

LA HUELLA CEREBRAL DE LA ATENCIÓN Y SU LUCHA CONTRA EL EFECTO DISTRACTOR DEL DOLOR.

THE BRAIN IMPRINT OF ATTENTION AND ITS FIGHT AGAINST THE DISTRACTING EFFECT OF PAIN.

DR. VÍCTOR TORTORICI *

vtortoricini@unimet.edu.ve

Universidad Metropolitana de Caracas (Venezuela)

DR. MARCO ECHEVERRÍA-VILLALOBOS **

The Ohio State University Wexner Medical Center, Columbus, (Estados Unidos)

Resumen

El objetivo principal de este artículo es el de compartir los resultados de una experiencia piloto llevada a cabo en el recientemente creado Laboratorio de Neurociencia de la UNIMET, en un esfuerzo por tratar de comprender la compleja relación que existe entre el dolor y el desempeño cognitivo, particularmente en lo relativo al mantenimiento de la capacidad atencional a pesar de nuestro sufrimiento.

Abstract

The main goal of this article is to share the results of a pilot study carried out in the recently created Neuroscience Laboratory of UNIMET to understand the complex relationship between pain and cognitive performance, particularly in the maintenance of attentional capacity despite suffering.

* El Dr. Tortorici es Biólogo y Neurofisiólogo. Tiene en su haber un doctorado en Fisiología y Biofísica (Magna Cum Laude) del Instituto Venezolano de Investigaciones Científicas (IVIC). Realizó tres postdoctorados en Neurofisiología, el primero de ellos en el Instituto Venezolano de Investigaciones Científicas (IVIC), en Venezuela, y los otros en la Oregon Health and Sciences University (OHSU) y la Washington State University (WSU), ambas ubicadas en los Estados Unidos. Es Investigador Titular Emérito Activo, jefe del Laboratorio de Neurofisiología, en el Centro de Biofísica y Bioquímica (CBB) del IVIC. Fue jefe del CBB de ese instituto y presidente de la Asociación Venezolana para el Estudio del Dolor (AVED). Actualmente se desempeña como Profesor Investigador Titular, adscrito Departamento de Ciencias del Comportamiento, en la Universidad Metropolitana (UNIMET), donde también dirige el Laboratorio de Neurociencia.

** Departamento de Anestesiología, The Ohio State University Wexner Medical Center, Columbus, OH, USA.



RECIBIDO: 09-03-2021 / ACEPTADO: 11-05-2021 / PUBLICADO: 15-12-2021

Cómo citar: Tortorici y Echeverría, (2021). La huella cerebral de la atención y su lucha contra el efecto distractor del dolor. *Anales*, 37, 1-14.
<https://doi.org/10.58479/acbfm.2021.17>

CONTENIDO

Resumen	1
Abstract	1
¿Qué es el dolor?	5
Tratamiento	7
Conclusiones	12
Bibliografía:	13
Sitios web relacionados:	13

Consideremos, para iniciar, una situación hipotética en la que alguien nos desafía a que completemos un rompecabezas de mediana dificultad en un tiempo no mayor a 20 minutos. Pensemos ahora en lo que pasaría si, quien nos ha desafiado, nos conecta un par de electrodos en alguna región del cuerpo y de manera aleatoria nos estimula eléctricamente con un nivel de corriente desagradable, tanto que logre generar cierto grado de dolor. Bajo esas nuevas condiciones, ¿cuánto nos tomaría ahora completar el rompecabezas? Probablemente la mayoría de nosotros respondería que nos tomaría más tiempo, debido a que el dolor nos distraerá de nuestro objetivo original (completar el rompecabezas).

Pero sucede que no todas las personas responden de igual manera al dolor, inclusive al ser estimuladas de la misma forma. A pesar de lo lógico que pudiera resultar la interferencia generada por la aplicación de un estímulo nocivo, podríamos encontrarnos con personas que utilizan la distracción cognitiva, que en nuestro ejemplo supone completar el rompecabezas, para distraerse de un dolor que los aflija. Más aún, es posible que esas personas logren completar la tarea en menos tiempo y de manera más eficiente mientras estén sometidas al dolor. Todo dependerá de la manera en la que el cuerpo responda al estímulo nocivo; es decir, de la forma en que podamos “lidar” con nuestro dolor.

¿Qué es el dolor?

De acuerdo con la más reciente definición propuesta por la Asociación Internacional para el Estudio del Dolor (*International Association for the Study of Pain, IASP*) (Raja et al., 2020), el dolor es una experiencia sensorial y emocional desagradable, asociada con, o similar a la asociada con, un daño tisular real o potencial. Esta definición lleva implícita varias consideraciones, entre las que cabe destacar:

- a. El dolor es una experiencia personal que está influenciada en diversos grados por factores biológicos, psicológicos y sociales.
- b. El dolor no es sólo la consecuencia de una mayor actividad de las neuronas sensoriales, que son las encargadas de transmitir el mensaje que se genera al aplicar un estímulo nocivo.
- c. Las experiencias de vida de una persona determinan, en parte, cómo ella podrá responder nuevamente al mismo dolor.

- d. Aunque el dolor suele tener un papel adaptativo, ya que nos advierte de algo que puede atentar contra nuestra integridad, también puede tener efectos adversos sobre la función y el bienestar psicológico y social.
- e. La descripción verbal es sólo uno de los varios comportamientos para expresar dolor. Sin embargo, la incapacidad para comunicarse no niega la posibilidad de que un ser humano, o un animal no humano, experimente dolor. Esto es particularmente importante a la hora de considerar pacientes con dolor que se encuentran afectados cognitivamente.

Consideremos ahora cómo se produce la sensación de dolor. Cuando un estímulo nocivo es aplicado en una región del cuerpo, o cuando alguna condición patológica nos causa dolor, se activan una serie de receptores específicos denominados nociceptores en la zona de origen y como consecuencia de esa activación se genera un mensaje electroquímico (un tren de potenciales de acción), que de manera progresiva avanza a través de una serie de estaciones de relevo, que incluyen entre otras zonas a la médula espinal, el tallo cerebral y el tálamo, hasta que finalmente esa información llega a diferentes regiones de la corteza cerebral. Allí, como producto de una interacción entre esas diferentes localizaciones corticales se decide, de manera consciente, qué hacer con el dolor.

Además de esa sucesión de estructuras antes descritas, también conocidas en conjunto como la vía de transmisión del dolor, se activan en paralelo otras estructuras nerviosas con la finalidad de tratar de controlar endógenamente al dolor. Incluso algunas de esas estructuras orientan nuestra capacidad de prestarle atención, o no, al dolor (Figura 1). Esto último resulta de gran importancia, ya que las regiones encargadas del logro de la atención y aquellas que modulan la intensidad del dolor que podemos percibir, poseen elementos comunes, lo que plantea la posibilidad estratégica de que se establezcan acciones regulatorias conjuntas. Es decir, el dolor y la cognición comparten sustratos neuronales y por ello pueden interactuar de manera recíproca. Dicho de otro modo, el dolor puede afectar negativamente el procesamiento cognitivo, pero una tarea cognitivamente demandante puede, eventualmente, reducir la percepción del dolor (Moriarty & Finn, 2014). Esto último se conoce como la modulación cognitiva del dolor y se plantea como un mecanismo que puede coadyuvar con la terapia farmacológica para mejorar la calidad de vida de los pacientes con dolor, particularmente la de aquellos que son afectados por dolores de tipo crónico (con más de tres meses de instalación). Todas estas estructuras trabajan en conjunto para crear la llamada experiencia del dolor, que tendrá matices particulares de acuerdo con cada persona. La sensibilidad y la eficacia de estos circuitos neuronales determinará cuánto y cómo puede reaccionar una persona ante el dolor. Por eso algunos individuos pueden manifestar más dolor que otros, o incluso desarrollar formas de dolor crónico que pueden ser insensibles a las terapias farmacológicas más tradicionales.

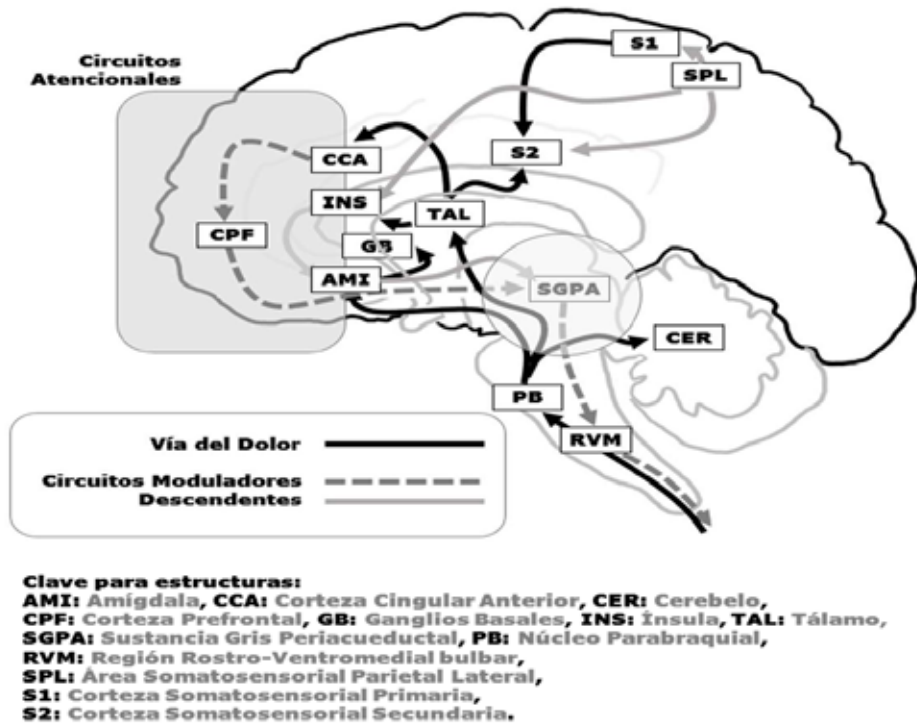


Figura 1.

Vías neurales involucradas en el procesamiento del dolor y de la atención. Nótese la convergencia de las diferentes vías a nivel mesencefálico (círculo), lo cual justifica la posibilidad de que ocurra una modulación cognitiva del dolor. Modificada de: Bushnell et al., 2013.

Tratamiento

Existen diferentes maneras de tratar al dolor, algunas de ellas emplean como blancos terapéuticos a diferentes estructuras de las vías nerviosas antes descritas. Entre las opciones disponibles se encuentran medicamentos que no requieren prescripción médica, que son empleados principalmente para tratar al dolor de intensidad baja a moderada. Tales medicamentos suelen ser indicados para que actúen en el sitio donde se origina la señal de dolor (aunque también actúan a nivel del sistema nervioso central). Otros medicamentos más fuertes, e incluso algunos anestésicos, actúan reduciendo la actividad en la vía del dolor, o incrementando la capacidad del circuito modulador endógeno. En este grupo se encuentran, por ejemplo, los fármacos opioides, cuya venta es regulada a nivel global. Algunas personas también emplean otros métodos como distracción, relajación, meditación, yoga, o terapias que involucran el aspecto cognitivo, modificando, entre otras cosas, la capacidad de atención que destinamos al dolor.

En el recientemente creado laboratorio de Neurociencia de la UNIMET, se llevan a cabo estudios que buscan contribuir a una mejor definición de los mecanismos involucrados en la modulación cognitiva del dolor. En esencia, se busca tratar de entender de mejor manera cómo funciona nuestro cerebro bajo condiciones de dolor. Los siguientes párrafos resumen los resultados de una experiencia piloto realizada con los primeros equipos que forman parte de nuestro inventario, experiencia que pensamos expandir de manera significativa a corto y mediano plazo.

El desafío cognitivo se lleva a cabo mediante una prueba de la llamada Caja de Herramientas del NIH (*NIH Toolbox*), desarrollada por los Institutos Nacionales de Salud de los Estados Unidos (*National Institutes of Health*, NIH) (Gershon et al., 2013; Hoodes et al., 2013). Esta caja de herramientas dispone de diferentes pruebas del dominio cognitivo, en idioma español y funciona de manera electrónica en un ambiente iPad, lo cual no sólo facilita las labores de procesamiento de la información, sino que además invita a nuestros participantes a actuar de una manera lúdica en la evaluación, generando así una mayor empatía hacia el procedimiento.

En particular, estamos evaluando el efecto que tiene sobre la percepción del dolor, la prueba de memoria de trabajo denominada secuencia episódica de imágenes (*Picture sequence memory test*), la cual es cognitivamente demandante y supone la presentación, en dos momentos diferentes, de secuencias de imágenes relacionadas a una condición de vida. Debido a que la prueba cognitiva se presenta se presentan en dos fases, nos permite emplear a una de ellas de manera experimental (durante la aplicación del estímulo nocivo eléctrico), y a la otra como control (durante la aplicación de un estímulo eléctrico inocuo que incluso resulta agradable). Hasta ahora todos nuestros participantes han sido sujetos sanos, de sexo masculino, con edades comprendidas entre 18-25 años, estudiantes de la UNIMET, que han cooperado con el estudio de manera voluntaria. Está entre nuestros planes inmediatos el incorporar participantes del sexo femenino para efectos comparativos.

Las consecuencias de la aplicación de la prueba cognitiva del *NIH Toolbox* se evaluó mediante el uso de una diadema denominada *Mind Wave Mobile 2*, de la casa Neurosky, la cual es una herramienta empleada para detectar señales de electroencefalografía de manera portátil. La diadema consta de un electrodo colocado en la posición frontopolar izquierda (posición FP1, de acuerdo con el sistema internacional 10-20), que ha sido calificado como ideal para la observación electrofisiológica de procesos cognitivos superiores, incluyendo memoria, atención y relajación, mediante el empleo de una serie de algoritmos específicos.



Figura 2.

Arreglo experimental involucrado en el estudio. En la parte superior se observan la diadema empleada para el registro electrofisiológico, la Escala Numérica del Dolor y los electrodos colocados en el antebrazo del participante, a través de los cuales se aplicó la estimulación eléctrica. En la parte inferior se observa al participante ejecutando la prueba cognitiva en la pantalla del iPad con su mano dominante. Igualmente se aprecia la actividad cerebral en la pantalla de la laptop, registrada mediante el uso de la diadema.

Las señales obtenidas fueron procesadas con el programa Lucid Scribe, de la casa LUCIDCODE, de arquitectura abierta. Entre sus capacidades figuran el poder detectar el establecimiento de un “foco atencional” durante la realización de tareas que impliquen concentración intensa, así como el registro de ondas cerebrales de diferente frecuencia. De esta manera, también pudo evaluarse el efecto de la aplicación de estímulos que actúan como distractores, alterando el foco de atención, o generando ansiedad (tal como ocurre durante situaciones de dolor).

Para generar al estímulo nocivo se empleó un equipo portátil de estimulación eléctrica transcutánea (*Transcutaneous Electrical Nerve Stimulation*, TENS), de la marca iStim TENS

ev-820. Dos electrodos de estimulación de tipo autoadherente (ISTIM, TKF5050 DE 2"X2") se colocaron en la región del antebrazo correspondiente a la mano no dominante de cada participante, con una separación de 10 cm entre sí. El patrón de estimulación empleado fue de modo continuo, ancho de pulso de 200 μ s, frecuencia de pulso entre 30-50 Hz. Antes de iniciar la prueba cognitiva, se procedió a determinar el umbral del dolor para cada participante. Para ello se fue incrementando progresivamente la intensidad de estimulación hasta escuchar el primer reporte verbal de dolor de parte del sujeto. Ese valor detectado fue incrementado en un 10% más de intensidad, de manera de alcanzar valores de estimulación supraumbrales. Esto es una práctica común para evitar, entre otras cosas, el establecimiento de tolerancia al dolor mientras se ejecutan los desafíos cognitivos. Las características de la estimulación nociva fueron ajustadas de manera de no generar eventos colaterales no deseados y fueron ensayadas previamente en el antebrazo del investigador, a fin de verificar las cualidades del estímulo. El tiempo de estimulación osciló entre 5 a 10 min, dependiendo de la velocidad de respuesta de cada participante durante la ejecución de la prueba cognitiva.

La intensidad del dolor fue determinada mediante el uso de la llamada Escala Numérica del Dolor (END; Downie et al., 1978), la cual es una escala que va del 0 al 10, donde 0 representa ausencia total de dolor y 10 el máximo dolor imaginable.

Para la realización de la prueba cognitiva y para poder evaluar su efecto en términos del dolor percibido, cada participante fue sentado cómodamente en una silla que estaba frente a un escritorio en el que se encontraba un iPad, con la respectiva prueba cognitiva lista para iniciar la secuencia de actividades correspondientes. Para ese momento, ya se había determinado el umbral del dolor, pero se mantenían en posición los electrodos de estimulación eléctrica, en conexión con el control del equipo de TENS. Seguidamente, se le colocó la diadema al sujeto y se verificó en una computadora laptop (HP Pavillion Gaming, Procesador NVIDIA GTX 950M) que hubiese un registro estable de sus ondas cerebrales (Figura 2). En particular nos centramos en el registro del ritmo alfa (8-12 Hz), indicador de relajación, así como en el ritmo beta (13-30 Hz), indicador de un mayor nivel de procesamiento cognitivo, así como en la curva que reflejaba del grado de atención del participante (en base a los algoritmos del programa Lucid Scribe).

Cuando todo lo anterior estuvo presto, se inició formalmente la prueba, para lo cual se activaron, en simultáneo, la estimulación eléctrica y la prueba cognitiva. En relación con esta última el participante debió usar su mano dominante a fin de responder sin interferencia mecánica a los comandos que le eran indicados en la pantalla del iPad. En el caso de los registros controles, se mantuvieron todas las condiciones anteriormente descritas, a excepción de la intensidad de estimulación eléctrica, la cual fue reducida en un 70%, a fin de generar un suave y agradable efecto de masaje en el antebrazo de cada participante.

Antes de iniciar la experiencia, se le informó a cada sujeto en qué consistía la prueba. Si luego de recibir esa explicación mantenía su deseo de participar, se le solicitaba llenar un consentimiento informado, el cual fue elaborado de acuerdo con pautas bioéticas nacionales e internacionales. De igual manera, se verificó si los participantes superaban nuestras condiciones de exclusión, entre las que se encontraban: consumo de analgésicos, historia de convulsiones y/o desvanecimientos, fatiga, presión sanguínea inestable y el uso de un marcapasos. En todo

momento, el participante estaba en su derecho de abandonar la prueba si así lo deseaba, sin que esto representara ninguna penalización.

Los datos obtenidos se analizaron utilizando el paquete estadístico GraphPad Prism 8 (GraphPad Software). Inicialmente se realizó un estudio descriptivo de las variables para determinar la media y el error estándar de la muestra bajo cada condición experimental. Luego, los resultados se procesaron con estadística no paramétrica, considerando el tamaño de la muestra ($n=5$), ya que se trataba de un estudio piloto para evaluar la factibilidad del paradigma de investigación. Seguidamente se utilizó la prueba U de Mann-Whitney para establecer posibles diferencias entre las dos condiciones experimentales. Se reconoció un nivel de significancia estadística a partir de un valor de $p \leq 0,05$.

Los resultados hasta ahora obtenidos muestran que en todos los participantes de esta experiencia piloto ocurre una mejoría significativa ($p \leq 0,05$) en el desempeño cognitivo mientras se aplica la estimulación eléctrica nociva en sus antebrazos.

Prueba de secuencia episódica de imágenes de la batería cognitiva del NIH Toolbox	Puntaje Datos Crudos (MEDIA±EDM)	Número de Participantes	ESCALA NUMÉRICA DEL DOLOR - END (MEDIA±EDM)	Significancia Estadística	Representación Gráfica del Efecto Observado
Primera parte del ensayo con estimulación eléctrica inecua	17/31 (0,55±0,08)	n=5	1,15±0,23	$p \leq 0,05$	
Segunda parte del ensayo con estimulación eléctrica nociva	24/31 (0,77±0,13)	n=5	7,43±0,12		

Tabla 1.

Caracterización de la experiencia piloto. La tabla muestra un resumen de los resultados obtenidos al administrar la prueba cognitiva durante la estimulación eléctrica en el antebrazo de los participantes. Se detallan los resultados logrados en la prueba de secuencia episódica de imágenes del *NIH Toolbox*, el número de participantes en los ensayos, la intensidad del dolor referido por los participantes al concluir la estimulación eléctrica (para no interferir con la prueba), el nivel de significancia estadística obtenido al aplicar la prueba U de Mann-Whitney y un gráfico indicando los cambios logrados en términos de desempeño cognitivo.

Tal mejoría en el desempeño cognitivo estuvo acompañada de una disminución en el ritmo alfa (indicador de menor relajación), un incremento progresivo del ritmo beta (sugestivo de un mayor nivel de procesamiento) y de un aumento sostenido en el nivel de atención, que quizás trata de resistirse al efecto distractor del dolor. No obstante, una vez llegado a un cierto momento del experimento, se observó una disminución significativa en el nivel de procesamiento cognitivo (Figura 3), probablemente debida a que a partir de ese punto el dolor que se experimenta supera la capacidad de tolerancia del participante y desvía nuevamente la atención al dolor que se percibe antes que en la prueba que se realiza, tal como lo han expresado verbalmente algunos de nuestros participantes al concluir el ensayo.

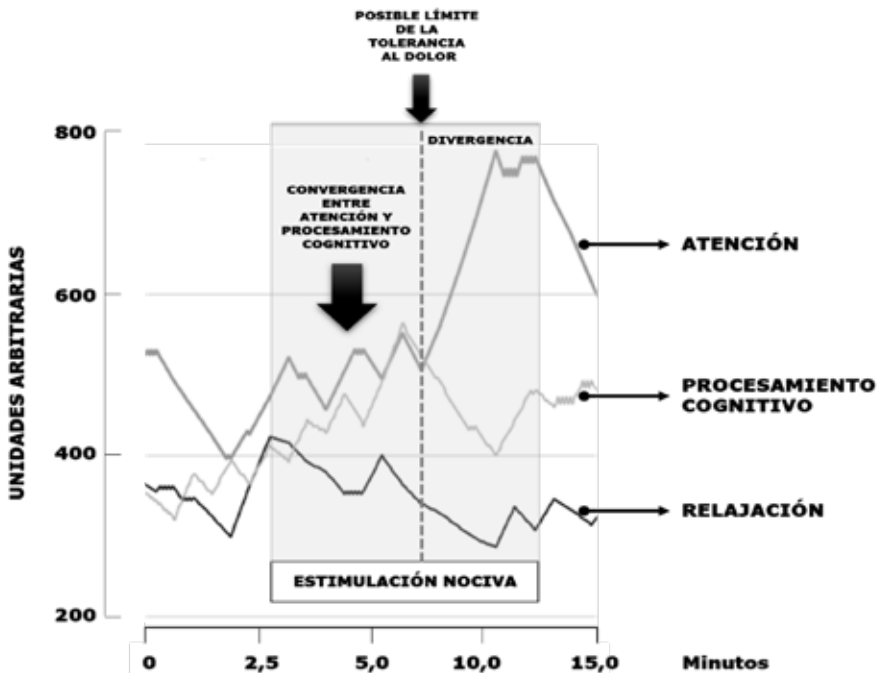


Figura 3.

Vinculación de las variables en estudio. La imagen representa el registro obtenido de uno de los participantes. En ella se observa que al iniciar la estimulación eléctrica nociva comienza a disminuir el nivel de actividad alfa (indicativo de menor relajación), mientras que aumentan progresivamente el nivel de actividad beta (indicativo de un mayor procesamiento cognitivo) y el grado de atención. Luego de un cierto tiempo, la convergencia entre la atención y el procesamiento cognitivo se pierde, lo cual podría deberse a que se sobrepasó el nivel de tolerancia al dolor en el participante.

Conclusiones

En conclusión, estos resultados preliminares sugieren que un nivel de desafío cognitivo de cierta complejidad puede ser capaz de favorecer la tolerancia ante el dolor, que en este caso resultó de la aplicación de un estímulo nocivo agudo. Adicionalmente, el cambio en el patrón de registro de los ritmos cerebrales parece correlacionarse, hasta cierto punto, de manera congruente con los cambios de atención y el nivel de procesamiento que se observan durante la ejecución de las pruebas cognitivas, lo que apunta a un mejor desempeño. Sin embargo, se requiere ampliar el tamaño de la muestra experimental y considerar el efecto de repetir la exposición al escenario de la prueba de memoria, a fin de establecer conclusiones más definitivas, que permitan afirmar el posible potencial terapéutico de este tipo de tipo de intervención cognitiva e incluso verificar las consecuencias de un proceso de aprendizaje como consecuencia de duplicar la experiencia.

Bibliografía:

- Bushnell, M. C., Ceko, M., & Low, L. A. (2013). Cognitive and emotional control of pain and its disruption in chronic pain. *Nature reviews. Neuroscience*, 14(7), 502–511. <https://doi.org/10.1038/nrn3516>
- Downie, W. W., Leatham, P. A., Rhind, V. M., Wright, V., Branco, J. A., & Anderson, J. A. (1978). Studies with pain rating scales. *Annals of the rheumatic diseases*, 37(4), 378–381. <https://doi.org/10.1136/ard.37.4.378>
- Gershon, R. C., Wagster, M. V., Hendrie, H. C., Fox, N. A., Cook, K. F., & Nowinski, C. J. (2013). NIH toolbox for assessment of neurological and behavioral function. *Neurology*, 80(11 Suppl 3), S2–S6. <https://doi.org/10.1212/WNL.0b013e3182872e5f>
- Hodes, R. J., Insel, T. R., Landis, S. C., & NIH Blueprint for Neuroscience Research (2013). The NIH toolbox: setting a standard for biomedical research. *Neurology*, 80(11 Suppl 3), S1. <https://doi.org/10.1212/WNL.0b013e3182872e90>
- Moriarty, O., & Finn, D. P. (2014). Cognition and pain. *Current opinion in supportive and palliative care*, 8(2), 130–136. <https://doi.org/10.1097/SPC.0000000000000054>
- Raja, S. N., Carr, D. B., Cohen, M., Finnerup, N. B., Flor, H., Gibson, S., Keefe, F. J., Mogil, J. S., Ringkamp, M., Sluka, K. A., Song, X. J., Stevens, B., Sullivan, M. D., Tutelman, P. R., Ushida, T., & Vader, K. (2020). The revised International Association for the Study of Pain definition of pain: concepts, challenges, and compromises. *Pain*, 10.1097/j.pain.0000000000001939. Advance online publication. <https://doi.org/10.1097/j.pain.0000000000001939>

Sitios web relacionados:

Definición actual de dolor:

<https://www.iasp-pain.org/terminology?navItemNumber=576#Pain>

¿Cómo responde tu cerebro al dolor?:

<https://www.youtube.com/watch?v=l7wfDenj6CQ>

El NIH Toolbox:

http://www.healthmeasures.net/images/nihtoolbox/NIH_Toolbox_Brochure_2012.pdf

Mind Wave Mobile 2:

<https://store.neurosky.com/pages/mindwave>

Sistema 10-20:

[https://en.wikipedia.org/wiki/10%E2%80%9320_system_\(EEG\)](https://en.wikipedia.org/wiki/10%E2%80%9320_system_(EEG))

Lucid Scribe:

<https://lucidcode.com/lucidscribe/>

Equipo TENS iStim TENS ev-820:

<http://www.istim.com/products/istim-820>

