

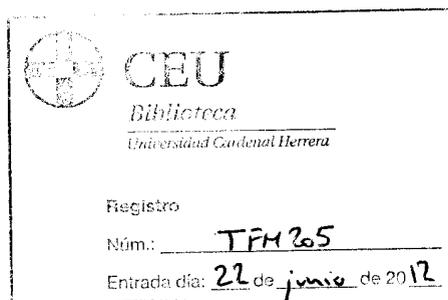


Investigación de la Efectividad de la Estimulación Eléctrica Transcutánea (TENS) de Baja Frecuencia sobre el Umbral de Dolor Experimental a la Presión Inducida en Sujetos Sanos.

Universidad Cardenal Herrera CEU.

Facultad de Ciencias de la Salud.

Máster Universitario en Atención Fisioterápica en la Actividad Física y el Deporte.



VICENT FAUS MARTIN
Moncada 04 de Julio de 2011

ABSTRACT

La finalidad del estudio es conocer la efectividad de la baja frecuencia respecto al dolor isquémico producido en sujetos sanos. Tendremos en cuenta en el estudio además como varía la intensidad para conocer la acomodación.

El estudio realizado es cruzado, ya que todos los sujetos han recibido la misma intervención; aleatorio y doble ciego. 47 sujetos fueron elegidos al azar para el estudio. La muestra se reparte en 24 mujeres y 23 hombres con una media de edad de 23,4 años. Realizamos tres aplicaciones de TENS, PP1min consta de una frecuencia de 5 Hz a una intensidad de hormigueo suave. El programa PP1max es el mismo que el anterior pero variando la intensidad a al máximo tolerable sin dolor. Por último el programa PP2max, frecuencia modulada que variaba desde los 5Hz hasta los 20Hz a una intensidad máxima sin dolor. Se le tomaban la medida con el algómetro antes de la aplicación, a los 10 minutos y a los 20 minutos justo antes que termine la aplicación. También se anotaba los mA que presentaba en diferentes momentos de la aplicación. Las aplicaciones se realizaban en el brazo no dominante. Encontramos diferencias significativas para el umbral de dolor entre las aplicaciones con intensidad elevada respecto a la de intensidad baja. No ha diferencias entre la frecuencia modulada y la fija para el umbral de dolor e intensidad. El TENS de baja frecuencia usado a una intensidad submáxima sin dolor, con presencia de contracciones musculares, aumenta en mayor medida, el umbral de dolor, respecto a una intensidad de hormigueo suave.

Palabras clave: *TENS, estimulación eléctrica transcutánea, baja frecuencia, dolor experimental, umbral de dolor, intensidad, dolor agudo.*

INTRODUCCIÓN

La estimulación eléctrica transcutánea (TENS), consiste en una aplicación mediante electrodos de superficie de una corriente eléctrica pulsada con finalidad analgésica.¹

El TENS tiene muchos parámetros interesantes de estudio, intensidad, frecuencia, colocación de electrodos, tamaño de electrodos, duración del impulso... No obstante los estudios realizados no han obtenido resultados concluyentes debido a la dificultad de programación y a la gran cantidad de parámetros y variables existentes en este campo.²

Según la literatura publicada existen dos opciones de TENS respecto a la frecuencia. TENS de baja frecuencia, todo aquel menor a 10 Hz y TENS de alta frecuencia aplicaciones mayores de 50 Hz.²

Encontramos estudios que vislumbran los efectos fisiológicos del TENS. Parece ser que tanto el TENS de alta como el de baja frecuencia actúan de manera distinta pero a tres niveles iguales, a nivel periférico, espinal y supraespinal consiguiendo el efecto analgésico gracias a la activación de distintos receptores opiáceos.³

Otros datos de interés que se desprenden de dichos estudios son que la intensidad recibe un papel muy importante a la hora de la programación del TENS puesto que a mayor intensidad hay evidencias significativas que la duración del efecto analgésico es mayor y más duradero. Pero hay más, tras cuatro aplicaciones de TENS el cuerpo desarrolla lo que se conoce como tolerancia, reduciendo mucho la efectividad de la técnica.²

En cuanto a las diferencias estudiadas entre la efectividad de la alta frecuencia y la baja frecuencia hay evidencias que la alta frecuencia produce más analgesia que la baja frecuencia⁴⁻⁵⁻⁶⁻⁷. Cosa que no nos sorprende, puesto que en estos estudios la intensidad aplicada en la baja frecuencia es una intensidad baja, aun sabiendo lo que anteriormente se ha citado.

Es por estos motivos que nos planteamos el estudio que ahora presentaremos. La finalidad del estudio es conocer la efectividad de la baja frecuencia respecto al dolor isquémico producido en sujetos sanos, variando los parámetros de aplicación que habitualmente se usan en esta modalidad de TENS. Tendremos en cuenta en el estudio además la intensidad que soportan los sujetos para conocer la acomodación.

MATERIAL Y METODOS

El estudio realizado es cruzado, ya que todos los sujetos han recibido la misma intervención; aleatorio puesto que los sujetos y el orden de aplicación de las intervenciones han sido al azar y doble ciego porque los investigadores desconocían o bien la aplicación o los datos que se tomaban de umbral de dolor e intensidad.

Los sujetos fueron informados del estudio y firmaron el consentimiento informado. Además todos pasaron una entrevista personalizada para conocer sus criterios de exclusión. A saber: ser mayor de 18 años, no haber ingerido analgésicos en las últimas 12 horas, no haber ingerido más de tres cafés o productos que contengan cafeína, no presentar dolor en miembros superiores en el momento del estudio, no presentar tratamiento oncológico, epilepsia o patología cardíaca, estar embarazada, llevar marcapasos, presentar pánico a la corriente eléctrica y no superar la prueba de sensibilidad sobre el antebrazo.

El estudio contó con 47 sujetos de los cuales cuatro presentaban criterios de exclusión (tres de ellos habían tomado analgésicos y uno está en tratamiento oncológico). La muestra se repartió en 24 mujeres y 23 hombres con una media de edad de 23,4 años. Todos los sujetos conocían lo que era un TENS, se lo habían puesto con anterioridad y además todos ellos eran fisioterapeutas.

En cuanto a las aplicaciones se realizaban con los sujetos sentados y en el brazo no dominante reposando sobre una camilla. El brazo era cuidadosamente preparado, se limpiaba la zona y recortaba bello que pudiese molestar durante la aplicación. En la cara dorsal del antebrazo, tomando como punto de referencia el epicóndilo, se trazó una línea hasta el punto medio de la muñeca. Desde el epicóndilo se miden 6,5 centímetros en esa dirección y es en este punto donde se tomó la medida con el algómetro. La colocación de los electrodos se hace a 1,5 centímetros de dicho punto hacia medial y lateral, hay por tanto una distancia de 3 centímetros entre electrodos. El tamaño de los electrodos es de 5x5 (figura 1)

En el estudio realizamos tres aplicaciones de TENS diferentes en sus parámetros, todas ellas protocolarizadas en cuanto a las instrucciones verbales que debían recibir los sujetos respecto a las sensaciones que debían sentir y mantener durante los 20 minutos que duró cada aplicación. Para ello se controlaban la intensidad ellos mismos. Las aplicaciones duraban 20 minutos cada una dejando 20 minutos de descanso entre ellas.

Una vez los sujetos estaban preparados se obtenía de un sobre mediante una mano inocente el orden de aplicación de los programas para cada sujeto, para conservar la aleatorización.

El programa PP1min constaba de una frecuencia de 5 Hz, con una anchura de impulso de 200us a una intensidad de hormigueo suave. El programa PP1max era el mismo que el anterior pero variando la intensidad al máximo tolerable sin dolor. En este programa encontrábamos contracción muscular. Por último el programa PP2max era un programa de frecuencia modulada que variaba desde los 5Hz hasta los 20Hz a una intensidad máxima sin dolor, respetando la anchura de impulso. Aquí también encontrábamos contracción muscular.

El TENS utilizado fue el modelo S82 ENRAF NONIUS. Usamos un algómetro para obtener datos sobre el dolor isquémico por presión. La zona de toma de medida fue la anteriormente citada. El observador experto ha sido entrenado en el uso del aparato y el incremento de presión fue constante a 1Kg/segundo.

La aplicación se realizaba a cuatro sujetos a la vez, a los cuales se le tomaban la medida con el algómetro antes de la aplicación, a los 10 minutos y a los 20 minutos justo antes que termine la aplicación. Se tomaron dos medidas dentro de cada minuto y nos quedamos con la media.

También se anotaba los mA que presentaba en diferentes momentos de la aplicación; Al minuto, a los 10 y a los 20 minutos justo antes de que terminara la aplicación.

Los investigadores que programaban los equipos TENS no conocían los datos que tomaba el investigador principal, y este desconocía que programa llevaban los sujetos de estudio a los cuales les estaba tomando los datos.

Así pues se les aplicó el TENS a 43 sujetos obteniendo datos de interés para las variables dependientes de umbral de dolor isquémico a la presión e intensidad. Tenemos dos variables independientes que son el tiempo de medida y la programación TENS ambas con tres niveles. Así pues los datos obtenidos han sido estudiados en el SPSS 18, realizando un modelo de dos factores de medidas repetidas ya que las dos variables independientes son intrasujetos.

RESULTADOS

La muestra de 43 sujetos intervenidos fue sometida a la prueba de Kolmogorov-Smirnov para observar que esta cumplía el supuesto de normalidad, para las variables a estudiar.

Los tres tipos de tratamiento, para su mejor manejo en el programa estadístico se han renombrado: PP1min (1), PP2 min (2) y el PP2 máx. (3). Y lo mismo ha sucedido para los diferentes tiempos de medida: Antes de la aplicación (1), a los 10 minutos (2) y a los 20 minutos (3).

Para el umbral de dolor a la presión encontramos que con el programa PP1min, las diferencias existentes entre momentos de medidas durante la aplicación no son significativas. No obstante con la segunda aplicación de TENS el aumento durante las tres tomas de medida es significativo.

Por último con el programa PP2max, el aumento del umbral existente entre la segunda medida y la tercera no presenta significatividad ($p=0,67$), aunque sí que lo es entre la toma inicial y a los 10 minutos, así como la diferencia total entre el inicio y la medición final a los 20 minutos. (Tabla 1)

Siguiendo con los resultados obtenidos para el umbral de dolor a la presión, encontramos que en la toma de medida antes del tratamiento no hay diferencias entre los diferentes programas, por lo que no hay arrastre, el umbral de dolor volvió a la basal tras las aplicaciones. Sin embargo en la segunda medida, a los 10 minutos, hay un mayor aumento del umbral de dolor en las programaciones PP1max y PP2max de TENS que en la programación PP1min. Además se observa que la diferencia de aumento de umbral entre el TENS modulado a intensidad submáxima y el de frecuencia fija con intensidad submáxima no es significativo estadísticamente hablando ($p= 0,306$). (Tabla 2)

Para la toma de medida a los 20 minutos, las diferencias que se observan entre los programas anteriores, siguen sin ser significativas, aunque el

aumento de umbral presente al comparar el programa PP1min con los otros, sí es significativo ($p=0,00$).

Para la variable de intensidad en los resultados obtenemos un aumento de intensidad en las tres mediciones en el TENS de intensidad suave y el programa PP1max, aunque este último presenta un aumento y una intensidad media muy superior al anterior. Para la aplicación 3 el aumento entre el la toma de medida 1 y la 3 es significativa, pero no así el aumento entre la segunda y tercera medición ($p= 0,17$), ni entre la primera y la segunda ($p= 1,00$). (Figura 2)

En el tiempo de medida 1 obtenemos más mA en los programas TENS 2 y 3 respecto al 1, dato que se mantendrá inmutable en las otras dos medidas por las propias características de la aplicación PP1min. En la medida 2, el programa PP1max, presenta mayor intensidad que el programa 3, aunque en la última medición, a los 20 minutos, la diferencia de intensidad entre estos programas carece de significatividad ($p=0,06$). (Tabla 3)

DISCUSIÓN

En este estudio se encuentra estadísticamente significativo el aumento de umbral de dolor, entre la aplicación típica de la baja frecuencia, con intensidad de hormigueo suave, y las aplicaciones de baja frecuencia con intensidades máximas sin dolor, que producen contracción muscular, ya sea modulada o con frecuencia fija.

Un aspecto importante en nuestro estudio, es el ajuste constante de la intensidad por parte del sujeto, ya que sabíamos por la literatura la importancia, para la efectividad del TENS, de evitar la acomodación durante la aplicación (Pantaleao *et al*, 2010)⁸. Aquí reside la importancia de la explicación verbal a los sujetos de las sensaciones que debían sentir durante los 20 minutos que duraba cada aplicación de TENS, y no encontramos un sesgo en los resultados por esta cuestión. A diferencia del estudio realizado por la autora el ajuste de la intensidad lo realizaba el propio sujeto, el observador no preguntaba cada cierto tiempo si sentía la misma sensación.

Las diferencias encontradas entre las programaciones de alta intensidad, bien con frecuencia modulada o fija no son estadísticamente significativas para el aumento del umbral de dolor. Coincidiendo así con otros estudios con diseños similares (Chen *et al*, 2009)⁹. Este dato hace pensar que la frecuencia no es lo importante en este estudio, porque ambas frecuencias no presentan diferencias significativas ni en umbral de dolor ni en cantidad de mA que soporta el sujeto. La única diferencia es que en la frecuencia no modulada el umbral de dolor aumenta en las tres mediciones mientras que en la frecuencia modula el aumento es significativo entre la primera y la segunda toma pero no así para la medición a los 20 minutos. Así pues el parámetro importante es por tanto la intensidad, coincidiendo así con otros autores.¹⁰

Con los resultados obtenidos se ha disipado la duda sobre si el diseño del estudio podría haber influenciado sobre los resultados. Puesto que las

tres aplicaciones se realizaba en el mismo día con una diferencia de 20 minutos entre aplicación, cabía la posibilidad de encontrarnos un efecto sumatorio de las aplicaciones TENS y alterar los resultados. Pues no ha sido así, en 20 minutos el umbral a la presión volvía a sus índices basales. ¿Esto significa que la duración del efecto del TENS es de aproximadamente 20 minutos?

En los estudios de Chen *et al* (2009)⁵ y Chesterton *et al* (2003)⁶ comparan en un diseño de estudio similar al nuestro, la efectividad para el dolor isquémico inducido en sujetos sanos, entre la baja y la alta frecuencia. El resultado obtenido por ambos autores concluye que la alta frecuencia a intensidades altas, pero sin dolor, es más efectiva, que el TENS de baja frecuencia a intensidades altas sin dolor, sin llegar, eso sí, a la contracción muscular. Según los resultados de nuestro estudio, estas conclusiones parecen perder importancia, o al menos pueden ser cuestionadas, ya que se ha demostrado que el uso del TENS de baja frecuencia con intensidades altas, aunque exista contracción muscular, es más efectivo que los parámetros utilizados por los autores en sus estudios.

Encontramos necesario conocer que efectos tiene la presencia de la contracción muscular a nivel fisiológico en el dolor, así como la fatiga que referían los sujetos tras las aplicaciones y si esto es importante y ha podido influenciar en los resultados obtenidos en este estudio. Si varían, o no, los mecanismos fisiológicos que sabemos que el TENS activa. Fisiológicamente, cuando hay presencia de fatiga muscular, el umbral de dolor disminuye y en este estudio, encontramos un aumento en el umbral de dolor.

No hay estudios publicados referentes a la baja frecuencia y su efectividad, respecto al umbral de dolor, con diferentes intensidades de aplicación, así que no es posible comparar nuestros resultados con estudios similares al nuestro. El siguiente paso, sin duda sería realizar de

nuevo las comparaciones entre la alta y la baja frecuencia, teniendo en cuenta los resultados obtenidos en el presente estudio.

CONCLUSIONES

De los resultados obtenidos en este estudio, así como de la literatura consultada se desprenden las siguientes conclusiones finales:

- El TENS de baja frecuencia usado a una intensidad submáxima sin dolor, con presencia de contracciones musculares, aumenta en mayor medida y de manera significativa el umbral de dolor, respecto a esa misma aplicación con una intensidad de hormigueo suave.
- No hay diferencias significativas para el aumento del umbral de dolor entre TENS de baja frecuencia modulado y TENS de baja frecuencia fija.
- La intensidad es el parámetro más importante para conseguir mayor efectividad hacia el aumento de umbral de dolor en las programaciones TENS.
- La duración del efecto del TENS no supera los 20 minutos tras la aplicación.

BIBLIOGRAFIA

- 1- Plaja J. Analgesia por medios físicos. Madrid: McGraw-Hill/ Interamericana; 2003, p.238–68.
- 2- Amer-Cuenca. J. Programación y aplicación de la estimulación nerviosa eléctrica transcutánea (TENS): guía de práctica clínica basada en la evidencia. *Fisioterapia* 2010; 32(6):271-278.
- 3- Amer-Cuenca J, Goicoechea C, Lisón J. ¿Qué respuesta fisiológica desencadena la aplicación técnica de estimulación nerviosa eléctrica transcutánea?, *Revista de la sociedad española del dolor*, 2010, 17(7);333-342
- 4- Chen C, Johnson MI. A comparison of transcutaneous electrical nerve stimulation (TENS) at 3 and 80 pulses per second on cold-pressor pain in healthy human participants. *Clin Physiol Funct Imaging* 2010 JUL;30(4):260-268.
- 5- Chen C, Johnson MI. An Investigation Into the Hypoalgesic Effects of High- and Low-Frequency Transcutaneous Electrical Nerve Stimulation (TENS) on Experimentally-Induced Blunt Pressure Pain in Healthy Human Participants. *J Pain* 2009 JAN;11(1):53-61
- 6- 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.
- 7- Claydon LS, Chesterton LS, Barlas P, Sim J. Effects of simultaneous dual-site TENS stimulation on experimental pain. *Eur J Pain* 2008 08;12(6):696-704.
- 8- Pantaleao M, Laurino M, Gallego N, Cabral C, Rakel B, Vance C et al. Adjusting pulse amplitude during TENS application produces greater hypoanalgesia. *American pain society*. 2010, 1-10.

- 9- Chen C, Johnson MI. An investigation into the effects of frequency-modulated transcutaneous electrical nerve stimulation (TENS) on experimentally-induced pressure pain in healthy human participants. *JPain*.2009.10 (10).1029-1037.
- 10- DeSantana JM. Effectiveness of Transcutaneous Electrical Nerve Stimulation for treatment of Hyperalgesia and Pain. *Curr Rheumatol Rep*2008;10(6):492-499.

TABLAS Y FIGURAS

Tabla 1

Comparación entre programación de TENS y tiempo de medida

Medida: umbral dolor

TENS	(I)tiempo medida	(J)tiempo medida	Diferencia de medias (I-J)	Error típ.	Sig. ^a	Intervalo de confianza al 95 % para la diferencia ^a	
						Límite inferior	Límite superior
1	1	2	-,063	,093	1,000	-,295	,169
		3	-,267	,113	,069	-,549	,015
	2	1	,063	,093	1,000	-,169	,295
		3	-,204	,093	,105	-,437	,030
	3	1	,267	,113	,069	-,015	,549
		2	,204	,093	,105	-,030	,437
2	1	2	-,833	,142	,000	-1,188	-,479
		3	-1,215	,166	,000	-1,629	-,802
	2	1	,833	,142	,000	,479	1,188
		3	-,382	,110	,004	-,657	-,108
	3	1	1,215	,166	,000	,802	1,629
		2	,382	,110	,004	,108	,657
3	1	2	-1,218	,131	,000	-1,546	-,890
		3	-1,545	,148	,000	-1,914	-1,176
	2	1	1,218	,131	,000	,890	1,546
		3	-,327	,138	,067	-,672	,017
	3	1	1,545	,148	,000	1,176	1,914
		2	,327	,138	,067	-,017	,672

Basadas en las medias marginales estimadas.

a. Ajuste para comparaciones múltiples: Bonferroni.

*. La diferencia de medias es significativa al nivel ,05.

Tabla 2

Comparación tiempo de medida y programación TENS

Medida: umbral dolor

tiempo medida	(I)TENS	(J)TENS	Diferencia de medias (I-J)	Error típ.	Sig. ^a	Intervalo de confianza al 95 % para la diferencia ^a	
						Límite inferior	Límite superior
1	1	2	-,137	,122	,803	-,441	,167
		3	,010	,116	1,000	-,281	,300
	2	1	,137	,122	,803	-,167	,441
		3	,146	,132	,818	-,182	,475
	3	1	-,010	,116	1,000	-,300	,281
		2	-,146	,132	,818	-,475	,182
2	1	2	-,907*	,123	,000	-1,213	-,601
		3	-1,145*	,166	,000	-1,560	-,730
	2	1	,907*	,123	,000	,601	1,213
		3	-,238	,142	,306	-,593	,117
	3	1	1,145*	,166	,000	,730	1,560
		2	,238	,142	,306	-,117	,593
3	1	2	-1,086*	,191	,000	-1,563	-,609
		3	-1,269*	,180	,000	-1,718	-,821
	2	1	1,086*	,191	,000	,609	1,563
		3	-,183	,135	,549	-,521	,154
	3	1	1,269*	,180	,000	,821	1,718
		2	,183	,135	,549	-,154	,521

Basadas en las medias marginales estimadas.

a. Ajuste para comparaciones múltiples: Bonferroni.

*. La diferencia de medias es significativa al nivel ,05.

Tabla 3

Comparación entre tiempo de medición y programación de TENS

Medida: Intensidad

tiempo medida	(I)TENS	(J)TENS	Diferencia de medias (I-J)	Error típ.	Sig. ^a	Intervalo de confianza al 95 % para la diferencia ^a	
						Límite inferior	Límite superior
1	1	2	-16,250 [*]	1,149	,000	-19,117	-13,383
		3	-13,810 [*]	1,078	,000	-16,499	-11,120
	2	1	16,250 [*]	1,149	,000	13,383	19,117
		3	2,440 [*]	,969	,047	,023	4,858
	3	1	13,810 [*]	1,078	,000	11,120	16,499
		2	-2,440 [*]	,969	,047	-4,858	-,023
2	1	2	-15,298 [*]	1,142	,000	-18,147	-12,448
		3	-11,679 [*]	1,304	,000	-14,933	-8,424
	2	1	15,298 [*]	1,142	,000	12,448	18,147
		3	3,619 [*]	,963	,002	1,216	6,022
	3	1	11,679 [*]	1,304	,000	8,424	14,933
		2	-3,619 [*]	,963	,002	-6,022	-1,216
3	1	2	-15,321 [*]	1,154	,000	-18,202	-12,441
		3	-12,452 [*]	1,177	,000	-15,391	-9,514
	2	1	15,321 [*]	1,154	,000	12,441	18,202
		3	2,869 [*]	,865	,006	,709	5,029
	3	1	12,452 [*]	1,177	,000	9,514	15,391
		2	-2,869 [*]	,865	,006	-5,029	-,709

Basadas en las medias marginales estimadas.

*. La diferencia de medias es significativa al nivel ,05.

a. Ajuste para comparaciones múltiples: Bonferroni.

Figura 1

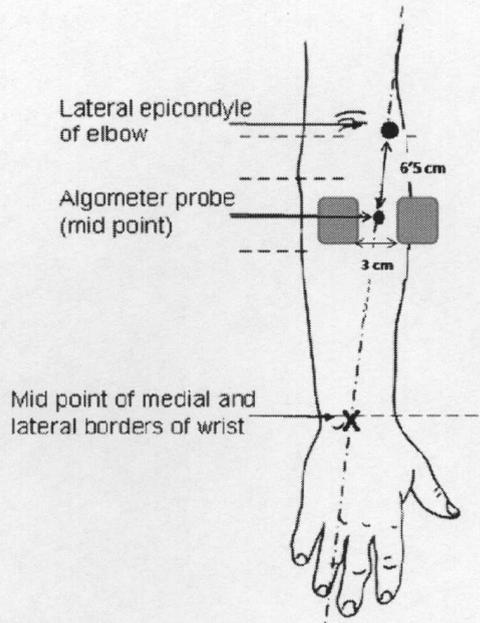


Figura 2

