



Contracciones musculares involuntarias y la descarga involuntaria de un arma de fuego. Dr. Roger M. Enoka. FEB13.

La tercera [norma de seguridad con las armas de fuego](#) reza “mantén el dedo fuera del disparador hasta que los elementos de puntería estén sobre el blanco y realmente vayas a disparar”. Tiene su origen en la relación entre descargas involuntarias de un arma de fuego y contracciones musculares involuntarias, siendo uno de los autores más conocidos y citados sobre esta cuestión el Dr. *Roger M. Enoka*, que, entre otros trabajos relacionados, en febrero de 2003 publicó su artículo *Contracciones musculares involuntarias y la descarga involuntaria de un arma de*



fuego [Involuntary Muscle Contractions and the Unintentional Discharge of a Firearm], cuya traducción se reproduce a continuación con la autorización del propio Dr. *Enoka*.

(Artículo publicado en el [número de JUN17](#) de la revista gratuita [Tactical Online](#))

Esas contracciones musculares involuntarias se deben a la **interacción o efectos entre extremidades**, en inglés *interlimb effects* o *interlimb interaction*. Alguno ha venido en llamarlo *efecto interlimb*, pero sin duda resulta más adecuado utilizar el término en español, el cual resulta más explicativo y evita que alguien pueda creer que esta interacción o efectos entre extremidades guarda alguna relación con el sistema límbico o los limbos cerebrales, lo cual el propio Dr. *Enoka* me ha desmentido al preguntarle directamente al respecto.

“Creo estar en lo cierto al entender que la palabra ‘limb’ se refiere a brazo o pierna a lo largo de todo su artículo y no tiene nada que ver con el cerebro o el Sistema Nervioso Central. Se lo pregunto porque hay quien ha creído que ‘limb’ significa ‘una de las partes del cerebro’ o que guarda relación con el ‘sistema límbico’. Asimismo, me gustaría preguntarle si las contracciones musculares involuntarias que ha estudiado tienen algo que ver con el cerebro o el sistema límbico. Me refiero a si esa contracción muscular involuntaria tiene su origen en el cerebro o el sistema límbico, o se trata únicamente de una consecuencia de los nervios que enlazan los músculos”.

“Sí, limb significa brazo o pierna. No se refiere al sistema límbico. Por definición, una contracción involuntaria puede implicar cualquier parte del sistema nervioso, excepto aquella necesaria para generar una activación voluntaria (es decir, la corteza motora)”.

Contracciones musculares involuntarias y la descarga



involuntaria de un arma de fuego

Dr. Roger M. Enoka, Catedrático del Departamento de Fisiología Integrativa de la Universidad de Colorado (EE.UU.) (traducido por Jorge Tierno Rey)

Cuando el dedo índice actúa sobre el mecanismo de disparo de un arma de fuego y se produce la descarga, tal acción suele ser voluntaria. Sin embargo, en determinadas circunstancias esta acción puede producirse incluso aunque la persona que empuña el arma de fuego no lo pretenda. Dado que resulta muy difícil simular dichas circunstancias en un laboratorio, no existen estudios científicos que analicen específicamente las descargas involuntarias de un arma de fuego. No obstante, existe suficiente información en la literatura científica para ayudarnos a entender las razones fisiológicas de la descarga involuntaria de un arma de fuego. El propósito de este texto consiste en describir tanto la base fisiológica de este fenómeno como los factores en los que los instructores de tiro podrían basarse para minimizar su ocurrencia.

¿Cómo es posible que la persona que empuña un arma de fuego realice una descarga involuntaria? La respuesta es que los músculos que se encargan de mover el dedo índice y así presionar el disparador lo hacen sin que el individuo se dé cuenta de que esto sucede. Para un fisiólogo esto no resulta tan inusual, dado que las personas no son conscientes de la mayoría de las acciones musculares que realizan durante las actividades de la vida diaria. Cuando se activa un músculo mediante una orden directa del cerebro, la acción es intencionada. Esto se conoce como contracción voluntaria (Prochazka, Clarac, Loeb, Rothwell y Wolpaw, 2000). Sin embargo, los músculos también pueden ser activados por señales procedentes de otros lugares del sistema nervioso aparte del cerebro y tal activación produce una contracción muscular que no es resultado de una decisión consciente. Estas acciones se conocen como contracciones involuntarias. Las descargas involuntarias, que no son descargas accidentales, son el resultado de contracciones musculares involuntarias que se producen durante el manejo adecuado de un arma de fuego. Este artículo explica cómo las contracciones musculares involuntarias pueden causar la descarga involuntaria de un arma de fuego.

ANATOMÍA DEL CUERPO HUMANO

La base del cuerpo humano es el esqueleto, que comprende unos cientos de huesos que se encuentran interconectados por las articulaciones a través de ligamentos y otros tejidos blandos. En los estudios biomecánicos del movimiento humano se suele considerar que el cuerpo se compone de aproximadamente 17 segmentos que se basan en la estructura del esqueleto, de forma que un segmento representa la parte del cuerpo comprendida entre dos articulaciones principales.

Cada una de nuestras extremidades comprende tres segmentos: la mano, el antebrazo y el brazo en el caso de los brazos y el pie, la pierna y el muslo en el caso de las piernas. El



segmento del antebrazo, por ejemplo, se corresponde con las estructuras del cuerpo situadas entre el codo y la muñeca y el segmento del muslo se refiere a las estructuras del cuerpo que se encuentran entre las articulaciones de la cadera y la rodilla.

El movimiento implica la rotación de segmentos del cuerpo sobre segmentos vecinos, incluso cuando la acción consiste en moverse en línea recta de una posición a otra. Al andar el movimiento de una pierna implica que el segmento del muslo gira sobre la articulación de la cadera, la pierna gira sobre la articulación de la rodilla y el pie gira sobre la articulación del tobillo. Los músculos que comprenden las articulaciones entre segmentos adyacentes del cuerpo controlan estos giros. Por ejemplo, los músculos de la parte anterior (cuádriceps femoral) y posterior (músculos isquiotibiales) del muslo controlan el movimiento de la pierna sobre la articulación de la rodilla, tal como al doblar la rodilla. Los músculos se activan para producir tales acciones mediante las células nerviosas que se encuentran en la médula espinal, pero sólo después de que las propias células nerviosas hayan sido activadas por las señales procedentes o bien del cerebro (contracciones voluntarias) o bien de otras partes del sistema nervioso (contracciones involuntarias).

Hay dos aspectos de esta anatomía que son importantes a la hora de abordar las contracciones involuntarias en los músculos de la mano. El primero es que la posición de la mano mientras se está de pie depende de la orientación relativa de todos los segmentos del cuerpo situados entre la mano y el pie (Scholz, Schöner y Latash, 1999). Debido a este acoplamiento anatómico, el desplazamiento de cualquier segmento corporal intermedio hará que la mano se mueva. Y el segundo es que resulta básicamente imposible que un segmento del cuerpo realice una acción sin hacer que otros segmentos del cuerpo se muevan. Este segundo aspecto, que se hace más evidente en acciones rápidas y enérgicas, representa un acoplamiento biomecánico entre los segmentos corporales. Para evitar que el acoplamiento biomecánico provoque acciones involuntarias en otros segmentos del cuerpo, el sistema nervioso ha de activar otros músculos para contrarrestar este efecto (Darling y Cole, 1990; Galloway y Koshland, 2002; Sainburg y Kalakanis, 2000; Zedka y Prochazka, 1997). Esto sucede automáticamente sin que el cerebro decida conscientemente activar estos músculos. Por lo tanto, la actividad muscular que estabiliza el cuerpo durante la ejecución de un movimiento implica muchas contracciones musculares involuntarias.

CONEXIONES NEUROLÓGICAS ENTRE EXTREMIDADES

Además del acoplamiento anatómico y biomecánico entre los segmentos del cuerpo, existen conexiones dentro del sistema nervioso (Alexander y Harrison, 2003; Barbeau, Marchand-Pauvert, Meunier, Nicolas y Pierrot-Deseilligny, 2000) por las que un efecto en un segmento corporal puede provocar una respuesta asociada en otro segmento corporal. Estas conexiones neurológicas existen incluso entre extremidades (Koltzenburg, Wall y McMahon, 1999; Serrien y Wiesendanger, 2001) y resultan importantes para producir las contracciones involuntarias que pueden causar la descarga involuntaria de un arma de fuego. Para ilustrar la naturaleza de estas conexiones neurológicas entre extremidades, se



exponen dos ejemplos: un ejemplo describe la velocidad de la contracción involuntaria que se provoca en la otra extremidad y el otro ejemplo indica el efecto de la práctica sobre la respuesta asociada.

El primer ejemplo implica un reflejo conocido como el reflejo flexor y extensor cruzado (Andersen, Sonnenborg y Arendt-Nielsen, 1999; Sherrington, 1910; Sonnenborg, Andersen, Arendt-Nielsen y Treede, 2001). Imagina que andas descalzo por el salón y pisas una chincheta. Sin pensarlo, levantas del suelo el pie con el que pisas la chincheta y estiras la otra pierna. Dado que la chincheta genera un estímulo doloroso en el pie, la respuesta refleja consiste en retirar el pie del estímulo (reflejo flexor o de retirada). No obstante, al mismo tiempo la otra pierna se estira (reflejo extensor cruzado) para que puedas mantener el equilibrio.

En este ejemplo, el estímulo doloroso desencadena dos acciones distintas: en una pierna se dobla la articulación de la rodilla, mientras que en la otra pierna se estira. Estas contracciones involuntarias ocurren rápidamente sin que normalmente seas consciente de ello hasta que ya se han realizado los movimientos reflejos. Este ejemplo demuestra cómo una señal sensorial de una extremidad puede provocar una rápida respuesta involuntaria en la otra extremidad sin que intervenga el cerebro. Este efecto también se produce con otros tipos de reflejos (Delwaide, Sabatino, Pepin y La Grutta, 1988; Koceja, 1995; Pierrot-Deseilligny, Bussel, Sideri, Cathala y Castaigne, 1973; Zehr, Collins y Chua, 2001).

El segundo ejemplo estudia los efectos del entrenamiento de fuerza realizado por una extremidad sobre la fuerza de los mismos músculos de la otra extremidad. Este efecto se conoce como educación cruzada (Zhou, 2000). Numerosos estudios han descubierto que cuando se realizan varias semanas de entrenamiento de fuerza con los músculos de una extremidad, no sólo se fortalecen los músculos ejercitados, sino que también lo hacen los mismos músculos de la otra extremidad, aunque no se ejerciten. Se ha podido observar este efecto en los músculos de la mano, los músculos de los brazos y los músculos de las piernas.

Por ejemplo, un programa de entrenamiento de fuerza de 12 semanas que implique levantar pesos de más del 65 % del peso máximo tres veces a la semana con la pierna derecha producirá un aumento de la fuerza de entre un 5 y un 25 % en los músculos de la pierna izquierda. De media, el aumento de fuerza en la extremidad no ejercitada es de un 60 % del aumento de fuerza del miembro ejercitado. Se ha podido observar la educación cruzada tras programas de entrenamiento que implican contracciones voluntarias, contracciones provocadas con descargas eléctricas y contracciones imaginarias (Hortobágyi, Lambert y Hill, 1997; Hortobágyi, Scott, Lambert, Hamilton y Tracy, 1999; Shima et al., 2002; Yue y Cole, 1992; Zhou, 2000). El aumento de fuerza en la extremidad no ejercitada parece ser causado por los cambios que se producen en el sistema nervioso (Duchateau y Enoka, 2002), lo cual pone en relieve las poderosas conexiones neurológicas que existen entre las extremidades.



Contracciones musculares involuntarias y la descarga involuntaria de un arma de fuego. Dr. Roger M. Enoka. FEB13.



FACTORES QUE INFLUYEN EN LOS EFECTOS ENTRE EXTREMIDADES

De lo anteriormente expuesto, resulta evidente que se pueden provocar contracciones involuntarias en los músculos de la mano debidas o bien al acoplamiento biomecánico entre segmentos del cuerpo o bien a las conexiones neurológicas entre extremidades. Un análisis de la literatura de investigación evidencia que existen al menos tres escenarios en los que se podrían producir contracciones involuntarias suficientes para causar la descarga involuntaria de un arma de fuego: contracciones simpáticas, pérdida del equilibrio, reacción de sobresalto.

El término **contracción simpática**, que fue acuñado por policías, se refiere a una contracción involuntaria que se produce en los músculos de una extremidad cuando los mismos músculos de la otra extremidad están realizando una acción enérgica voluntaria. En la literatura sobre fisiología, este efecto es conocido como *movimiento reflejo o irradiación contralateral* (Arányi y Rösler, 2002; Dimitrijevic et al., 1992; Mayston, Harrison y Stephens,



1999; Zijdewind y Kernell, 2001). La intensidad de la contracción simpática depende de la cantidad de fuerza ejercida durante la acción voluntaria.

Por ejemplo, cuando los sujetos empujaban lateralmente con el dedo índice de la mano izquierda, *Shinohara, Keenan y Enoka* (2003) descubrieron que la contracción simpática de los músculos que controlan el dedo índice de la mano derecha variaba con la intensidad de la contracción de la mano izquierda. Cuando el dedo índice de la mano izquierda empujaba con toda la fuerza posible, la contracción simpática en la mano derecha producía una fuerza que alcanzaba el 25 % de la fuerza máxima.

Las contracciones simpáticas en los músculos de las manos parecen deberse a una falta de modulación de las conexiones entre los lados izquierdo y derecho del cerebro (*Arányi y Rösler, 2002; Jones y Geffen, 1994; Liepert, Dettmers, Terborg y Weiller, 2001*).

Una situación habitual que puede provocar una contracción simpática suficiente para producir una descarga involuntaria se da cuando un policía intenta reducir con la mano izquierda a un sospechoso que forcejea mientras empuña una pistola en la mano derecha.

Aunque se han observado contracciones simpáticas en numerosos estudios de investigación, la clave de la cuestión radica en la intensidad de la contracción involuntaria. ¿Resulta suficiente la fuerza asociada a una contracción simpática como para llegar a presionar el disparador y disparar un arma de fuego? Todavía no existe una respuesta clara a esta pregunta dado que los estudios de contracciones simpáticas existentes no contemplan que la mano se encuentre en la misma posición que cuando se empuña una pistola. No obstante, se puede estimar la magnitud de esta fuerza, al menos durante mediciones en laboratorio.

Para un hombre medio (20-45 años, 75 kilos, 1'75 m.), la fuerza máxima de agarre es de aproximadamente 55 kilos (*Bemben, Massey, Misner y Boileau, 1996*). El dedo índice supone entre el 30 y el 60 % de la fuerza máxima de agarre, dependiendo de la posición del pulgar y la anchura de la empuñadura (*Li, Latash, Newell y Zatsiorsky, 1998; Radhakrishnan y Nagaravindra, 1993; Talsania & Kozin, 1998*). Si se considera que el dedo índice supone de media el 45 % de la fuerza máxima de agarre, cuando el dedo índice se encuentra enfrentado al pulgar puede ejercer 25 kilos de fuerza durante una contracción máxima de agarre. Dado que varios estudios evidencian que en entornos de laboratorio una contracción simpática en los músculos de la mano puede alcanzar el 25 % de la fuerza máxima (*Shinohara et al., 2003; Zijdewind y Kernell, 2001*), una contracción simpática máxima implicaría una fuerza del dedo índice de aproximadamente 6 kilos, la cual resulta suficiente para vencer la tensión del disparador de la mayoría de las pistolas. Sin embargo, este valor probablemente subestime la fuerza máxima real que puede alcanzar el dedo índice durante operaciones sobre el terreno debido a los efectos moduladores del estrés sobre las contracciones musculares (*Christou et al., 2002; Delwaide y Toulouse, 1983; Noteboom, Barnholt y Enoka, 2001; Weinburg y Hunt, 1976; Williams y Barnes, 1989*) [los efectos moduladores del estrés sobre las contracciones musculares implican una fuerza aumentada debido a la adrenalina y otras sustancias bioquímicas que se segregan en el cuerpo en condiciones de estrés].



El segundo escenario consiste en la **pérdida del equilibrio**. Uno de los casos más habituales de contracciones involuntarias lo constituyen aquellas que provoca el sistema nervioso para mantener la variedad de posturas que adoptamos durante las actividades de la vida diaria.

Las contracciones posturales cumplen dos funciones (Horak y Macpherson, 1996): colocar los segmentos del cuerpo en una posición adecuada para la realización de un movimiento y mantener el equilibrio del individuo. Cuando se altera el equilibrio, se producen contracciones involuntarias rápidas que intentan devolver el cuerpo a una posición de equilibrio. Dos características de las estrategias utilizadas por el sistema nervioso para mantener el equilibrio pueden provocar contracciones involuntarias en los músculos de la mano.

En primer lugar, las contracciones involuntarias utilizadas para evitar una pérdida del equilibrio dependen de las opciones disponibles para contrarrestar la perturbación del equilibrio (Cordo y Nashner, 1982; Elger, Wing y Giles, 1999; McIlroy y Maki, 1995; Schieppati y Nardone, 1995). Imagínate el caso de un policía que manda a un conductor que detenga el coche en el arcén de una autovía y se le acerca por el lado del acompañante mientras empuña la pistola en una mano. La cuneta de la autovía está cubierta de gravilla y presenta una ligera pendiente. El policía resbala por culpa de la gravilla. Sin que sea consciente de ello, el sistema nervioso del policía activa una secuencia de contracciones involuntarias para evitar la caída. Si el policía no está lo suficientemente cerca de su coche o del coche que acaba de parar como para poder apoyarse en alguno de los dos, las contracciones involuntarias se centran en los músculos de las piernas. Sin embargo, si el policía tiene la opción de apoyarse en cualquiera de los dos coches, la mayoría de las contracciones involuntarias se dan en los músculos del brazo y de la mano. Por lo tanto, las contracciones involuntarias rápidas pueden comprender los mismos músculos utilizados para empuñar la pistola.

La segunda característica de las contracciones posturales se refiere a las conexiones neurológicas entre las extremidades. Si una sola extremidad experimenta una pérdida del equilibrio, las contracciones involuntarias se extenderán también a la otra extremidad (Corna, Galante, Grasso, Nardone y Schieppati, 1996; Dietz, Horstmann y Berger, 1989; Marsden, Merton y Morton, 1983). Como resultado de esta interacción, un policía que pierda el equilibrio mientras sujeta a un individuo con la mano izquierda aumenta automáticamente su agarre con la mano izquierda, pero además experimenta contracciones involuntarias en los músculos del brazo y mano derecha. En este ejemplo, las contracciones posturales se producen en los músculos de ambos brazos y manos incluso aunque sea solo la posición del brazo y mano izquierda la que se vea afectada.

El tercer escenario comprende la **reacción de sobresalto**. Ésta consiste en una respuesta tipo reflejo de cuerpo entero ante un estímulo auditivo elevado inesperado; a veces puede producirse a partir de estímulos somestésicos, vestibulares o visuales (Bisdorff, Bronstein y Gresty, 1994; Bisdorff et al., 1999; Hawk y Cook, 1997). La reacción de sobresalto genera contracciones involuntarias rápidas que comienzan con un parpadeo del ojo para proseguir



con la flexión del cuello, el tronco y los hombros, los codos, los dedos y las piernas (Brown, 1995; Landis y Hunt, 1939). La reacción en las manos, que se produce menos de 200 ms después del estímulo (sonido fuerte), se traduce en que la persona cierre el puño.

La reacción de sobresalto puede tener un efecto marcado en las contracciones voluntarias (Nieuwenhuijzen, Schillings, Van Galen y Duysens, 2000; Siegmund, Inglis y Sanderson, 2001). Por ejemplo, el tiempo de reacción se recortó a la mitad cuando se superpuso un estímulo acústico fuerte a los movimientos de reacción (Valls-Solé, Rothwell, Goulart, Cossu y Muñoz, 1999). La magnitud de la reacción de sobresalto varía y aumenta en amplitud con el miedo y la excitación (Davis, 1984). En consecuencia, un policía que se sobresalta por un ruido fuerte e inesperado mientras busca a un sospechoso con la pistola empuñada seguramente aumente la fuerza de agarre sobre el arma, puede que lo suficiente como para causar una descarga involuntaria.



FACTORES A TENER EN CUENTA EN EL ENTRENAMIENTO CON ARMAS DE FUEGO

Dado que las descargas involuntarias se deben a contracciones involuntarias, existen al menos dos métodos que pueden utilizar los instructores de tiro para alterar esta asociación: (1) insistir en un procedimiento de manipulación del arma que lleve el dedo índice lejos del disparador y (2) entrenar a los policías para reducir el número e intensidad de las contracciones involuntarias.

El primer método lo utilizan actualmente muchos cuerpos policiales e implica entrenar a los policías para que coloquen el dedo índice extendido por fuera del guardamontes hasta que tomen la decisión de disparar el arma. Se trata de un buen procedimiento porque la fuerza



ejercida por el dedo índice varía a medida que el policía realiza diferentes acciones y la amplitud de estas fluctuaciones de la fuerza ejercida aumenta con el estrés (Christou et al., 2002; Flanagan y Wing, 1995; Noteboom et al., 2001). Para evitar que las fluctuaciones de la fuerza ejercida por el dedo índice puedan suponer que se presione involuntariamente el disparador, parece muy sensato alejar el dedo índice del disparador hasta que sea necesario presionarlo voluntariamente. El tiempo añadido que supone llevar el dedo índice desde su posición extendida en el lateral del arma hasta el disparador cuando sea necesario realizar un disparo no impide que un policía pueda disparar rápido.

No obstante, debido a la organización de los músculos que controlan los movimientos de los dedos, este procedimiento no resulta infalible. El movimiento de los dedos lo controlan una combinación de músculos pequeños de la mano y músculos más grandes del antebrazo. Al empuñar un arma de fuego en posición de disparo, una persona utiliza los músculos de la mano y los músculos de la parte anterior del antebrazo (lado de la palma de la mano) para agarrar la pistola y un pequeño músculo de la parte posterior del antebrazo para mantener el dedo extendido en el lateral de la pistola. Si las circunstancias desencadenan contracciones involuntarias que hagan que la persona agarre la pistola con más fuerza, la fuerza ejercida por estos músculos puede forzar la acción del músculo relativamente pequeño que se utiliza para mantener el dedo índice extendido en el lateral de la pistola. Es más, resulta difícil incluso con contracciones voluntarias mover un solo dedo sin que ello influya en la fuerza ejercida por otros dedos (Kilbreath y Gandevia, 1994; Kilbreath, Gorman, Raymond y Gandevia, 2002; Li, Danion, Latash, Li y Zatsiorsky, 2001). Como consecuencia de estos efectos, el dedo índice puede verse obligado a unirse a la acción de agarre e incluso podría deslizarse dentro del guardamontes y presionar el disparador.

El segundo método consiste en seguir programas de entrenamiento que reduzcan el número e intensidad de las contracciones involuntarias. Este método plantea dos cuestiones: ¿se pueden entrenar las contracciones involuntarias?, y en caso afirmativo, ¿qué tipo de entrenamiento se requiere?

La respuesta a la primera pregunta es sí, se pueden entrenar las contracciones involuntarias. Un ejemplo lo representan las contracciones involuntarias asociadas con el mantenimiento del equilibrio después de una perturbación del mismo (Nashner, 1976). En este ejercicio, los sujetos se ponen de pie sobre una plataforma que se puede mover rápidamente en dos direcciones para estirar los músculos de la pantorrilla: (1) la plataforma se mueve hacia atrás, lo cual hace que la persona se balancee hacia delante por la articulación del tobillo y de este modo se estiren los músculos de la pantorrilla; y (2) la plataforma gira de forma que los dedos de los pies suben y así se estiran los músculos de la pantorrilla. En el primer caso, el sujeto realiza contracciones involuntarias en los músculos de la pantorrilla para contrarrestar el balanceo hacia delante y evitar una pérdida del equilibrio. En el segundo caso, sin embargo, la presencia de contracciones involuntarias en los músculos de la pantorrilla va a suponer que el sujeto se balancee hacia atrás y por lo tanto pierda el equilibrio. *Nashner y McCollum* (1985) descubrieron que los sujetos podían aprender a suprimir las contracciones involuntarias de los músculos de la pantorrilla en el segundo supuesto tras practicarlo varias veces. Se han obtenido resultados similares con



otros movimientos reflejos (Chen y Wolpaw, 2001; Kolb, Lachauer, Maschke y Timmann, 2002; Nielsen, Crone y Hultborn, 1993; Sveistrup y Woollacott, 1997; Wolf y Segal, 1996; Wolf, Segal, Heter y Catlin, 1995).

¿Cómo se pueden reducir mediante el entrenamiento las contracciones involuntarias que suelen producir descargas involuntarias? Aunque nunca se haya demostrado que determinado grado de entrenamiento elimine las contracciones involuntarias, parece que un método utilizado en el campo de la prescripción de ejercicios y la medicina de rehabilitación da buenos resultados. Este método se plasma en el *Principio de la Especificidad*, que establece que la mejora del rendimiento es específica para las actividades realizadas durante el programa de entrenamiento. Por ejemplo, el aumento de la fuerza muscular que se produce tras varias semanas de entrenamiento es mayor para ejercicios realizados durante el entrenamiento y es mucho menor cuando se utilizan los mismos músculos para realizar otros ejercicios (Semmler y Enoka, 2000). Esta especificidad incluso resulta evidente para ejercicios realizados con una extremidad cada vez respecto a los mismos ejercicios realizados con ambas extremidades a la vez (Howard y Enoka, 1991; Rube y Secher, 1990; Zhou, 2000).

Estos descubrimientos de investigación sugieren que el entrenamiento con armas de fuego ha de incluir tres elementos: (1) los policías han de ser introducidos en escenarios que puedan provocar los mismos tipos de contracciones involuntarias que pueden producir la descarga involuntaria de un arma de fuego; (2) la presentación de estos escenarios ha de suponer tal nivel de excitación para los ejecutantes que el entrenamiento reproduzca situaciones de la realidad; y (3) el entrenamiento ha de realizarse de forma regular y más de una vez al año.

Por lo tanto, el entrenamiento con armas de fuego en un campo/galería de tiro logrará bien poco en cuanto a reducir las contracciones involuntarias experimentadas por los policías durante operaciones en la calle.

En resumen, las observaciones clínicas y científicas indican que existe una fuerte influencia entre las extremidades del cuerpo humano y que sus efectos resultan lo suficientemente grandes como para provocar una contracción muscular involuntaria y producir la descarga involuntaria de un arma de fuego. La literatura de investigación identifica tres escenarios que predisponen a un individuo a tales contracciones musculares involuntarias. El entrenamiento con armas de fuego ha de insistir en métodos que alejen el dedo índice del disparador hasta que se tome la decisión de disparar el arma y diseñar protocolos que reduzcan la posibilidad de una contracción involuntaria de los músculos de la mano durante la aplicación de procedimientos habituales.

REFERENCIAS



Contracciones musculares involuntarias y la descarga involuntaria de un arma de fuego. Dr. Roger M. Enoka. FEB13.

- Alexander, C. M. y Harrison, P. J. (2003). Reflex connections from forearm and hand afferents to shoulder girdle muscles in humans [conexiones reflejas desde el antebrazo y la mano hasta los músculos de la cintura escapular del hombro en los seres humanos]. *Experimental Brain Research* [investigación experimental del cerebro], 148, 277-282.
- Andersen, O.K., Sonnenborg, F. A. y Arendt-Nielsen, L. (1999). Modular organization of human leg withdrawal reflexes elicited by electrical stimulation of the foot sole [organización modular de los reflejos humanos de flexión (retirada) de la pierna provocados por la estimulación eléctrica de la planta del pie]. *Muscle & Nerve* [músculo y nervio], 22, 1520-1530.
- Arányi, Z. y Rösler, K. M. (2002). Effort-induced mirror movements [movimientos reflejos inducidos por el esfuerzo]. A study of transcallosal inhibition in humans [un estudio sobre la inhibición transcallosa en los humanos]. *Experimental Brain Research* [investigación experimental del cerebro], 145, 76-82.
- Barbeau, H., Marchand-Pauvert, V., Meunier, S., Nicolás, G. y Pierrot-Deseilligny, E. (2000). Posture-related changes in heteronymous recurrent inhibition from quadriceps to ankle muscles in humans [alteraciones relacionadas con la postura en la inhibición recurrente heterónima desde el cuádriceps hasta los músculos del tobillo en los seres humanos]. *Experimental Brain Research* [investigación experimental del cerebro], 130, 345-361.
- Bemben, M.G., Massey, B.H., Bemben, D.A., Misner, J.E. y Boileau, R.A. (1996). Isometric intermittent endurance of four muscle groups in men aged 20-74 yr [resistencia intermitente isométrica de cuatro grupos musculares en hombres de entre 20 y 74 años]. *Medicine and Science in Sports and Exercise* [medicina y ciencia en el deporte y el ejercicio físico], 28, 145-154.
- Bisdorff, A. R., Bronstein, A. M. y Gresty, M. A. (1994). Responses in neck and facial muscles to sudden free fall and a startling auditory stimulus [respuestas en los músculos faciales y del cuello ante una caída libre repentina y un estímulo auditivo sorpresivo]. *Electromyography and Clinical Neurophysiology* [electromiografía y neurofisiología clínica], 93, 409-416.
- Bisdorff, A. R., Bronstein, A. M., Wolsey, C., Gresty, M. A., Davies, A. y Young, A. (1999). EMG responses to free fall in elderly subjects and akinetic rigid patients [respuestas electromiográficas ante la caída libre en sujetos de avanzada edad y pacientes rígidos acinéticos]. *Journal of Neurology, Neurosurgery, and Psychiatry* [revista de neurología, neurocirugía y psiquiatría], 66, 447-45
- Brown, P. (1995). Physiology of startle phenomena [fisiología de los fenómenos de sobresalto]. En S. Fahm, M. Hallett, H.O. Lüders y C.D. Marsden (Eds.), *Negative Motor Phenomena* [fenómenos motores negativos] (pp. 273-287). Philadelphia: Lippincott-Raven.
- Chen, X. Y., Chen, L. y Wolpaw, J. R. (2001). Time course of H-reflex conditioning in the rat [proceso de acondicionamiento del reflejo H en la rata]. *Neuroscience Letters* [cuadernos de neurociencia], 302, 85-88.
- Christou, E. A., Jakobi, J. M., Critchlow, A., Fleshner, M., Hutchison, K. y Enoka, R. M. (2002). Arousal-induced alterations in muscle activation and fluctuations in pinch-grip force are enhanced in older adults [las alteraciones en la activación muscular inducidas por la agitación y las fluctuaciones en la fuerza de pinza-agarre aumentan en los adultos de mayor edad]. *Society for Neuroscience Abstracts* [resúmenes de la sociedad de neurociencia].
- Cordo, P. J. y Nashner, L. M. (1982). Properties of postural adjustments associated with rapid arm movements [propiedades de los ajustes posturales asociados con movimientos rápidos del brazo]. *Journal of Neurophysiology* [revista de neurofisiología], 47, 287-302.
- Corna, S., Galante, M., Grasso, M., Nardone, A. y Schieppati, M. (1996). Unilateral displacement of lower limb evokes bilateral EMG responses in leg and foot muscles in standing humans [el desplazamiento unilateral de la extremidad inferior provoca respuestas electromiográficas bilaterales en los músculos de los pies y de las piernas en seres humanos de pie]. *Experimental Brain Research* [investigación experimental del cerebro], 109, 83-91.
- Darling, W. G. y Cole, K. J. (1990). Muscle activation patterns and kinetics of human index finger movements [patrones de activación muscular y cinética de los movimientos del dedo índice humano]. *Journal of Neurophysiology*



Contracciones musculares involuntarias y la descarga involuntaria de un arma de fuego. Dr. Roger M. Enoke. FEB13.

[revista de neurofisiología], 63, 1098-1108.

Davis, M. (1984). The mammalian startle response [la respuesta de sobresalto de los mamíferos]. En R.C. Eaton (Ed.), *Neural Mechanisms of Startle Behavior* [mecanismos neurales del comportamiento de sobresalto] (pp. 287-351). Nueva York: Plenum.

Delwaide, P. J., Sabatino, M., Pepin, J. L. y La Grutta, V. (1988). Reinforcement of reciprocal inhibition by contralateral movements in man [refuerzo de la inhibición recíproca por los movimientos contralaterales en el hombre]. *Experimental Neurology* [neurología experimental], 99, 10-17.

Delwaide, P. J. y Toulouse, P. (1983). The Jendrassik maneuver: quantitative analysis of reflex reinforcement by remote voluntary muscle contraction [la maniobra de Jendrassik: análisis cuantitativo del refuerzo reflejo por contracción muscular voluntaria remota]. En J. E. Desmedt (Ed.), *Motor Control Mechanisms in Health and Disease* [mecanismos de control motriz en la salud y la enfermedad] (pp. 661-669). Nueva York: Raven.

Dietz, V., Horstmann, G. A. y Berger, W. (1989). Interlimb coordination of leg muscle activation during perturbations of stance in humans [coordinación entre extremidades de la activación del músculo de la pierna durante las perturbaciones de la postura en los seres humanos]. *Journal of Neurophysiology* [revista de neurofisiología], 62, 680-693.

Dimitrijevic, M. R., McKay, W. B., Sarjanovic, I., Sherwood, A. M., Svrtlih, L. y Vrbová, G. (1992). Co-activation of ipsi- and contralateral muscle groups during contraction of ankle dorsiflexors [coactivación de los grupos musculares ipsilaterales y contralaterales durante la contracción de los dorsiflexores del tobillo]. *Journal of the Neurological Sciences* [revista de ciencias neurológicas], 109, 49-55.

Duchateau, J. y Enoke, R. M. (2002). Neural adaptations with chronic activity patterns in able-bodied humans [adaptaciones neurales con patrones de actividad crónica en seres humanos sin discapacidades]. *American Journal of Physical Medicine and Rehabilitation* [revista estadounidense de medicina física y rehabilitación], 81 (Supl.), S17-S27.

Elger, K., Wing, A. y Gilles, M. (1999). Integration of the hand in postural reactions to sustained sideways force at the pelvis [integración de la mano en las reacciones posturales ante una fuerza lateral sostenida en la pelvis]. *Experimental Brain Research* [investigación experimental del cerebro], 128, 52-60.

Enoka, R. M. (2002). *Neuromechanics of Human Movement* [neuromecánica del movimiento humano], 3ª edición. Champaign, IL: Human Kinetics.

Flanagan, J. R. y Wing, A. M. (1995). The stability of precision grip forces during cyclic arm movements with a hand-held load [la estabilidad de las fuerzas de agarre de precisión durante los movimientos cíclicos del brazo con una carga sostenida en la mano]. *Experimental Brain Research* [investigación experimental del cerebro], 105, 455-464.

Galloway, J. C. y Koshland, G. F. (2002). General coordination of shoulder, elbow and wrist dynamics during multijoint arm movements [coordinación general de la dinámica del hombro, codo y muñeca durante los movimientos multiarticulación del brazo]. *Experimental Brain Research* [investigación experimental del cerebro], 142, 163-180.

Geffen, G. M., Jones, D. L. y Geffen, L. B. (1994). Interhemispheric control of manual motor activity [control interhemisférico de la actividad motriz manual]. *Behavioral Brain Research* [investigación del comportamiento del cerebro], 64, 131-140.

Hawk, L. W. y Cook, E. W. (1997). Affective modulation of tactile startle [modulación afectiva del sobresalto táctil]. *Psychophysiology* [psicofisiología], 34, 23-31.

Horak, F. B. y Macpherson, J. M. (1996). Postural orientation and equilibrium [orientación postural y equilibrio]. En L. B. Rowell y J. T. Shepherd (Eds.), *Handbook of Physiology* [manual de fisiología], Sección 12. *Exercise: Regulation and Integration of Multiple Systems* [ejercicio: regulación e integración de sistemas múltiples] (pp. 255-292). Nueva York: Oxford University Press.

Hortobágyi, T., Lambert, N. J. y Hill, J. P. (1997). Greater cross education following training with muscle lengthening than shortening [mayor educación cruzada tras entrenamiento con alargamiento muscular que tras entrenamiento



Contracciones musculares involuntarias y la descarga involuntaria de un arma de fuego. Dr. Roger M. Enoka. FEB13.

con acortamiento muscular]. *Medicine and Science in Sports and Exercise* [medicina y ciencia en el deporte y el ejercicio físico], 29, 107-112.

Hortobágyi, T., Scott, K., Lambert, J., Hamilton, G. y Tracy, J. (1999). Cross-education of muscle strength is greater with stimulated than voluntary contractions [la educación cruzada de la fuerza muscular es mayor con contracciones estimuladas que con contracciones voluntarias]. *Motor Control* [control motriz], 3, 205-219.

Howard, J. D., y Enoka, R. M. (1991). Maximum bilateral contractions are modified by neurally mediated interlimb effects [las contracciones bilaterales máximas son modificadas por los efectos entre extremidades arbitrados neuralmente]. *Journal of Applied Physiology* [revista de fisiología aplicada], 70, 306-316.

Kilbreath, S. L. y Gandevia, S. C. (1994). Limited independent flexion of the thumb and fingers in human subjects [flexión independiente limitada del pulgar y los dedos de la mano en sujetos humanos]. *Journal of Physiology* [revista de fisiología], 479, 487-497.

Kilbreath, S. L., Gorman, R. B., Raymond, J. y Gandevia, S. C. (2002). Distribution of the forces produced by motor unit activity in the human flexor digitorum profundus [distribución de las fuerzas producidas por la actividad de la unidad motora en el flexor digital profundo del ser humano]. *Journal of Physiology* [revista de fisiología], 543, 289-296.

Koceja, D. M. (1995). Quadriceps mediated changes in soleus motoneuron excitability [los cambios arbitrados por el cuádriceps en la excitabilidad de la motoneurona del sóleo]. *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology* [electroencefalografía y neurofisiología clínica], 35, 25-30.

Kolb, F. P., Lachauer, S., Maschke, M. y Timmann, D. (2002). Classical conditioning of postural reflexes [condicionamiento clásico de los reflejos posturales]. *Pflugers Archives* [archivos Pflugers], 445, 224-237.

Koltzenburg, M., Wall, P. D. y McMahon, S. B. (1999). Does the right side know what the left is doing? [¿sabe el lado derecho lo que está haciendo el lado izquierdo?]. *Trends in Neuroscience* [tendencias en neurociencia], 22, 122-127.

Landis, C. y Hunt, W. A. (1939). *The Startle Pattern* [el patrón del sobresalto]. Nueva York: Farrar & Rinehart.

Li, S., Danion, F., Latash, M. L., Li, Z-M. y Zatsiorsky, V. M. (2001). Bilateral deficit and symmetry in finger force production during two-hand multifinger tasks [déficit bilateral y simetría en la producción de la fuerza de los dedos durante las acciones con varios dedos de ambas manos]. *Experimental Brain Research* [investigación experimental del cerebro], 141, 530-540.

Li, Z-M., Latash, M. L., Newell, K. M. y Zatsiorsky, V. M. (1998). Motor redundancy during maximal voluntary contraction in four-finger tasks [redundancia motriz durante la contracción voluntaria máxima en acciones con cuatro dedos]. *Experimental Brain Research* [investigación experimental del cerebro], 121, 71-78.

Liepert, J., Dettmers, C., Terborg, C. y Weiller, C. (2001). Inhibition of ipsilateral motor cortex during phasic generation of low force [inhibición de la corteza motora ipsilateral durante la generación fásica de poca fuerza]. *Clinical Neurophysiology* [neurofisiología clínica], 112, 114-121.

Marsden, C. D., Merton, P. A. y Morton, H. B. (1983). Rapid postural reactions to mechanical displacement of the hand in man [reacciones posturales rápidas ante el desplazamiento mecánico de la mano en el hombre]. En J. E. Desmedt (Ed.), *Motor Control Mechanisms in Health and Disease* [mecanismos de control motriz en la salud y la enfermedad] (pp. 645-659). Nueva York: Raven, 1983.

Mayston, M. J., Harrison, L. M. y Stephens, J. A. (1999). A neurophysiological study of mirror movements in adults and children [un estudio neurofisiológico de los movimientos reflejos en adultos y niños]. *Annals of Neurology* [anales de neurología], 45, 583-594.

McIlroy, W. E. y Maki, B. E. (1995). Early activation of arm muscles follows external perturbation of upright stance [la activación temprana de los músculos del brazo sigue a la perturbación externa de la postura erguida]. *Neuroscience Letters* [cuadernos de neurociencia], 184, 177-180.

Nashner, L. M. (1976). Adapting reflexes controlling the human posture [adaptación de los reflejos que controlan la



Contracciones musculares involuntarias y la descarga involuntaria de un arma de fuego. Dr. Roger M. Enoka. FEB13.

- postura humana]. *Experimental Brain Research* [investigación experimental del cerebro], 26, 59-72.
- Nashner, L. M. y McCollum, G. (1985). The organization of human postural movements: a formal basis and experimental synthesis [la organización de los movimientos posturales: una base formal y síntesis experimental]. *Behavioral and Brain Sciences* [ciencias cerebrales y conductuales], 8, 135-167.
- Nielsen, J., Crone, C. y Hultborn, H. (1993). H-reflexes are smaller in dancers from The Royal Danish Ballet than in well-trained athletes [los reflejos H son más pequeños en bailarines de real ballet danés que en atletas bien entrenados]. *European Journal of Applied Physiology* [revista europea de fisiología aplicada], 66, 116-121.
- Nieuwenhijzen, P. H. J. A., Schillings, A. M., Van Galen, G. P. y Duysens, J. (2000). Modulation of the startle response during human gait [modulación de la respuesta de sobresalto durante la marcha humana]. *Journal of Neurophysiology* [revista de neurofisiología], 84, 65-74.
- Noteboom, J. T., Barnholt, K. R. y Enoka, R. M. (2001). Activation of the arousal response and impairment of performance increase with anxiety and stressor intensity [la activación de la respuesta de excitación y el deterioro del rendimiento aumentan con la ansiedad y la intensidad del estresor]. *Journal of Applied Physiology* [revista de fisiología aplicada], 91, 2093-2101.
- Pierrot-Deseilligny, E., Bussel, B., Sideri, G., Cathala, H. P. y Castaigne, P. (1973). Effect of voluntary contraction on H reflex changes induced by cutaneous stimulation in normal man [efecto de la contracción voluntaria en los cambios del reflejo H inducidos por la estimulación cutánea en un hombre normal]. *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology* [electroencefalografía y neurofisiología clínica], 34, 185-192.
- Prochazka, A., Clarac, F., Loeb, G. E., Rothwell, J. C. y Wolpaw, J. R. (2000). What do reflex and voluntary mean? [¿qué significa reflejo y voluntario?]. Modern views on an ancient debate [visiones modernas sobre un antiguo debate]. *Experimental Brain Research* [investigación experimental del cerebro], 130, 417-432.
- Radhakrishnan, S. y Nagaravindra, M. (1993). Analysis of hand forces in health and disease during maximum isometric grasping cylinders [análisis de la fuerza de la mano en la salud y en la enfermedad al agarrar cilindros con fuerza isométrica máxima]. *Medical & Biological Engineering & Computing* [ingeniería e informática biológica y médica], 31, 372-376.
- Rube, N. y Secher, N. H. (1990). Effect of training on central factors in fatigue following two- and one-leg static exercise in man [efecto del entrenamiento sobre los factores centrales de la fatiga después del ejercicio estático de una y dos en el hombre]. *Acta Physiologica Scandinavica*, 141, 87-95.
- Sainburg, R. L. y Kalakanis, D. (2000). Differences in control of limb dynamics during dominant and nondominant arm reaching [diferencias en el control de la dinámica de las extremidades durante la extensión del brazo dominante y no dominante]. *Journal of Neurophysiology* [revista de neurofisiología], 83, 2661-2675.
- Schieppati, M. y Nardone, A. (1995). Time course of 'set'-related changes in muscle responses to stance perturbations in humans [proceso de los cambios relacionados con el «ajuste» en las respuestas musculares a las perturbaciones de la postura en humanos]. *Journal of Physiology* [revista de fisiología], 487, 787-796.
- Scholz, J. P., Schöner, G. y Latash, M. L. (2000). Identifying the control structure of multijoint coordination during pistol shooting [identificar la estructura de control de la coordinación multiarticulación al disparar con pistola]. *Experimental Brain Research* [investigación experimental del cerebro], 135, 382-404.
- Semmler, J. G. y Enoka, R. M. (2000). Neural contributions to changes in muscle strength [influencia neural sobre los cambios en la fuerza muscular]. En V. M. Zatsiorsky (Ed.), *Encyclopedia of Sports Medicine: Biomechanics in Sport* [enciclopedia de medicina del deporte: la biomecánica en el deporte] (pp. 3-20) Oxford, Reino Unido: Blackwell Science.
- Serrien, D. J. y Wiesendanger, M. (2001). Dissociation of grip/load-force coupling during a bimanual manipulative assignment [disociación de la relación agarre/fuerza-carga durante una acción manipulativa con las dos manos]. *Experimental Brain Research* [investigación experimental del cerebro], 136, 417-420.



Contracciones musculares involuntarias y la descarga involuntaria de un arma de fuego. Dr. Roger M. Enoka. FEB13.

- Sherrington, C. S. (1910). Flexion-reflex of the limb, crossed-extension reflex and reflex stepping and standing [flexión refleja de la extremidad, reflejo de extensión cruzada y reflejo al pisar y al estar de pie]. *Journal of Physiology* [revista de fisiología], 40, 28-121.
- Shima, N., Ishida, K., Katayama, K., Morotome, Y., Sato, Y. y Miyamura, M. (2002). Cross education of muscular strength during unilateral resistance training and detraining [educación transversal de la fuerza muscular durante el entrenamiento y desentrenamiento unilateral de la resistencia]. *European Journal of Applied Physiology* [revista europea de fisiología aplicada], 86, 287-294.
- Shinohara, M., Keenan, K. G. y Enoka, R. M. (2003). Contralateral activity in a homologous hand muscle during voluntary contractions is greater in old adults [la actividad contralateral en un músculo de la mano homóloga durante contracciones voluntarias es mayor en adultos mayores]. *Journal of Applied Physiology* [revista de fisiología aplicada], 94, 966-974.
- Siegmund, G. P., Inglis, T. J. y Sanderson, D. J. (2001). Startle response of human neck muscles sculpted by readiness to perform ballistic head movements [la respuesta de sobresalto de los músculos del cuello de los humanos desarrollada en preparación para realizar movimientos de rebote de la cabeza]. *Journal of Physiology* [revista de fisiología], 535, 289-300.
- Sonnenborg, F. A., Andersen, O. K., Arendt-Nielsen, L. y Treede, R-D. (2001). Withdrawal reflex organization to electrical stimulation of the dorsal foot in humans [desencadenamiento del reflejo de retirada ante la estimulación eléctrica de la planta del pie en los humanos]. *Experimental Brain Research* [investigación experimental del cerebro], 136, 303-312.
- Sveistrup, H. y Woollacott, M. H. (1997). Practice modifies the developing automatic postural response [la práctica modifica el desarrollo de la respuesta postural automática]. *Experimental Brain Research* [investigación experimental del cerebro], 114, 33-43.
- Talsania, J. S. y Kozin, S. H. (1998). Normal digital contribution to grip strength assessed by a computerized digital dynamometer [aportación normal de los dedos a la fuerza de agarre evaluada con un dinamómetro digital electrónico]. *Journal of Hand Surgery* [revista de cirugía de la mano], 23B, 162-166.
- Valls-Solé, J., Rothwell, J. C., Goulart, F., Cossu, G. y Muñoz, E. (1999). Patterned ballistic movements triggered by a startle in healthy humans [movimientos balísticos preestablecidos provocados por un sobresalto en humanos sanos]. *Journal of Physiology* [revista de fisiología], 516, 931-938.
- Weinburg, R. S. y Hunt, V. V. (1976). The interrelationships between anxiety, motor performance, and electromyography [las interrelaciones entre ansiedad, rendimiento motriz y electromiografía]. *Journal of Motor Behavior* [revista de comportamiento motriz], 8, 219-224.
- Williams, J. H. y Barnes, W. S. (1989). The positive inotropic effect of epinephrine on skeletal muscle: a brief review [el efecto inotrópico positivo de la epinefrina sobre la musculatura esquelética: una breve reseña]. *Muscle & Nerve* [músculo y nervio], 12, 968-975.
- Wolf, S. L. y Segal, R. L. (1996). Reducing human biceps brachii spinal stretch reflex magnitude [reducción de la magnitud del reflejo de estiramiento espinal del bíceps braquial humano]. *Journal of Neurophysiology* [revista de neurofisiología], 75, 1637-1646.
- Wolf, S. L., Segal, R. L., Heter, N. D. y Catlin, P. A. (1995). Contralateral and long latency effects of human biceps brachii stretch reflex conditioning [efectos contralaterales y de latencia larga del condicionamiento del reflejo de estiramiento del bíceps braquial humano]. *Experimental Brain Research* [investigación experimental del cerebro], 107, 96-102.
- Yue, G. y Cole, K. J. (1992). Strength increases from the motor program: a comparison of training with maximal voluntary and imagined muscle contractions [la fuerza aumenta a partir del programa motor: una comparativa del entrenamiento con contracciones musculares máximas voluntarias e imaginarias]. *Journal of Neurophysiology* [revista



Contracciones musculares involuntarias y la descarga involuntaria de un arma de fuego. Dr. Roger M. Enoka. FEB13.

de neurofisiología], 67, 1114-1123.

Zedka, M. y Prochazka, A. (1997). Phasic activity in the human erector spinae during repetitive hand movements [actividad fásica en los erectores espinales humanos durante movimientos repetitivos de las manos]. *Journal of Physiology* [revista de fisiología], 504, 727-734.

Zehr, E.P., Collins, D. F. y Chua, R. (2001). Human interlimb reflexes evoked by electrical stimulation of cutaneous nerves innervating the hand and foot [reflejos humanos entre extremidades producidos por la estimulación eléctrica de los nervios cutáneos que inervan la mano y el pie]. *Experimental Brain Research* [investigación experimental del cerebro], 140, 495-504.

¡Compártelo!

- [Tweet](#)
- [Correo electrónico](#)
- [Telegram](#)
- [WhatsApp](#)
- [Imprimir](#)