2)</sup>, debiendo desarrollarse estudios en los que se determinen de forma científica cuáles son los parámetros que deben emplearse en cada caso concreto.

Johnson y cols.<sup>(6)</sup>, partidarios de la libre elección de la dosificación por el paciente, consideran que ésta es la manera apropiada debido a que es difícil predecir la naturaleza exacta y la distribución de la forma de corriente que se debe emplear, lo que viene motivado por la impedancia compleja y no homogénea de los tejidos que subyacen bajo los electrodos<sup>(18)</sup>.

Linzer y Long<sup>(13)</sup>, también partidarios de la libre elección de la dosificación, en su trabajo realizado sobre 23 pacientes que experimentaron una reducción de su dolor al aplicárseles CRBA, afirmaron que cuando los sujetos pueden escoger la frecuencia, el 74 % emplean valores entre 1 Hz y 60 Hz, aunque no especificaron el valor óptimo.

Myers y cols.<sup>(19)</sup> estudiaron la efectividad de esta corriente para paliar el dolor agudo traumático motivado por una fractura costal, para lo que aplicaron una frecuencia entre 12 Hz y 100 Hz. Afirmaron que los pacientes seleccionaron frecuencias que les proporcionaron una sensación confortable, pero no refirieron cuáles fueron las frecuencias más efectivas.

Johnson y cols.<sup>(5)</sup> investigaron en 1989 sobre la analgesia con CRBA en sujetos sanos a los que inducían dolor con frío, observando que frecuencias entre 20 Hz y 80 Hz eran las más efectivas, señalando que concretamente 40 Hz resultó ser la óptima. Estos autores consideraron que su trabajo ofrecía evidencias suficientes para afirmar que cada paciente prefiere una frecuencia particular para tratar su dolor, es decir, empleaban frecuencias específicas únicas de cada individuo, dependiendo éstas de una compleja combinación de variables relacionadas con cada sujeto. Estas afirmaciones se sustentaron en el hecho de que al inicio del tratamiento los sujetos probaron todas las frecuencias y patrones de estimulación (continuo y pulsátil) posibles. El 73 % de los individuos regularmente reajustaban la frecuencia de forma previa a su utilización. Además, los pacientes, una vez probado todo el espectro de frecuencias, retornaban a su preferida, que era la que producía una máxima analgesia.

Estos mismos autores, en 1991<sup>(6)</sup>, realizaron un estudio en el que pretendían analizar si existen diferencias en el tratamiento por medio de la modalidad pulsátil (o de ráfagas) o continua. Trabajaron con sujetos con dolor crónico que usaban la CRBA durante un año, los cuales pudieron elegir los parámetros de la corriente. Registraron la frecuencia y el patrón de impulsos usados por los pacientes. Un 56 % de los sujetos tratados prefería el modo de tratamiento continuo, que ocasionaba mayor disminución de su dolor, mientras que un 44 % prefería el pulsátil. Los pacientes experimentaron con todos los valores de los parámetros que presentaban los electroestimuladores, excepto la modalidad de «acupuntura». Las frecuencias preferidas oscilaron de 1 a 70 Hz.

Otros autores han desarrollado estudios en los que el profesional escoge varias frecuencias y determina cuál

genera la mayor analgesia en los pacientes. En esta línea se encuentran Mannheimer y Carlsson<sup>(14)</sup>, quienes afirmaron que la CRBA convencional a 3 Hz era menos efectiva que a 70 Hz en pacientes con artritis reumatoide. Emplearon la CRBA en 20 pacientes con dolor severo motivado por aquella patología y utilizaron tres frecuencias diferentes: 70 Hz en modo continuo, 3 Hz también de forma continua, y modalidad pulsátil con una frecuencia base de 70 Hz y trenes de impulsos a 3 Hz. La primera se mostró un poco más efectiva que la tercera, aunque prácticamente igual, no existiendo una diferencia estadísticamente significativa entre ambas; la segunda modalidad resultó ser menos efectiva que las dos anteriores. Además registraron el tiempo que duraba la reducción del dolor tras el cese de la electroestimulación y observaron que fue de 18 horas para la frecuencia de 70 Hz, 15 horas para el modo pulsátil y 4 horas para la frecuencia de 3 Hz. Por el contrario, Grazio y cols.<sup>(17)</sup> sostuvieron que, en circunstancias similares en la misma patología, la CRBA a 75 Hz (modo convencional de elevada frecuencia) produce igual analgesia que otra a 4 Hz (modo similar a la acupuntura). Por lo tanto, cuestionan las afirmaciones de Mannheimer y Carlsson, lo que nos lleva a dudar de los resultados obtenidos en ambos trabajos.

Tradicionalmente se ha sostenido que impulsos entre 80-120 Hz<sup>(2, 15)</sup> pueden ser empleados como los más efectivos para paliar el dolor, pero no existen evidencias concluyentes a este respecto. Linzer y Long<sup>(13)</sup> comentan que buena parte de los fisioterapeutas consideran que el rango de frecuencias más efectivo abarca entre 50 y 100 Hz. Asimismo, autores como Sjölund<sup>(16)</sup> manifiestan que una frecuencia de 80 Hz combinada con unos niveles de intensidad elevados produce los mayores niveles de supresión del reflejo de flexión plantar mediado por las fibras C en un modelo animal. Aramburu de Vega<sup>(3)</sup> postula que en el dolor agudo las frecuencias a utilizar oscilan entre 80 y 120 Hz, mientras que en dolores crónicos se deben aplicar frecuencias de 1 Hz a 20 Hz.

Herman y cols.<sup>(20)</sup> analizaron la efectividad de la CRBA en la lumbalgia aguda asociada a una determinada actividad laboral, administrando a los pacientes una frecuencia de 200 Hz en modo continuo durante 15 minutos, con una intensidad que generaba una sensación fuerte pero confortable, seguida de otra aplicación de 15 minutos de CRBA con una frecuencia base de 200 Hz y trenes de impulsos de 4 Hz, produciendo una sensación muy fuerte y contracción muscular local. Estos autores concluyeron que el uso conjunto de estas corrientes no resultó efectivo.

Morgan y cols., en 1995<sup>(21)</sup>, investigaron la disminución del dolor en el hombro mediante el uso de CRBA. En su opinión se producía una reducción del 50 %, respecto del dolor inicialmente referido por los sujetos, al usar CRBA de elevado rango con una frecuencia entre 80 Hz y 120 Hz, frente a un 38 % de reducción del dolor al emplear CRBA de bajo rango de 2 Hz a 5 Hz.

Lang y cols.<sup>(22)</sup> analizaron el empleo de CRBA para reducir el dolor agudo postraumático en las fracturas de cadera, durante el transporte urgente desde el lugar del suceso hasta el hospital. Según estos autores, en esas situaciones existe una necesidad urgente de aplicar terapias no farmacológicas para paliar el dolor. Seleccionaron una muestra de 101 individuos que participaron en un estudio de doble ciego, con un grupo control placebo y otro al que se le aplicó un tratamiento real con CRBA durante el transporte urgente. Consideraron un valor de frecuencia de 100 Hz como el más adecuado. Encontraron que el grupo con tratamiento real mostró mejores resultados, existiendo una diferencia estadísticamente significativa entre los valores encontrados, por lo que concluyeron que la CRBA con esta frecuencia es efectiva para reducir el dolor agudo postraumático.

También se ha estudiado cuáles son los parámetros óptimos para reducir el dolor inducido en modelos animales. En este campo destacan Ainsworth y cols.<sup>(23)</sup>, quienes afirmaron que frecuencias de 100 Hz y de 4 Hz son efectivas para disminuir la hiperalgesia crónica en ratas; hiperalgesia inducida mediante la inyección de un fármaco que generaba la inflamación del músculo gastrocnemio izquierdo. Vance y cols.<sup>(24)</sup> estudiaron cómo la CRBA reduce la hiperalgesia aguda primaria en ratas a las que se les inflama la rodilla. Evaluaron la reducción del dolor al aplicar corriente a las 4 horas, a las 24 horas y a las dos semanas, después de que se provocara la inflamación. Los sujetos se distribuyeron en tres grupos: en el primero aplicaron un placebo, en el segundo CRBA de 100 Hz y en el tercero de 4 Hz. Vance y cols. encontraron que el dolor se reducía en el segundo y en el tercer grupo, tanto a las 24 horas como a las dos semanas de provocarse la inflamación, lo que no sucedía a las 4 horas. Estos autores concluyeron que la CRBA, tanto de 100 Hz como de 4 Hz, inhibe la hiperalgesia primaria asociada con la inflamación de forma relacionada con el tiempo transcurrido desde su producción.

En un estudio similar, Gopalkrishnan y Sluka<sup>(25)</sup> examinaron la reducción de los niveles de dolor al variar la frecuencia, la intensidad y la duración de los impulsos de la CRBA en la hiperalgesia primaria, provocada por

una noxa constituida por la inyección de un fármaco. Estos autores emplearon también frecuencias de 100 Hz y 4 Hz. Comprobaron que la frecuencia elevada ocasionaba una mayor reducción de la hiperalgesia primaria al ser comparada con el grupo control, que no recibía tratamiento, o con el grupo de ratas a las que se aplicaba baja frecuencia (existiendo una diferencia estadísticamente significativa en la analgesia que se produjo en los tres grupos establecidos a favor de la frecuencia de 100 Hz respecto de la de 4 Hz y del grupo control). Además la frecuencia elevada hacía desaparecer por completo las respuestas de las ratas ante el dolor un día antes que al aplicar la frecuencia baja. Gopalkrishnan y Sluka concluyeron que mientras que la CRBA de baja frecuencia era inefectiva para reducir la hiperalgesia primaria, la de elevada frecuencia era efectiva. Además afirmaron que la modificación de la intensidad o de la duración del impulso no producía efecto alguno sobre el grado de reducción del dolor producido por la frecuencia elevada.

Zhang y cols.<sup>(26)</sup>, en sus investigaciones desarrolladas en el año 2004, así como Lao y cols.<sup>(27, 28)</sup> en 2001 y posteriormente en 2004, también utilizaron ratas y concluyeron que tanto una frecuencia elevada (100 Hz) como otra baja (10 Hz) son eficaces en la reducción del dolor en el mencionado modelo animal, si bien los primeros destacaron que la frecuencia de 10 Hz posee un mayor efecto antiinflamatorio, mientras que los segundos, en su trabajo de 2004, concluyeron por el contrario que la frecuencia de 100 Hz era mejor.

Ching-Liang y cols.<sup>(12)</sup> en el año 2000, y Resende y cols.<sup>(29)</sup> en 2004, en investigaciones similares sobre dolor inducido en ratas, afirmaron que una baja frecuencia (de 2 Hz en el caso de los primeros y de 10 Hz en el caso del resto) es más efectiva que otra frecuencia más elevada. Resende y cols. encontraron que las dos frecuencias de CRBA empleadas: 10 Hz y 130 Hz, con una anchura de los impulsos de 130  $\mu$ s, aplicadas durante 20 minutos, fueron efectivas en la reducción del dolor inducido en el citado modelo animal, aunque la frecuencia menor fue ligeramente más efectiva y sus efectos analgésicos se prolongaron durante un mayor período de tiempo. Por su parte Ching-Liang y cols.<sup>(12)</sup> postularon que una frecuencia de 2 Hz era más efectiva en la disminución del dolor que otra de 15 Hz o de 100 Hz.

Otros tres estudios se han centrado en el uso de ratas, son los de Hahm<sup>(30)</sup> en 2007, y Koo y cols.<sup>(31, 32)</sup> en 2002 y en 2007. En ellos se estudió la capacidad de la CRBA para reducir el dolor y el edema en un esguince de tobillo inducido sobre estos animales por sobreextensión

de los ligamentos laterales (movimiento acusado de flexión plantar e inversión). La fuerza con la que las ratas pisaban con la pata dañada fue medida mediante el uso de un pletismómetro, lo que permitía evaluar los niveles de reducción del dolor alcanzados. En el primero de los ensayos comentados, tras provocar el esguince de tobillo, aplicaron una corriente con una frecuencia de 2 Hz a un grupo de animales, y de 100 Hz a otro grupo experimental, ambas en modo continuo. Los resultados que obtuvieron mostraron que las dos frecuencias eran efectivas en la reducción del dolor, aunque únicamente la frecuencia de 2 Hz produjo una importante reducción del edema. Koo y cols. emplearon en sus dos trabajos una frecuencia de 100 Hz en modalidad pulsátil con trenes de impulsos a una frecuencia de 2 Hz, demostrando, según sus resultados, que también se disminuían los niveles de dolor.

Se han utilizado otros métodos de inducción de dolor en animales para determinar los parámetros de CRBA más efectivos; así, por ejemplo, debemos destacar a Zang y cols.<sup>(33)</sup>, que llevaron a cabo una investigación en la que inducían dolor por medio de calor, afirmando que la CRBA de baja frecuencia es la que produce una analgesia superior en relación a este tipo de estímulos dolorosos. Por otro lado, Huang y cols.<sup>(34)</sup>, en 2004, analizaron el grado de efectividad de una frecuencia de 100 Hz frente al dolor inducido en ratas, de forma mecánica y también por medio de calor, demostrando que dicha frecuencia reduce la hiperalgesia generada por medios mecánicos aunque no la producida por calor.

Igualmente se han realizado trabajos en relación a esta cuestión en modelos humanos sanos a los que se les induce dolor en el laboratorio. Destaca el llevado a cabo por Durante y cols.<sup>(35)</sup>, que pretendía establecer los efectos de la CRBA de baja frecuencia y elevada intensidad sobre los umbrales de dolor en la musculatura ipsilateral del lugar donde se provoca el dolor al sujeto. Estos autores observaron también los efectos de la CRBA al ser aplicada en regiones contralaterales al lugar en donde se induce el dolor. Durante y cols. aplicaron la estimulación eléctrica tanto a nivel del recto anterior del cuádriceps homolateral a la zona en la que ocasionaron el dolor, como en ese mismo músculo a nivel contralateral y también en el tríceps sural homolateral y contralateral. La CRBA generó una marcada elevación de los umbrales de dolor muscular a nivel ipsilateral. Igualmente esta corriente elevó los umbrales dolorosos al aplicarse contralateralmente, aunque su efecto era de menor intensidad y con una duración más breve. Estos resulta-

dos, según refirieron los autores, proporcionaron evidencias de que la CRBA de bajo rango de frecuencia y elevada intensidad es efectiva como terapia analgésica, ya que elevó los umbrales de dolor a nivel muscular. Durante y cols. sostuvieron que sus resultados les permitían aceptar como válida la hipótesis de que este tipo de electroestimulación desencadena la entrada en acción de mecanismos de control del dolor supraespinales mediante la activación de las fibras aferentes del grupo III.

Johnson y Tabasam<sup>(8)</sup>, aunque, como ya se comentó, se muestran partidarios de dejar elegir a los sujetos aquellos parámetros de la CRBA que les proporcionen una mayor analgesia, también desarrollaron un estudio en el que la frecuencia de la CRBA fue seleccionada por los investigadores. En este trabajo procedieron a inducir dolor en sujetos sanos por medio de frío. Emplearon una corriente con un patrón continuo de impulsos y una frecuencia de 100 Hz obteniendo unos resultados positivos en cuanto a analgesia.

Chesterton y cols.<sup>(9, 11)</sup> desarrollaron en 2002 y en 2003, en el Reino Unido, dos estudios sobre la capacidad de las CRBA para disminuir el dolor utilizando diversos parámetros en una población de 240 voluntarios sanos a los que inducían dolor por medio de presión en el primer músculo interóseo de la mano dominante. En el primero de los dos trabajos citados estos autores afirmaron haber demostrado que la CRBA de baja frecuencia (4 Hz) y elevada intensidad aplicada de forma extrasegmental genera un efecto hipoalgésico que aparece de forma rápida y que perdura (se mantiene durante 30 minutos después de la aplicación de la corriente). Sin embargo, la CRBA de elevada frecuencia (110 Hz), implementada a una intensidad elevada aunque confortable para los sujetos y en el segmento corporal en el que se induce el dolor, produce unos niveles de hipoalgesia similares a los anteriores durante el tiempo en el que se aplica la corriente, pero no se mantiene en el período postestimulación. En el trabajo que llevaron a cabo en 2003, Chesterton y cols. intentaron profundizar en sus hallazgos anteriores analizando el efecto analgésico de diferentes combinaciones de parámetros de CRBA. De un lado emplearon una modalidad de esta corriente a la que denominaron «CRBA intensa», la cual presentaba una frecuencia elevada (entre 100 y 150 Hz), una duración de los impulsos entre 150 y 250  $\mu$ s y con los niveles de intensidad mayores que pudiesen tolerar los pacientes, llegando a provocar contracciones musculares. Por otro lado utilizaron otra modalidad de CRBA de baja frecuencia (4 Hz) y baja intensidad (a un nivel con-

fortable). Ambos tipos de corriente se aplicaron de forma segmentaria (en el nervio radial), extrasegmentaria (en el nervio peroneo) a la zona en la que se induce el dolor, y combinando ambas localizaciones durante 30 minutos. El tipo de diseño que emplearon fue aleatorizado, a doble ciego y controlado. Los niveles de dolor ocasionados por la presión fueron medidos por medio de un algómetro de presión. Midieron los umbrales de dolor ante presión mecánica de forma repetida, cada 10 minutos, durante 60 minutos, realizando la primera medición al inicio de la aplicación de la corriente. Chesterton y cols. afirmaron que la modalidad de CRBA de frecuencia elevada produjo los mayores cambios en los niveles de tolerancia al dolor inducido al ser aplicada tanto de forma segmentaria como de forma combinada (segmentaria y extrasegmentaria). Sin embargo, en el período posintervención dicho efecto analgésico disminuyó en ambos grupos, aunque en los sujetos a los que se administró de forma combinada el descenso fue más acusado. La CRBA de 4 Hz generó niveles de analgesia similares a los registrados en el grupo control. Como puede apreciarse, los resultados obtenidos en ambos estudios parecen ser contrapuestos, sin embargo los autores no explican ni detallan a qué puede deberse semejante divergencia entre ambas investigaciones, lo que abunda en lo que venimos comentando en relación a lo contrapuesto de los resultados y de las afirmaciones esgrimidas por diversos autores en relación a esta temática.

### **Efectividad en función de la anchura o tiempo de duración del impulso**

Del mismo modo que sucede con la frecuencia, no existe acuerdo acerca de cuál es el rango óptimo de valores de la anchura de los impulsos de la CRBA. Algunos han afirmado que oscila entre 50  $\mu$ s y 200  $\mu$ s<sup>(4, 5)</sup>, aunque otros han considerado que abarca desde 50  $\mu$ s hasta más de 300  $\mu$ s<sup>(2)</sup> o incluso entre 50 y 400  $\mu$ s<sup>(3)</sup>. Jensen y cols.<sup>(36)</sup> sostienen que varía entre 9 y 350  $\mu$ s. Estos autores defienden que este parámetro puede poseer un efecto muy significativo en la electroestimulación aplicada sobre la fibra nerviosa, por lo que es necesario controlar el aparato que se usa, ya que, en su opinión, es común encontrar aparatos que proporcionan intensidades o amplitudes de corriente elevadas, que presentan rangos de valores de anchura o tiempo de duración de los impulsos relativamente bajos, mientras que aparatos

con intensidades de corriente bajas proporcionan valores mayores de anchura.

Entre los estudios en los que se intenta establecer cuáles son los valores de la duración de los impulsos más efectivos para paliar el dolor, hemos descubierto que, del mismo modo que ocurría con la frecuencia de la corriente, en algunos estudios los investigadores permiten a los sujetos escoger aquellas anchuras de impulso que les proporcionen mayores niveles de analgesia, mientras que en otros son los autores los que seleccionan la duración de los impulsos. Así, por ejemplo, Myers y cols.<sup>(19)</sup> utilizaron un aparato de CRBA que proporcionaba impulsos cuya amplitud oscilaba entre 50 y 400  $\mu$ s, seleccionando sus pacientes la anchura que generaba mayor reducción del dolor. Estos autores afirmaron que la corriente era efectiva, aunque no refirieron cuáles fueron los valores de duración de los impulsos más beneficiosos. Sjölund<sup>(16)</sup> afirmó que una anchura de pulso de 100  $\mu$ s es la más eficaz para suprimir el dolor conducido por las fibras C. Dlin y cols.<sup>(37)</sup> investigaron la aplicación de CRBA en puntos de acupuntura para paliar el dolor asociado al desarrollo de una actividad deportiva, empleando una anchura de pulso que oscilaba entre 250 y 500  $\mu$ s, sin embargo, tampoco señalaron los valores óptimos dentro del rango que usaron. Johnson y cols.<sup>(7)</sup>, en su ensayo desarrollado en 1991 sobre 13 pacientes con dolor crónico, que utilizaban la CRBA durante un largo tiempo, seleccionaron un ancho de pulso de 200  $\mu$ s en todos los casos estudiados, pues consideraron que éste era el valor óptimo que debían emplear. Morgan y cols. en 1995<sup>(21)</sup>, en su trabajo sobre la reducción del dolor de hombro, administraron CRBA de elevado rango con una anchura de impulso de 50  $\mu$ s, y, por otro lado, CRBA de bajo rango cuya anchura del impulso era mayor de 300  $\mu$ s, resultando más efectiva la primera. Lang y cols.<sup>(22)</sup> al investigar la reducción del dolor agudo asociado a una fractura de cadera por medio de CRBA, utilizaron un aparato que permitía aplicarla con una anchura entre 60 y 300  $\mu$ s, escogiendo un valor de 200  $\mu$ s, puesto que según sostuvieron era el óptimo para el dolor agudo traumático. Gopalkrishnan y Sluka<sup>(25)</sup>, en sus estudios relativos a la hiperalgesia primaria inducida sobre ratas, aplicaron dos duraciones de impulsos: 100  $\mu$ s y 250  $\mu$ s, sin encontrar cambios en los umbrales de dolor mostrados por los animales al aplicar una u otra, deduciendo que éste no es un parámetro que influya sobre la efectividad de la CRBA. Koke y cols.<sup>(38)</sup>, en el año 2004 compararon la efectividad de la CRBA de 80 Hz y 80  $\mu$ s frente a CRBA de 80 Hz y 250  $\mu$ s. Los pacientes que par-

ticiparon en esta investigación podían elegir, entre estas dos formas de aplicación, la que les produjese mayor analgesia. Los sujetos incluidos sufrían dolores crónicos de 6 meses de duración o más. Estos autores no encontraron diferencias estadísticamente significativas entre los tipos de CRBA empleadas.

### **Efectividad en función de la intensidad**

Los diferentes autores que han investigado la efectividad de la CRBA han empleado una gran variedad de intensidades de corriente y para muchos la intensidad aplicada suele abarcar un rango entre 1 y 100 mA<sup>(2-8, 39, 40)</sup>. Sin embargo, otros<sup>(36)</sup> consideran valores entre 30 y 120 mA. La opinión defendida por la mayor parte de estos investigadores es que las intensidades bajas no son efectivas, y que normalmente se deben aplicar aquellos valores que resultan fuertes pero confortables, justo por debajo de la sensación dolorosa, lo que genera una parestesia suave y agradable pero sin llegar a producir contracción muscular. Además estos autores sostienen que las fibras A- $\alpha$  y A- $\beta$  se activan con intensidades moderadas, pero si la intensidad es mayor se desencadena la despolarización de las fibras A- $\delta$ , dando lugar a dolor agudo de corta duración, y si ésta es muy elevada se genera un dolor intenso y difuso motivado por la activación de las fibras C.

Johnson y cols.<sup>(6)</sup> manifestaron que existe una correlación positiva entre el nivel de intensidad de la corriente y los umbrales de percepción de dolor, lo que sugiere que los pacientes escogen los niveles posibles más elevados para cada caso, y que proporcionan una sensación fuerte, pero al mismo tiempo confortable, durante la aplicación del tratamiento. Woolf y cols.<sup>(39)</sup> sostuvieron que niveles de analgesia elevados se relacionan con intensidades moderadas. Cuando se fija una frecuencia baja por parte de los experimentadores, por ejemplo 20 Hz, ésta requiere una mayor intensidad para alcanzar los umbrales sensitivos y los del dolor, de forma que exista una sensación de corriente fuerte pero al mismo tiempo agradable<sup>(6)</sup>. Johnson y cols.<sup>(6)</sup> no encontraron diferencias en cuanto a los umbrales de dolor y los niveles de intensidad que resultaron adecuados, al evaluarlos empleando frecuencias altas o bajas en diferentes regiones anatómicas, lo que en su opinión se debió a la gran variabilidad existente entre los individuos que participaron en sus ensayos. Esto les llevó a considerar que los niveles de estimulación terapéutica, es

decir, de intensidad más adecuados para conseguir una sensación de analgesia fuerte pero confortable, dependen de una combinación de factores psicológicos, relacionados con la personalidad de los individuos, y fisiológicos, como la etiología, el tipo de dolor, etc.

Myers y cols.<sup>(19)</sup> desarrollaron su estudio con un aparato que dispensaba una corriente cuya amplitud abarcaba hasta los 50 mA, permitiendo que los pacientes seleccionaran los valores que les proporcionaran una sensación confortable. Dlin y cols.<sup>(37)</sup> usaron una intensidad de hasta 70 mA. Johnson y Tabasam<sup>(8)</sup> utilizaron unos valores comprendidos entre 8 y 15 mA. Lang y cols.<sup>(22)</sup> realizaron su investigación con un dispositivo que permitía administrar corriente de hasta 15 mA, escogiendo un valor de 2 mA. En nuestra opinión este valor puede resultar un poco bajo para alcanzar unos adecuados niveles de analgesia. Gopalkrishnan y Sluka<sup>(25)</sup> emplearon una intensidad alta (nivel motórico) y otra baja (nivel sensitivo), concluyendo que la efectividad de la CRBA para reducir la hiperalgesia primaria inducida sobre ratas no dependía de este parámetro de la corriente.

## CONCLUSIONES

El modo de aplicación de la CRBA se establece en función de las características eléctricas de la corriente empleada, es decir, frecuencia, patrón de onda (continuo o pulsátil) o su intensidad. Esto se deriva de lo indicado por numerosos autores, los cuales señalan que los efectos de los diferentes parámetros pueden variar, de forma que sus diversas modalidades tendrán distintos grados de efectividad<sup>(2, 5, 9-12)</sup>. De esta forma, hoy en día nos encontramos con múltiples tratamientos con esta corriente, considerando sus dosificaciones, que se usan en cada tipo de dolor. Hemos descrito como algunos autores<sup>(4)</sup> realizan en cada sujeto múltiples pruebas hasta encontrar los valores de los parámetros de la misma que generan una mayor analgesia, empleando para ello las sensaciones percibidas por los pacientes producidas por la corriente, debiendo experimentar una parestesia eléctrica fuerte pero confortable, sensación que indica que existe actividad de las fibras aferentes de gran diámetro<sup>(6)</sup>. Sin embargo, otros investigadores aplican desde un primer momento unos parámetros determinados, que, según ellos, serán los más efectivos.

Hemos constatado, tras la revisión realizada, la existencia de una gran controversia en relación a cuáles son

los parámetros más efectivos de la CRBA que se deben emplear frente a diferentes patologías y tipos de dolor. Dicha controversia se viene produciendo desde hace cuatro décadas, sin que se haya resuelto hasta el momento, a pesar de los numerosos estudios desarrollados.

Diversos investigadores han realizado revisiones<sup>(2, 3)</sup> sobre esta temática afirmando que la mayor parte de los trabajos desarrollados adolecen de una ínfima corrección en lo que a metodología científica se refiere, ya que son escasos los autores que señalan los parámetros de la CRBA que emplean, de modo que en el momento presente se desconoce cuáles pueden ser más eficaces para disminuir el dolor en cada patología. Aún es menor la cantidad de trabajos en los que se analiza la efectividad de dichos parámetros comparando la analgesia inducida por sus diferentes valores. Todo lo comentado conduce a que no exista un acuerdo acerca del protocolo, es decir, de los parámetros que se deben emplear en cada situación, en cada modalidad de dolor. En muchos casos se sigue un método de ensayo y error al desconocerse el procedimiento más apropiado<sup>(4-11)</sup>.

Paradójicamente todos los autores muestran su acuerdo al considerar que la elección de los parámetros más adecuados para cada paciente determinará un mayor grado de efectividad del tratamiento aplicado, alcanzándose una máxima disminución del dolor. Asimismo, la inmensa mayoría de los investigadores, especializados en este campo, defienden la necesidad de profundizar en esta temática, con objeto de esclarecer cuáles son los valores óptimos en cada caso. Resulta necesario, por lo tanto, continuar desarrollando nuevos estudios en esta ámbito. Entre las limitaciones del presente estudio de revisión debemos destacar la imposibilidad de recoger todos los trabajos publicados en relación a esta temática, puesto que su ingente número lo hace muy difícilmente realizable, si bien hemos incluido en nuestro estudio aquellas investigaciones que presentaban una mayor calidad científica y que han sido desarrolladas en muchos casos por los autores de referencia en el ámbito que nos ocupa. Los estudios descritos presentan, tal y como hemos comentado, una gran variabilidad en cuanto al tipo de dolor analizado (agudo de origen traumático, agudo de origen posoperatorio, crónico, inducido sobre sujetos humanos sanos o inducido en modelos animales) y a los parámetros empleados en la aplicación de la corriente, lo que demuestra la enorme heterogeneidad que poseen las investigaciones desarrolladas en este ámbito.

## BIBLIOGRAFÍA

1. Jiménez JJ, Rebollo J, Maya J. Tens analgésica. Controversia sobre su utilidad. *Cuestiones de Fisioterapia*. 2007; 35: 71-84.
2. Robertson V, Ward A, Low J, Reed A. *Electrotherapy explained principles and practice*. 4th ed. London: Butterworth Heinemann Elsevier; 2006 p. 2, 65, 110-111, 167-192.
3. Aramburu de Vega C, Muñoz Díaz E, Igual Camacho C. *Electroterapia, termoterapia e hidroterapia*. Madrid: Ed. Síntesis SA; 2003 p. 115-124.
4. Johnson MI. Does TENS work? *Clin Effect Nurs*. 1998; 2: 111-21.
5. Johnson MI, Ashton C, Bousfield D, Thompson J. Analgesic effects of different frequencies of transcutaneous electrical nerve stimulation on cold-induced pain in normal subjects. *Pain*. 1989; 39: 231-6.
6. Johnson MI, Ashton CH, Thompson JW. An indepth study of long-term users of transcutaneous electrical nerve stimulation (TENS): implications for clinical use of TENS. *Pain*. 1991; 44: 221-9.
7. Johnson MI, Ashton CH, Thompson JW. The consistency of pulse frequencies and pulse patterns of transcutaneous electrical nerve stimulation (TENS) used by chronic pain patients. *Pain*. 1991; 44: 231-4.
8. Johnson M, Tabasam G. An investigation into the analgesic effects of interferential currents and transcutaneous electrical nerve stimulation on experimentally induced ischaemic pain in otherwise pain-free volunteers. *Phys Ther*. 2003; 83: 208-23.
9. 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 Nov; 106 (1-2): 73-80.
10. Huang C, Wang Y, Han JS, Wan Y. Characteristics of electroacupuncture-induced analgesia in mice: variation with strain, frequency, intensity and opioid involvement. *Brain Res*. 2002; 945: 20-5.
11. 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 Sep; 99 (1-2): 253-62.
12. Ching-Liang Hsieh, Chi-Chung Kuo, Yueh-Sheng Chen, Tsai-Chung Li, Ching-Tou Hsieh, Chih-Jui Lao, Chia-Jung Lee, Jaung-Geng Lin. Analgesic effect of electric stimulation of peripheral nerves with different electric frequencies using the formalin test. *American Journal of Chinese Medicine*. 2000; 28 (2): 291-9.
13. Linzer M & Long D. Transcutaneous neural stimulation for relief of pain. *IEEE Trans Bioned Eng*. 1976; 23: 341-5.
14. Mannheimer C & Carlsson C. The analgesic effect of transcutaneous electrical nerve stimulation (TENS) in patients with rheumatoid arthritis. A comparative study of different pulse patterns. *Pain*. 1979; 6: 329-34.
15. Sjölund BH & Erickson, MBE. The influence of naloxone on analgesia produced by peripheral conditioning stimulation. *Brain Research*. 1979; 173: 295-301.
16. Sjölund BH. Peripheral nerve stimulation suppression of C-fiber evoked flexion reflex in rats. Part I. Parameters for continuous stimulation. *J Neurosurg*. 1985; 63: 612-6.
17. Grazio S, Grubisić F, Jajić Z. Comparison of standard and acupuncture methods of transcutaneous electric nerve stimulation (TENS) in patients with rheumatoid arthritis. *Reumatizam*. 2003; 50 (1): 18-22.
18. Woolf C, Thompson J. Segmental afferent fibre-induced analgesia: transcutaneous electrical nerve stimulation (TENS) and vibration. En: Wall PD Melzack R. *Textbook of pain*. Edinburgh: Churchill-Livingstone; 1994. p 1191-208.
19. Myers RA, Woolf CJ, Mitchell D. Management of acute-traumatic pain by peripheral transcutaneous electrical stimulation. *S Afr Med J*. 1977 Aug; 13; 52 (8): 309-12.
20. Herman E, Williams R, Stratford P, Fargas-Babjak A, Trott M. A randomized controlled trial of transcutaneous electrical nerve stimulation (CODETRON) to determine its benefits in a rehabilitation program for acute occupational low back pain. *Spine*. 1994; 19 (5): 561-8.
21. Morgan B, Jones A, Mulcahey K, et al. Transcutaneous electric nerve stimulation (TENS) during distention shoulder arthrography: a controlled trial. *Pain*. 1995; 64: 265-7.
22. Lang T, Barker R, Steinlechner B, Gustorff B, Puskas T, Gore O, Kober A. TENS relieves acute posttraumatic hip pain during emergency transport. *Journal of Traumatology*. 2007 Jan; 62 (1): 184-8.
23. Ainsworth L, Budelier K, Clinesmith M, Fiedler A, Landstrom R, Leeper BJ, Moeller L, Mutch S. Transcutaneous electrical nerve stimulation (TENS) reduces chronic hyperalgesia induced by muscle inflammation. *Pain*. 2006 Jan; 120 (1-2): 182-7.
24. Vance CG, Radhakrishnan R, Skyba DA, Sluka KA. Transcutaneous electrical nerve stimulation at both high and low frequencies reduces primary hyperalgesia in rats with joint inflammation in a time-dependent manner. *Physical Therapy*. 2007 Jan; 87 (1): 44-51.
25. 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 Jul; 81 (7): 984-90.

26. Zhang R-X, Lao L, Wang X, Ren K, Berman BB. Electroacupuncture combined with indometacin enhances antihyperalgesia in inflammatory rats. *Pharmacology Biochemistry and Behavior*. 2004; 78: 793-7.
27. Lao L, Zhang G, Wei F, Berman BM, Ren K. Electroacupuncture attenuates behavioral hyperalgesia and selectively reduces spinal Fos protein expression in rats with persistent inflammation. *J Pain*. 2001; 2: 111-7.
28. Lao L, Zhang R-X, Zhang G, Wang X, Berman B, Ren K. A parametric study of electroacupuncture on persistent hyperalgesia and Fos protein expression in rats. *Brain Res*. 2004 Sep 10; 1020 (1-2): 18-29.
29. Resende MA, Sabino GG, Cândido CRM, Pereira LSM, Francischi JN. Local Transcutaneous electrical stimulation (TENS) effects in experimental inflammatory edema and pain. *European Journal of Pharmacology*. 2004; 504: 217-22.
30. Hahn TS. The effect of 2 Hz and 100Hz electrical stimulation of acupoint on ankle sprain in rats. *J Korean Med Sci*. 2007 Apr; 22 (2): 347-51.
31. Koo ST, Park YI, Lim KS, Chung K, Chung JM. Acupuncture analgesia in a new rat model of ankle sprain pain. *Pain*. 2002 Oct; 99 (3): 423-31.
32. Koo ST, Lim KS, Chung K, Ju H, Chung JM. Electroacupuncture-induced analgesia in a rat model of ankle sprain pain is mediated by spinal  $\alpha$ -adrenoceptors. *Pain*. 2008 Mar; 135 (1-2): 11-9.
33. Zang WT, Jin Z, Cui GH, Zang KL, Zang L, Zeng YW, Luo F, Chen ACN, Han JS. Relations between brain network activation and analgesic effect induced by low vs. High frequency electrical acupoint stimulation in different subjects: functional magnetic resonance imaging study. *Brain Res*. 2003; 982: 168-78.
34. Huang C, Hu ZP, Long H, Shi YS, Han JS, Wan Y. Attenuation of mechanical but not thermal hyperalgesia by electroacupuncture with the involvement of opioids in rat model of chronic inflammatory pain. *Brain Res Bull*. 2004; 63: 99-103.
35. Duranti R, Pantaleo T, Bellini F. Increase in muscular pain-threshold following low frequency-high intensity peripheral conditioning stimulation in humans. *Brain Research*. 1988; 452 (1-2): 66-72.
36. Jensen JE, Gil L, Hazelrigg E & Hazelrigg G. Effectiveness of Transcutaneous Electrical Neural Stimulation in the Treatment of Pain. Recommendations for Use in the Treatment of Sports Injuries. *Sports Medicine*. 1986; 3: 79-88.
37. Dlin RA, Benmair J, Hanne N. Pain relief in sports injuries-application of TENS to acupunctures points. *International Journal of Sports Medicine*. 1980; 1 (4): 203-6.
38. Koke A, Schouten J, Lamerichs-Geelen 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: 36-42.
39. Woolf C, Thompson J. Segmental afferent fibre-induced analgesia: transcutaneous electrical nerve stimulation (TENS) and vibration. En: Wall PD, Melzack R. *Textbook of pain*. Edinburgh: Churchill-Livingstone; 1994. p. 1191-208.
40. Björdal J, Johnson M, Ljunggreen A. 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: 181-8.