

# Armas eléctricas: ¿qué sabemos? ¿qué ignoramos?

Electronic control devices: what is known? what is unknown?

## Resumen

Las armas eléctricas se introdujeron como una alternativa a las armas de fuego en la policía, aunque también están siendo utilizadas fuera del marco de la ley. Mediante las descargas eléctricas que producen, se inmoviliza a la víctima como consecuencia de una contracción muscular tetánica dolorosa. La utilización de estas armas es controvertida, ya que se les han atribuido algunas muertes en custodia en Estados Unidos. Revisamos la literatura médica sobre este tema y concluimos que algunas veces pueden ser letales, y que es necesario analizar factores de riesgo potencial asociados para confirmar o descartar una verdadera relación causa-efecto en estos casos.

**Palabras clave:** Patología forense. TASER®. Muertes en custodia.

## Abstract

Conducted energy devices are used as a non-lethal weapons by law enforcement personal internationally to subdue potentially violent or combative subjects. The victim is immobilized as a result of painful tetanic contraction of the muscles. However, controversy exists about these weapons, because they have been implicated in some deaths in custody in the United States. We review medical literature related on this topic and conclude that they are not always non lethal and that all potential associated factors must be analyzed to be able to confirm or disprove a true causal relationship.

**Key words:** Forensic pathology. TASER®. Deaths in custody.

## Introducción

Las armas eléctricas se han introducido en nuestra sociedad de forma progresiva, pero existe cierta confusión y desconocimiento sobre ellas. Hay dos tipos:

- Dispositivo de descarga por contacto, o DDC, que para producir la descarga eléctrica sobre la persona necesitan entrar en contacto directo con ella.
- Dispositivo conductor de energía, o CED, que producen la descarga eléctrica a distancia.

En el mercado pueden encontrarse DDC de diferentes marcas y modelos. El precursor de los dispositivos de descarga por contacto es la picana eléctrica inventada

por John Burton a principios de los años 1930 para controlar a su ganado. Actualmente han derivado hacia otros tipos de armas disponibles como pistolas aturdidoras (*stun guns*), bastones aturdidores (*stun batons*) o cinturones (*stun belts*) para controlar a los presos en Estados Unidos.

El CED más conocido es el TASER® y sus diferentes modelos, C2, X26, M26, X2 y el fusil X12. El dispositivo TASER® (*Thomas A. Swift's Electric Rifle*) es un arma electrónica de inmovilización disponible comercialmente desde 1974. Fue desarrollada como una alternativa al revólver .38 *Special* por John H. Cover, fan de Tom Swift, protagonista de una serie de obras infantiles escritas por Victor Appleton entre 1910 y 1941<sup>1</sup>.

A. Aguilar Pallarès<sup>1</sup>  
JF. Morante Barragán<sup>1</sup>  
M. Novelle Rodríguez<sup>1</sup>  
M. Subirana Domènech<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Unitat Central d'Informàtica i Electrònica Forense dels Mossos d'Esquadra. Policia de Catalunya. Sabadell (Barcelona).

<sup>2</sup>Servei de Patologia Forense. Institut de Medicina Legal de Catalunya. Barcelona.

Correspondencia:  
Antoni Aguilar Pallarès  
Unitat Central d'Informàtica i  
Electrònica Forense dels Mossos  
d'Esquadra  
Avinguda de la Pau 120.  
Sabadell 08206  
E-mail: itpg7539@gencat.cat

Fecha de recepción:  
22. MAR. 2013

Fecha de aceptación:  
23. OCT. 2013

## Conceptos básicos

Los efectos que este tipo de armas producen sobre el cuerpo humano dependerán de las características del aparato que genera la electricidad, de la manipulación de la persona que usa el aparato y de factores internos del cuerpo al cual se aplica la electricidad. Concretamente:

- En relación a las características del aparato que genera la electricidad, los principales factores que influyen en el efecto eléctrico son la intensidad, la tensión y la frecuencia de la electricidad aplicada, y la superficie de contacto.
- La persona que manipula el arma eléctrica influye en los efectos producidos, ya que controla la duración del paso de la corriente eléctrica (tiempo de aplicación del aparato sobre el cuerpo), el recorrido de la corriente por el cuerpo (lugar de aplicación) y la superficie y presión de contacto.
- Hay otras variables importantes que influyen en el resultado y que son factores internos del cuerpo humano al cual se aplica la corriente, como la impedancia del cuerpo, su temperatura, el grado de humedad de la piel, el grosor de la epidermis, etc.

Cuando se trabaja con electricidad hay que tener presentes algunos aspectos físicos de ésta, como:

- Tensión y diferencia de potencial: trabajo que ha de realizar un campo eléctrico para mover una carga desde un punto (con un potencial determinado) hasta otro punto (con otro potencial determinado), dividido por la unidad de carga. En dos puntos, cada uno está a una determinada tensión (absoluta), y la diferencia entre la tensión de cada punto es la diferencia de potencial. Se mide en voltios (V).
- Corriente e intensidad de corriente: la corriente es la circulación de cargas eléctricas entre dos puntos con una diferencia de potencial entre ellos. La intensidad de corriente es la medida de esa corriente. Se puede asimilar al flujo de electrones por segundo. Se mide en amperios (A). La aplicación de una diferencia de potencial suficiente entre dos puntos es lo que puede provocar el paso de una corriente entre ellos.
- Impedancia: oposición al paso de corriente. Se compone de una parte resistiva (resistencia al paso de electrones), una capacitiva y una inductiva (efectos de acumulación y eliminación de electrones). Se mide en ohmios ( $\Omega$ ).
- Potencia eléctrica: se calcula como el producto de la diferencia de potencial entre dos puntos por la intensidad de corriente que circula entre ambos. Se mide en vatios (W).

- Frecuencia: es el número de ciclos por segundo. Se mide en hercios (Hz).

El fenómeno que produce efectos perjudiciales en el cuerpo es el paso de corriente por él. Si todo el cuerpo está a un mismo potencial, no hay paso de corriente ni efectos perjudiciales (p. ej., en los pájaros posados sobre cables de alta tensión todo el cuerpo está al mismo potencial, sin diferencias, y no se produce circulación de corriente). Cuando entre dos puntos del cuerpo se provoca una diferencia de potencial suficiente, sí aparece la corriente entre ellos, y puede ser perjudicial.

La naturaleza de la electricidad también es un aspecto importante. Hay que diferenciar entre electricidad alterna y electricidad continua. La alterna se produce por aplicación de ciclos de una determinada tensión, que alterna entre valores positivos y valores negativos, produciendo una onda a una determinada frecuencia, que provoca igualmente un paso de corriente alterna. La electricidad continua se produce por la aplicación de una tensión determinada entre dos puntos, sin modificarla en el tiempo, e igualmente provoca una corriente siempre en el mismo sentido, continua.

En el caso de las armas eléctricas, las descargas que producen son de tensión alterna (aunque la fuente es una batería de tensión continua, el equipo la modifica para crear una fuente alterna). La tensión alterna se caracteriza por tener valores variables de amplitud y generalmente es periódica, es decir, se repite en el tiempo. La diferencia entre su valor mínimo y su valor máximo de tensión aplicada se denomina tensión de pico a pico ( $V_{pp}$ ). Convencionalmente, la tensión se clasifica en baja o alta, siendo esta última para valores superiores a 1000 V en alterna y 1500 V en continua.

En la Figura 1 se muestra una descarga realizada en el laboratorio de la Unitat Central d'Informàtica i Electrònica Forense de los Mossos d'Esquadra, donde se observa que la señal obtenida, procedente de un DDC, es alterna, periódica y con una frecuencia de 12 kHz.

Para poder medir o calcular la tensión y la corriente que un arma eléctrica puede proporcionar a un cuerpo humano es necesario conocer la impedancia de éste:

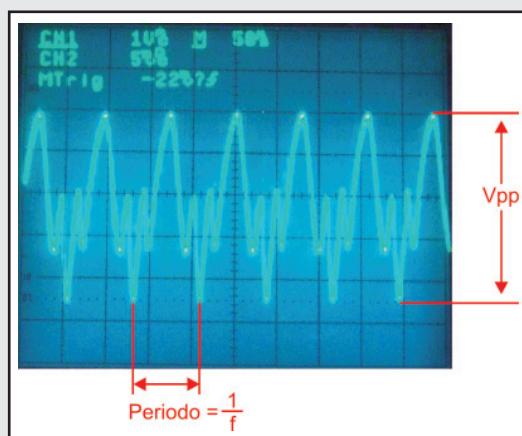
- Impedancia total: impedancia de la piel (punto de entrada) + impedancia interna del cuerpo + impedancia de la piel (punto de salida).
- Impedancias de los puntos de entrada y salida del cuerpo humano (piel): tiene una parte resistiva y una parte capacitiva. El carácter resistivo de la piel viene dado por su porosidad y el capacitivo por la membrana semiconductora.
- Impedancia interior del cuerpo: es prácticamente resistiva (valor aproximado de 500  $\Omega$ ).

Al aumentar la frecuencia, la impedancia de la piel disminuye, de manera que para altas frecuencias sólo queda la impedancia interna del cuerpo, de alrededor de  $500 \Omega^2$ .

Si se dispone del valor de impedancia, o resistencia, y puede medirse la tensión de la descarga, es posible calcular el valor de la corriente que circula aplicando la ley de Ohm:

$$V = I \times R$$

En la Figura 1 se mide una VPP = 46 V utilizando una  $R = 4650 \Omega$ . Para obtener el valor de corriente (I) que nos interesa conocer se aplica la ley de Ohm y se obtiene  $I = 9,89 \text{ mA}$ .



**Figura 1.** Descarga producida por un arma eléctrica tipo DDC sobre una resistencia de  $4650 \Omega$ .

## Legislación sobre armas eléctricas

La legislación relacionada con el uso y tenencia de este tipo de armas se recoge en el Real Decreto 137/1993 de 29 de enero. Su artículo 5 establece quién puede tener y utilizar estas armas, explicitando al respecto: “Queda prohibida la publicidad, compra-venta, tenencia y uso, excepto por funcionarios especialmente habilitados...”<sup>3</sup>. Las armas de fuego requieren un permiso diferente, el cual no habilita para poder utilizar las eléctricas.

La Comisión Electrotécnica Internacional emitió la norma CEI 479<sup>4,5</sup>, en la que se habla de los efectos de la electricidad sobre el cuerpo humano. Dicha norma se trasladó a la norma española UNE 20572 y se contempla en las Notas Técnicas de Prevención NTP-400 y NTP-437 del Ministerio de Trabajo. La citada norma define diversos parámetros, tales como la impedancia total del cuerpo en función de la tensión y la frecuencia aplicadas, o los efectos fisiopatológicos que puede producir una corriente alterna a su paso por un cuerpo humano con un recorrido de la mano izquierda a los dos pies (Figura 2)<sup>4</sup>:

- Zona 1: umbral de percepción. Es el valor mínimo de la corriente que provoca una sensación en la persona a quien le pasa esta corriente. Habitualmente no hay ninguna reacción.
- Zona 2: umbral de reacción. Es el valor mínimo de la corriente que provoca una contracción muscular. A partir de 10 mA se desencadenan contracciones de la musculatura esquelética. Habitualmente no hay ningún efecto fisiológico peligroso.
- Zona 3: umbral de no soltar. Cuando una persona tiene cogidos unos electrodos, es el valor máxi-

mo de la corriente que permite a esta persona soltarlos. Con una duración superior a 2 segundos se producen contracciones musculares que dificultan la respiración o paradas temporales cardíacas sin llegar a la fibrilación ventricular.

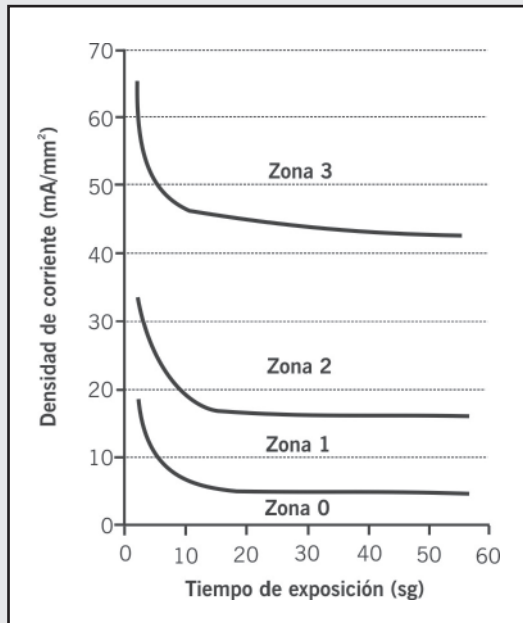
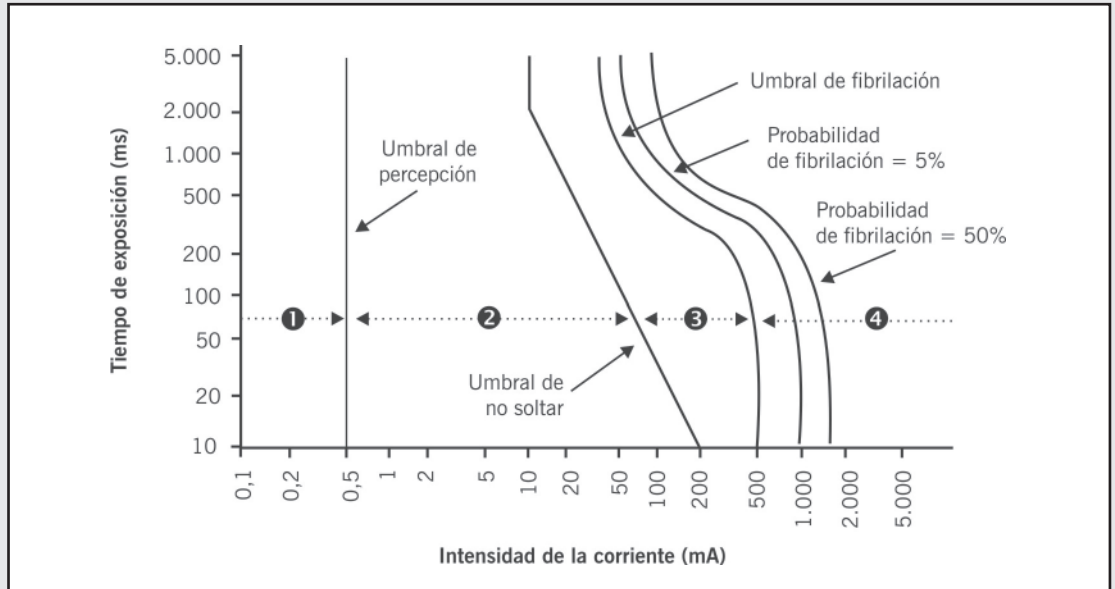
- Zona 4: umbral de fibrilación ventricular. Es el valor mínimo de la corriente que puede provocar una fibrilación ventricular. Existe riesgo de parada cardíaca por fibrilación ventricular, parada respiratoria, quemaduras graves, etc.

Los valores que aparecen en la Figura 2 aumentan con la frecuencia, de manera que a una frecuencia superior a 100 Hz los umbrales “de percepción”, “de no soltar” y “de fibrilación” se ven multiplicados por un factor siempre mayor que la unidad, y se desplazan hacia la derecha. Por ejemplo, para una frecuencia de 7 kHz hay que multiplicar los valores de la Figura 2 por un factor igual a 4. Es decir, si a 50 Hz y 10 ms el umbral de no soltar se sitúa en 200 mA, a 7 kHz e igual tiempo de exposición se sitúa en 800 mA<sup>5</sup>.

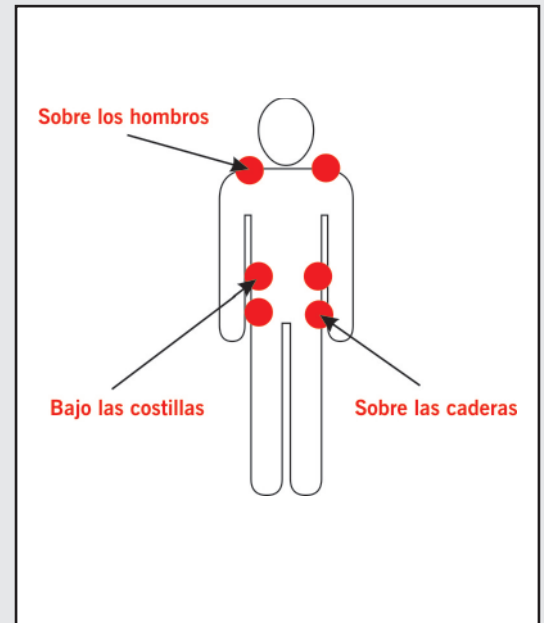
Para los efectos sobre la piel, la norma CEI 479 establece unas curvas que indican las alteraciones de la piel humana en función de la densidad de la corriente que circula por un área determinada y el tiempo de exposición a la corriente (Figura 3)<sup>4</sup>:

- Zona 0: habitualmente no hay ninguna alteración de la piel, excepto si el tiempo de exposición es de varios segundos, en cuyo caso la piel en contacto con el electrodo puede tomar un color grisáceo con superficie rugosa.
- Zona 1: se produce un enrojecimiento de la piel, con un hematoma en la superficie de contacto del electrodo.

**Figura 2.**  
Corriente alterna (15-100 Hz). Efecto sobre el organismo en función del tiempo de exposición y la corriente.



**Figura 3.**  
Efecto de la corriente sobre la piel en función de la densidad y el tiempo de exposición.



**Figura 4.**  
Zonas del cuerpo humano más seguras para aplicar las descargas.

– Zona 2: se produce una coloración oscura de la piel situada debajo del electrodo. Si la duración es de varias decenas de segundos se produce un hematoma alrededor del electrodo.

– Zona 3: puede producir carbonización de la piel. Según Palomo Rando *et al.*<sup>7</sup>, las zonas menos perjudiciales para aplicar los electrodos en un cuerpo humano son las que se muestran en la Figura 4.

## Funcionamiento de las armas eléctricas

El funcionamiento de las armas eléctricas, ya sean CED o DDC, se basa en el transformador eléctrico. Éste es un dispositivo formado por dos bobinados de cobre, uno primario y otro secundario, que están enrollados alrededor de un núcleo de hierro o de otro material de manera que se cumpla la siguiente igualdad:

$$V_s = V_p \frac{N_s}{N_p}$$

$V_s$  = Tensión en el secundario

$V_p$  = Tensión en el primario

$N_s$  = Número de vueltas en el bobinado secundario

$N_p$  = Número de vueltas en el bobinado primario

De la igualdad anterior se deduce que haciendo  $N_s > N_p$  se obtiene una tensión a la salida mayor que la tensión de alimentación original. Por ejemplo, con una alimentación de 9 V y una relación de vueltas de 100.000, se obtienen 900.000 V a la salida del transformador.

Las armas tipo DDC tienen en general cuatro electrodos, dos de contacto y dos de descarga. Los dos electrodos de descarga están más cerca entre ellos que los de contacto, por lo que cuando se realiza una descarga sin hallarse el arma en contacto con una persona se produce entre los electrodos de descarga un arco voltaico visible al ojo humano y un sonido desagradable que puede tener por sí mismo un efecto disuasorio.

En la Figura 5 puede verse el arco voltaico que se produce entre los electrodos de descarga, totalmente visible y con una finalidad intimidatoria.

Para producir un arco entre los electrodos de descarga hace falta una tensión mínima de 30.000 V por cada pulgada (2,54 cm) de separación entre ellos. Los fabricantes de DDC anuncian centenares de miles, incluso millones, de voltios en los electrodos. Por la experiencia de los autores en el análisis de este tipo de armas, los electrodos están separados mucho menos de una pulgada (2,54 cm), por lo que realmente con unas pocas decenas de miles de voltios es suficiente para que se produzca el arco. En el caso de la pistola TASER®, el fabricante anuncia 50.000 V nominales, y sus electrodos, en este caso de descarga y contacto, están separados 35 mm, con lo cual hacen falta unos 41.000 V para ionizar el aire y permitir el arco.

Para comprobar realmente la tensión máxima que puede dar un arma eléctrica en sus electrodos al aire

habría que separarlos hasta que ya no se produjera la chispa entre ambos. Entonces, con la regla de 30.000 V por pulgada podría calcularse realmente la tensión máxima que puede dar el dispositivo.

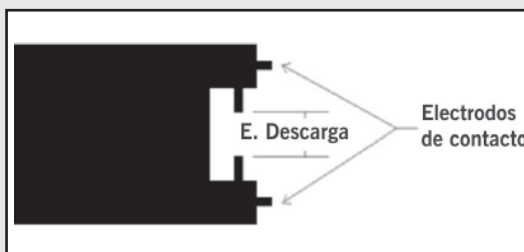
Como ya se ha mencionado, la pistola TASER® tiene dos modos de funcionamiento, por contacto directo o a distancia disparando los electrodos, lo que permite la separación entre el policía y el objetivo. A distancia es cuando la TASER® es más efectiva. Usa impulsos eléctricos emulando a los humanos para estimular los nervios que controlan el movimiento, y así anular su control (*neuromuscular incapacitation* [NMI]).

Los electrodos de la pistola TASER® se propulsan mediante un cartucho de nitrógeno. La cápsula, donde se aloja este cartucho, incluye los dos electrodos y el cable conductor mediante el cual se produce la descarga. Al disparar, los dos electrodos, que tienen forma de arpón (Figura 7), se clavan en el objetivo mientras el cable conductor los mantiene conectados a la pistola. Mientras el agente mantiene apretado el gatillo se produce la descarga eléctrica, normalmente entre 1 y 5 segundos. Quitando esta cápsula quedan dos electrodos que permiten a la TASER® trabajar en modo de contacto directo como un DDC (Figura 8).

El electrodo superior sale disparado en línea recta, mientras que el inferior sale con una cierta inclinación para facilitar que ambos se claven en el objetivo. Por lo tanto, son más efectivos cuanto más separados se encuentren, ya que así interferirán en una mayor superficie muscular. Cuanto más lejos esté el objetivo, más se separarán los electrodos, unos 30 cm por cada 2,1 m de distancia, de manera que es posible



**Figura 5.**  
Descarga de una arma DDC con los electrodos al aire.

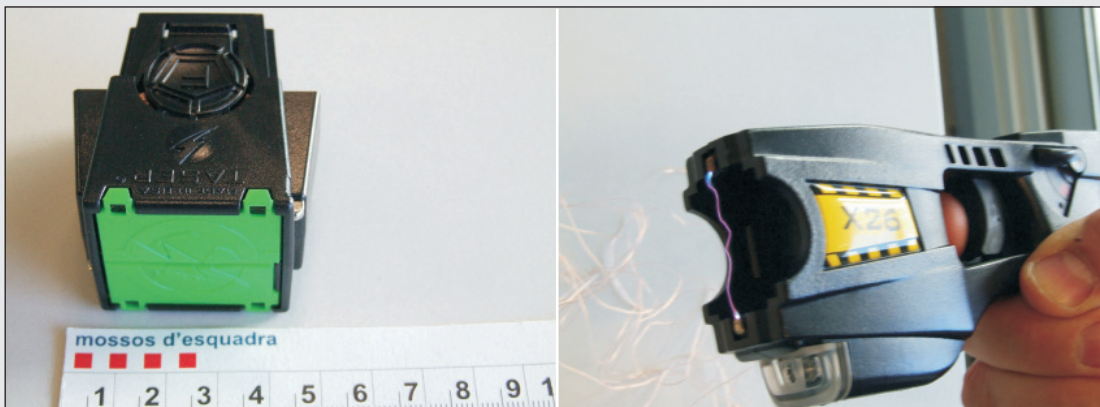


**Figura 6.**  
Electrodos de descarga y electrodos de contacto. En algunas armas estos electrodos se hallan unidos entre sí.

**Figura 7.**  
Pistola TASER® X26  
(izquierda) y electrodos con  
forma de arpón (derecha).



**Figura 8.**  
Cápsula de la pistola  
TASER® X26 (izquierda)  
y pistola sin la cápsula,  
donde pueden apreciarse  
los dos electrodos que le  
permiten trabajar como  
un DDC (derecha).



que a una cierta distancia sólo se clave un electrodo, con lo cual no se cerrará el circuito y no se producirá la descarga. La distancia óptima para este tipo de armas es entre 2 y 3 metros.

Un caso especial de TASER® es el fusil X12, que dispara el cartucho entero, propulsado por pólvora, y dispone de cuatro electrodos frontales que se clavan en el objetivo sin quedar conectados al arma. El cartucho contiene la electrónica suficiente para producir una descarga de aproximadamente unos 20 segundos. Asimismo, tiene seis electrodos laterales que se despliegan cuando el cartucho impacta en un objeto, para dificultar su extracción.

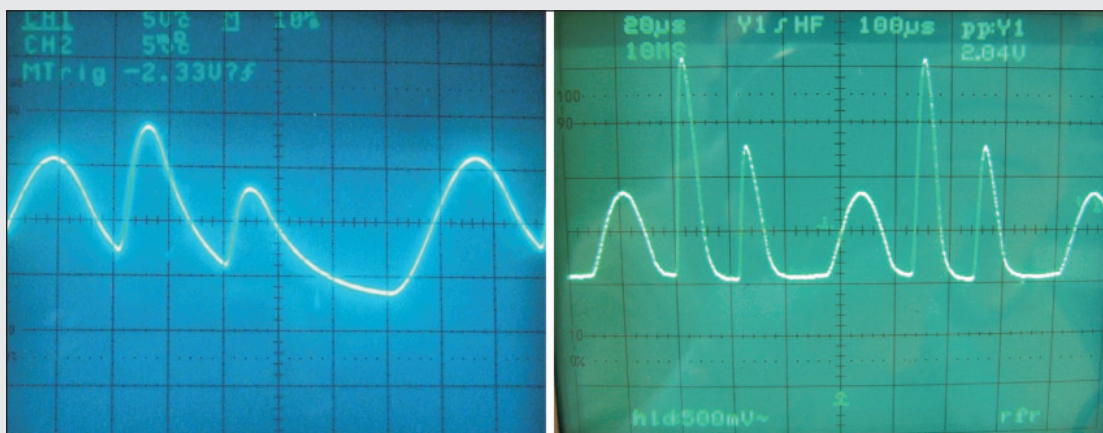
### Periciales policiales relativas a armas eléctricas

La Unitat Central d'Informàtica i Electrònica Forense de los Mossos d'Esquadra realiza informes periciales

de armas eléctricas a petición judicial. Entre éstas se han analizado *Stun Guns* y un *Stun Baton*, correspondientes al tipo DDC.

Lo que se pretende hallar es la tensión y la corriente que pueden suministrar los electrodos cuando entran en contacto con un ser humano. El procedimiento que se sigue consiste en colocar una resistencia entre los electrodos y realizar una descarga con el arma. Durante la descarga se mide la tensión en la resistencia, y a continuación, aplicando la ley de Ohm, se calcula la corriente que circula por ella. Esto se repite para diferentes valores de resistencia con el fin de simular la variación de resistencia del cuerpo humano.

En la Figura 9 se ven dos formas de onda obtenidas con diferentes pistolas DDC. De los resultados obtenidos, puede concluirse que la tensión de los electrodos cuando se hallan en contacto con una persona es de unas decenas de voltios, y que la corriente obtenida es, como máximo, de unas decenas de miliamperios. También se observa que esta corriente no se mantiene en el tiempo, sino que decrece rápidamente.



**Figura 9.** Descargas realizadas con dos DDC diferentes en el laboratorio de la Unitat Central d'Informàtica i Electrònica Forense. A la izquierda, descarga de un DDC de 1500 kV nominales sobre una carga de 978  $\Omega$ ; se obtienen 17,5 V y 17,89 mA. A la derecha, descarga de un DDC de 2.500 kV nominales; se obtienen 20,4 V y 39,61 mA.

La pistola TASER® proporciona una corriente, según el fabricante, de entre 2,1 mA (X26) y 3,6 mA (M26). La energía que libera por pulso es de 0,07 a 0,5 julios, mientras que la energía liberada por pulso por un desfibrilador cardíaco externo es de 150 a 400 julios<sup>6</sup>.

La diferencia principal entre la pistola TASER® y un DDC es que la TASER® interfiere el sistema nervioso muscular e inmoviliza al sujeto, mientras que el DDC produce un dolor muy intenso en la zona de contacto.

Cabe señalar que la alta tensión no es peligrosa si la corriente es baja, mientras que la baja tensión puede ser mortal si la corriente es suficientemente alta.

La electricidad sigue el camino de menos resistencia entre los electrodos y puede hacer un arco a través de la ropa, incluso a través de materiales a prueba de bala.

## Lesiones y muertes como consecuencia de las armas eléctricas

La utilización de armas eléctricas como mecanismo policial de inmovilización temporal es muy controvertida, ya que se han atribuido muertes en custodia o también denominadas “muertes en privación de libertad”<sup>7</sup> como consecuencia de su uso. En este sentido, los datos publicados por Amnesty International les atribuyen 500 muertes en Estados Unidos, alertando con estos datos sobre su letalidad<sup>8</sup>. En contraposición, en algunas publicaciones se argumenta que en muy pocas ocasiones la muerte fue consecuencia de ellas<sup>9</sup>, mientras que en otras no se

pone en duda su potencial lesivo cardíaco<sup>10</sup>. Al ser un arma introducida como alternativa al .38 *Special*, Ordog comparó la letalidad de ambas y atribuye a las TASER® una mortalidad del 1,4%, en comparación con un 50% en los casos de individuos a quienes se disparó con un .38 *Special*<sup>11</sup>. Sin embargo, hay un importante sesgo en las valoraciones de la seguridad recogidas en las referencias bibliográficas, ya que son los estudios realizados por autores relacionados con la firma comercial TASER® los que concluyen que éstas son seguras<sup>12</sup>.

La atribución de este tipo de muertes suele centrarse en la utilización del arma mediante múltiples descargas o como consecuencia de descargas de larga duración<sup>13</sup>. Como factores secundarios o indirectos recogidos en la bibliografía se encuentran factores de riesgo individual basados en el estado de salud previo, el hecho de que la víctima se encontrara sumergida en el agua o cerca de sustancias inflamables, la susceptibilidad de que la descarga provoque la caída de la víctima, o el factor estrés durante el forcejeo o la reducción<sup>14</sup>. Deberíamos añadir que no hay estudios que correlacionen estas muertes con la edad, el sexo, el peso, el índice de masa corporal ni la utilización de fármacos<sup>15</sup>. El consumo de alcohol ha sido estudiado por Moscati *et al.*, sin apreciar efectos significativos<sup>16</sup>, y el consumo de drogas se argumenta como factor desencadenante en algunos casos<sup>17</sup>.

Desde el punto de vista de la investigación policial también se ha intentado desarrollar técnicas de laboratorio que permitan determinar si se ha utilizado o no un arma de estas características, mediante la detección de elementos metálicos procedentes de los electrodos<sup>18</sup>.

Además de los casos de muerte en el contexto de utilización policial o muertes en custodia, también se ha descrito la utilización en un caso de homicidio por estrangulación manual concomitante con múltiples lesiones por este tipo de arma, que a su vez planteó el diagnóstico diferencial en relación a su vitalidad o posmortalidad<sup>19</sup>.

Los efectos de estas armas en la víctima dependen de la resistencia cutánea, de la presión ejercida, de si en la piel existían soluciones de continuidad o si estaba húmeda. Una vez efectuada la descarga, el impulso eléctrico no se localiza únicamente entre los electrodos, sino que pasa por las zonas de menor resistencia neurovasculares. Según la duración podemos encontrar distintos efectos: una descarga de 0,5 segundos repele a la víctima, entre 1 y 2 segundos produce una contracción muscular tetánica que provoca la caída, y entre 3 y 5 segundos dejará a la víctima inmovilizada. La rigidez y el dolor en la zona muscular en el lugar de aplicación se producen con posterioridad a la fase de parálisis.

La necesidad de llevar a cabo estudios experimentales se ha ido repitiendo en la literatura médica<sup>20</sup>. Factores de posible riesgo, como la acidosis, la depresión respiratoria y el aumento del hematócrito se han estudiado en experimentación en animales anestesiados<sup>21</sup>, que no se ha corroborado en estudios llevados a cabo en seres humanos<sup>22</sup>, siendo el principal problema de estos estudios la extrapolación de los resultados obtenidos en la experimentación animal a los casos en humanos.

### **Lesiones cutáneas por armas eléctricas**

Debemos tener en cuenta que no es necesario que el arma penetre en la piel para que sea efectiva. Sobre la piel se han descrito lesiones pares (cuando son consecuencia de la acción de los electrodos), maculares eritematosas, redondeadas, de entre 2 y 5 mm, bien circunscritas, con puntura central, separadas unos 5 cm, que pueden persistir hasta 2 horas<sup>23</sup> y que deben valorarse con precaución en el contexto de niños maltratados, en quienes aparecen lesiones maculares circulares, hipopigmentadas, de unos 0,5 cm de diámetro, que pueden ser algo sobreelevadas y eritematosas cuando son recientes<sup>24</sup>. Se asocian a excoriaciones como consecuencia de los movimientos de la víctima<sup>25</sup>.

En caso de que no haya penetrado la punta, se encontrarán mínimas quemaduras en la zona de aplicación. Desde un punto de vista médico forense, la histología de las lesiones cutáneas también ha sido objeto de estudio, mencionando Anders *et al.* la presencia de

elongación nuclear de las células epidérmicas, homogeneización eosinófila del tejido subepidérmico e infiltración neutrófila precoz<sup>26</sup>.

### **Lesiones musculares**

La incapacidad por este tipo de armas se produce como consecuencia de una contracción tetánica, y no es necesaria la penetración cutánea para que sean efectivas. Por este motivo, se ha planteado si se produce una rhabdomiólisis tras su utilización. La afectación muscular con rhabdomiólisis puede ser consecuencia de la actividad muscular intensa, compresión sobre el músculo, fenómenos de hipertermia, tóxicos musculares directos o bien por la lesión eléctrica producida por este tipo de armas<sup>27</sup>.

Para evidenciar el daño muscular se ha utilizado la determinación analítica de la creatina cinasa liberada como consecuencia del daño mecánico o metabólico del músculo. Debemos señalar que los estudios en este sentido son escasos. En algunos casos se argumenta que los valores de la creatina cinasa fueron consecuencia del consumo de cocaína y alcohol (en ausencia de descarga por arma eléctrica)<sup>28</sup>, y en un estudio como resultado de una confrontación física con la policía<sup>29</sup>.

En una serie con 156 sujetos se halló un aumento significativo de la creatina cinasa, que se correlacionó con las descargas repetidas más que con la duración de éstas, pero sin repercusión clínica<sup>30</sup>.

### **Efectos cardiovasculares**

Una de las preocupaciones sobre la utilización de estas armas es la posibilidad de que induzcan fibrilación ventricular. El corazón puede fibrilar por el paso de 0,1 A aplicados durante 0,5 segundos<sup>31</sup>, pero la energía descargada por este tipo de armas se considera, por parte de Ideker *et al.*, poco probable que provoque una fibrilación ventricular minutos o horas después de una descarga<sup>32</sup>. En un caso de descarga mediante arma TASER<sup>®</sup> durante 5,36 segundos en una persona portadora de un desfibrilador interno, en el registro del dispositivo intracardiaco se recogió como un episodio de fibrilación ventricular durante la descarga, sin que por ese motivo se activara el desfibrilador, ya que no tuvo tiempo suficiente de reconfirmación. De todas formas, a partir de ese momento se produjo un descenso mantenido del umbral de activación del desfibrilador (de 2,4 V y 0,5 ms a 0,5 V y 0,5 ms) de causa desconocida<sup>33</sup>. En el mismo



sentido, Cao *et al.* y Paninski *et al.* recogen un caso en que el desfibrilador captó episodios de taquicardia ventricular coincidiendo con la descarga por el arma TASER<sup>®34</sup>, y un cambio en el umbral de activación en otro caso<sup>35</sup>. En contraposición, un adolescente sin marcapasos ni desfibrilador debió ser atendido por una fibrilación ventricular tras una descarga<sup>36</sup>, y en este sentido White *et al.* alertan sobre la necesidad de disponer de desfibriladores externos por parte de las dotaciones policiales que utilizan este tipo de armas<sup>37</sup>.

En sujetos monitorizados se encontró un aumento de 15 latidos después de la descarga y cambios en el trazado electrocardiográfico del segmento QT de significado desconocido, pero sin secuelas posteriores<sup>38</sup>, mientras que Vilke *et al.* no encontraron cambios, en sujetos monitorizados, al efectuar la descarga y durante el minuto posterior<sup>39</sup>, y Ho *et al.* tampoco observaron cambios significativos en 66 voluntarios sanos<sup>40</sup>.

El hecho de que exista un posible mecanismo de captura miocárdica en los dispositivos intracardíacos requiere una mayor investigación. Los estudios experimentales realizados en cerdos con descargas mediante TASER<sup>® X26</sup> con estimulación en la zona precordial provocaron un ritmo de captura ventricular que revirtió espontáneamente, pero en dos casos desembocó en fibrilación ventricular y se apreció que la captura cardíaca fue inferior cuando la estimulación no era transcárdica<sup>41</sup>. En el mismo sentido, otros autores encuentran un ritmo de captura con taquicardia o fibrilación ventricular<sup>42</sup>. También se ha mencionado que la descarga tiene menor riesgo de fibrilación ventricular cuando los electrodos se sitúan en la zona dorsal, y que la captura ventricular rápida es la causante de la fibrilación ventricular<sup>43</sup>; otros estudios atribuyen estas alteraciones a los trastornos provocados por la acidosis metabólica y respiratoria<sup>44</sup>. En cerdos bajo los efectos de la cocaína se evidenció que se reducía el umbral de fibrilación ventricular<sup>45</sup>.

En relación a los efectos que producen estas armas sobre los marcapasos se han realizado estudios experimentales en cerdos, sin que se produjeran alteraciones<sup>46</sup>.

Los efectos que pueden producirse mediante descargas continuadas siguen siendo una incógnita.

## Efectos sobre el sistema neuroendocrino

Las descargas con armas eléctricas pueden provocar una alteración del sistema neuroendocrino al producir

una descarga catecolaminérgica. En este sentido, se han comparado los efectos de la descarga de un arma TASER<sup>®</sup> con los que se producen tras un ejercicio físico extremo, llegando a la conclusión de que funciona como un factor estresante, pero sin efectos clínicos significativos<sup>47</sup>.

En relación a la descarga catecolaminérgica, cabe preguntarse si existe una relación entre el *excited delirium* (delirio agitado) y la utilización de armas eléctricas. La literatura recoge algunos casos de muerte en custodia asociados a comportamientos violentos, confrontación física, consumo de drogas o como consecuencia de la contención mecánica. Las autopsias, cuando no pueden explicar la causa de la muerte, en algunas ocasiones la atribuyen a una causa controvertida y de patogenia poco clara, como es el delirio agitado. Se caracteriza este síndrome por una alteración del nivel de consciencia, con estado confusional asociado con síntomas psicóticos. La persona que lo sufre aparenta estar en hiperalerta, agitado o estuporoso, con potencial autoagresivo o heteroagresivo, y en este contexto puede producirse la muerte. Los antecedentes y los hallazgos comunes en este tipo de muertes son: 1) antecedentes de confrontación física intensa contra la policía, algunos con contención en posición de decúbito prono (*hog-tied position*), y la mayoría de ellos sufren hipertermia; 2) algunos se encuentran bajo los efectos de la cocaína, el alcohol u otros estimulantes o psicofármacos; 3) la mayoría de las víctimas son personas relativamente jóvenes y sanas, sin factores de comorbilidad cardíaca; y 4) en la mayoría de las autopsias no se encuentra una causa clara de la muerte. En casi todos los casos se especula que la muerte es consecuencia de una miocardiopatía similar a la *tako-tsubo* secundaria a la afectación catecolaminérgica del miocardio o de la microvasculatura coronaria<sup>48</sup>. Debemos tener en cuenta que no todos los que sufren este síndrome llegan a morir, y que muchos se benefician de una atención médica inmediata. Considera Jauchem que no hay diferencias aparentes entre las muertes por *excited delirium* con las aplicaciones de este tipo de armas en lo que se refiere a los efectos cardiovasculares, respiratorios, musculares, hiperpotasemia, acidosis, hiperglucemia y elevación del hematocrito, pero que sí existe diferencia en la hipertermia que se aprecia en el *excited delirium* y que no se detecta en las descargas por armas eléctricas<sup>49</sup>.

## Otras lesiones

Otros efectos de los que se ha encontrado alguna referencia en la literatura son la provocación de una

catarata<sup>50</sup>, un aborto tras una descarga en el abdomen y en una pierna en una gestante de 12 semanas<sup>51</sup>, y daño cerebral en el lóbulo frontal por penetración de los arpones sin descarga<sup>52</sup>.

## Conclusiones

La bibliografía revisada por los autores pone en duda si la utilización de este tipo de armas es inocua. Existen factores de riesgo potencial (cardiopatía previa, estado de intoxicación, etc.) que pueden ser desconocidos por parte de la policía en el momento de su utilización, y que pueden poner en peligro la vida de la persona que recibe la descarga.

En este sentido, parecería adecuado que no se realizaran nunca descargas en la zona torácica, y que éstas no fueran repetitivas ni prolongadas. También sería conveniente que en las instalaciones policiales hubiera desfibriladores y personal entrenado para su utilización en caso de que se produjera una fibrilación ventricular.

De todas formas, siempre habrá factores incontrolables, como son las lesiones provocadas por la caída

al suelo de la persona que ha sufrido los efectos de esta arma o las heridas producidas por los electrodos al clavarse.

Desde el punto de vista médico forense, consideramos que la atribución de una muerte en estos casos es muy controvertida, y que es necesario analizar los posibles factores de riesgo asociados para confirmar o descartar una verdadera relación de causa-efecto.

A modo de conclusión, a pesar de la extensa bibliografía analizada, consideramos que nos queda mucho por saber sobre este tipo de armas.

## Agradecimientos

A Cèlia Rudilla, responsable de la biblioteca del IMLC Barcelona, por su inestimable ayuda en la búsqueda bibliográfica. Al Grup Especial d'Intervenció y a la Unitat Central de Fotografia i Audiusuals de los Mossos d'Esquadra por su ayuda técnica.

---

Los autores declaran no tener conflicto de intereses.

## Bibliografía

1. Appleton V. *Tom Swift and his Electric Rifle*. USA: Grosset & Dunlap; 1911.
2. Villarrubia M. Seguridad eléctrica: efectos de la corriente eléctrica sobre el cuerpo humano. Montajes e instalaciones. *Revista Técnica sobre la Construcción e Ingeniería de las Instalaciones*. 2000;341:51-61.
3. Real Decreto 137/1993, de 29 de enero, por el que se aprueba el Reglamento de Armas. Boletín Oficial del Estado. 5 de marzo de 1993;55:7016-51.
4. IEC/TS 60479-1. Edition 4.0. 2005. (Consultado el 7/12/2012) Disponible en: [http://webstore.iec.ch/preview/info\\_iec60479-1%7Bed4.0%7Db.pdf](http://webstore.iec.ch/preview/info_iec60479-1%7Bed4.0%7Db.pdf)
5. IEC/TS 60479-2. Edition 3. 2007. (Consultado el 7/12/2012.) Disponible en: [http://webstore.iec.ch/preview/info\\_iec60479-2%7Bed3.0%7Db.pdf](http://webstore.iec.ch/preview/info_iec60479-2%7Bed3.0%7Db.pdf)
6. Instructor Certification Course TASER® X26 and TASER® M26 Electronic Control Devices Version 13.0. May 1, 2006.
7. Palomo Rando JL, Ramos Medina V, Santos Amaya IM. Muerte en privación de libertad (MPL). *Cuad Med Forense*. 2004;35:37-50.
8. Amnesty International. 2012. (Consultado el 15/1/2013.) Disponible en: <http://www.amnesty.org/en/news/usa-stricter-limits-urged-deaths-following-police-TASER-use-reach-500-2012-02-15>
9. Reed LD. Deaths of people who received an electrical shock from conducted energy devices (CEDs) or "stun guns". *Public Health Rep*. 2009;124(2):187.
10. Zipes DP. Sudden cardiac arrest and death following application of shocks from a TASER® electronic control device. *Circulation*. 2012;125(20):2417-22.
11. Ordog GJ, Wasserberger J, Schlater T, Balasubramanium S. Electronic gun (TASER®) injuries. *Ann Emerg Med*. 1987;16(1):73-8.
12. Azadani PN, Tseng ZH, Ermakov S, Marcus GM, Lee BK. Funding source and author affiliation in TASER research are strongly associated with a conclusion of device safety. *Am Heart J*. 2011;162(3):533-7.
13. Williams HE. TASER® electronic control devices and sudden in custody death: separating evidence from conjecture. Springfield, IL: Charles C. Thomas; 2008.
14. Department of Justice (US), Office of Justice Programs, National Institute of Justice. Study of deaths following electromuscular disruption: interim report. Washington: NIJ; 2008. (Consultado el 31/12/2012.) Disponible en: <http://www.ncjrs.gov/pdffiles1/nij/222981.pdf>

15. Nanthakumar K, Massé S, Umapathy K, Dorian P, Sevaptsidis E, Waxman M. Cardiac stimulation with high voltage discharge from stun guns. *CMAJ*. 2008;178(11):1451-7.
16. Moscati R, Ho JD, Dawes DM, Miner JR. Physiologic effects of prolonged conducted electrical weapon discharge in ethanol-intoxicated adults. *Am J Emerg Med*. 2010;28(5):582-7.
17. Lakkireddy D, Wallick D, Ryschon K, Chung MK, Butany J, Martin D, et al. Effects of cocaine intoxication on the threshold for stun gun induction of ventricular fibrillation. *J Am Coll Cardiol*. 2006;48(4):805-11.
18. Schmiederer B, Du Chesne A, Schmidt PF, Brinkmann B. Specific traces in stun gun deployment. *Int J Legal Med*. 2005;119(4):207-12.
19. Ikeda N, Harada A, Suzuki T. Homicidal manual strangulation and multiple stun-gun injuries. *Am J Forensic Med Pathol*. 1992;13(4):320-3.
20. Nanthakumar K, Billingsley IM, Masse S, Dorian P, Cameron D, Chauhan VS, et al. Cardiac electrophysiological consequences of neuromuscular incapacitating device discharges. *J Am Coll Cardiol*. 2006;48(4):798-804.
21. Jauchem JR. An animal model to investigate effectiveness and safety of conducted energy weapons (including TASER devices). *J Forensic Sci*. 2010;55(2):521-6.
22. Dawes DM, Ho JD, Reardon RF, Strote SR, Nelson RS, Lundin EJ, et al. The respiratory, metabolic, and neuroendocrine effects of a new generation electronic control device. *Forensic Sci Int*. 2011;207(1-3):55-60.
23. Banaschak S, Milbradt H, Humpert M, Roll P, Madea B. Evidence for use of electroshock devices. *Arch Kriminol*. 2001;208(5-6):149-58.
24. Frechette A, Rimsza ME. Stun gun injury: a new presentation of the battered child syndrome. *Pediatrics*. 1992;89(5 Pt 1):898-901.
25. Kroll MW. Physiology and pathology of TASER® electronic control devices. *Journal of Forensic and Legal Medicine*. 2009;16:173-7.
26. Anders S, Junge M, Schulz F, Püschel K. Cutaneous current marks due to a stun gun injury. *J Forensic Sci*. 2003;48(3):640-2.
27. Sungur M, Güven M. Rhabdomyolysis caused by electric injury. *J Emerg Med*. 2001;20(2):195-6.
28. Alconcher L, Meneguzzi MB, Rudolf G, Criado F. Rhabdomyolysis associated with alcohol and cocaine intake. *Arch Argent Pediatr*. 2008;106(5):454-7.
29. Sanford JM, Jacobs GJ, Roe EJ, Terndrup TE. Two patients subdued with a TASER® device: cases and review of complications. *J Emerg Med*. 2011;40(1):28-32.
30. Dawes DM, Ho JD, Sweeney JD, Lundin EJ, Kunz SN, Miner JR. The effect of an electronic control device on muscle injury as determined by creatine kinase enzyme. *Forensic Sci Med Pathol*. 2011;7(1):3-8.
31. Simpson K, Knight B. *Forensic medicine*. London: Edward Arnold; 1985.
32. Ideker RE, Dosdall DJ. Can the direct cardiac effects of the electric pulses generated by the TASER® X26 cause immediate or delayed sudden cardiac arrest in normal adults? *Am J Forensic Med Pathol*. 2007;28(3):195-201.
33. Haegeli LM, Sterns LD, Adam DC, Leather RA. Effect of a TASER® shot to the chest of a patient with an implantable defibrillator. *Heart Rhythm*. 2006;3(3):339-41.
34. Cao M, Shinbane JS, Gillberg JM, Saxon LA, Swerdlow CD. TASER®-induced rapid ventricular myocardial capture demonstrated by pacemaker intracardiac electrograms. *J Cardiovasc Electrophysiol*. 2007;18(8):876-9.
35. Paninski RJ, Marshall ME, Link MS. ICD Oversensing Caused by TASER®. *J Cardiovasc Electrophysiol*. 2013; 24(1):101.
36. Kim PJ, Franklin WH. Ventricular fibrillation after stun-gun discharge. *N Engl J Med*. 2005;353:958-9.
37. White RD, Hankins DG, Bugliosi TF. Seven years' experience with early defibrillation by police and paramedics in an emergency medical services system. *Resuscitation*. 1998;39(3):145-51.
38. Levine SD, Sloane CM, Chan TC, Dunford JV, Vilke GM. Cardiac monitoring of human subjects exposed to the TASER®. *J Emerg Med*. 2007;33(2):113-7.
39. Vilke GM, Sloane C, Levine S, Neuman T, Castillo E, Chan TC. Twelve-lead electrocardiogram monitoring of subjects before and after voluntary exposure to the TASER® X26. *Am J Emerg Med*. 2008;26(1):1-4.
40. Ho JD, Miner JR, Lakireddy DR, Bultman LL, Heegaard WG. Cardiovascular and physiologic effects of conducted electrical weapon discharge in resting adults. *Acad Emerg Med*. 2006;13(6):589-95.
41. Valentino DJ, Walter RJ, Dennis AJ, Margeta B, Starr F, Nagy KK, et al. TASER® X26 discharges in swine: ventricular rhythm capture is dependent on discharge vector. *J Trauma*. 2008;65(6):1478-85; discussion 1485-7.
42. Walter RJ, Dennis AJ, Valentino DJ, Margeta B, Nagy KK, Bokhari F, et al. TASER® X26 discharges in swine produce potentially fatal ventricular arrhythmias. *Acad Emerg Med*. 2008;15(1):66-73.
43. Lakkireddy D, Wallick D, Verma A, Ryschon K, Kowalewski W, Wazni O, et al. Cardiac effects of electrical stun guns: does position of barbs contact make a difference? *Pacing Clin Electrophysiol*. 2008;31(4):398-408.
44. Dennis AJ, Valentino DJ, Walter RJ, Nagy KK, Winners J, Bokhari F, et al. Acute effects of TA-

- SER® X26 discharges in a swine model. *J Trauma*. 2007;63(3):581-90.
45. Lakkireddy D, Wallick D, Ryschon K, Chung MK, Butany J, Martin D, *et al*. Effects of cocaine intoxication on the threshold for stun gun induction of ventricular fibrillation. *J Am Coll Cardiol*. 2006;48(4):805-11.
46. Khaja A, Govindarajan G, McDaniel W, Flaker G. Cardiac safety of conducted electrical devices in pigs and their effect on pacemaker function. *Am J Emerg Med*. 2011;29(9):1089-96.
47. Ho JD, Dawes DM, Nelson RS, Lundin EJ, Ryan FJ, Overton KG, *et al*. Acidosis and catecholamine evaluation following simulated law enforcement "use of force" encounters. *Acad Emerg Med*. 2010;17(7):e60-8.
48. Otahbachi M, Cevik C, Bagdure S, Nugent K. Excited delirium, restraints, and unexpected death: a review of pathogenesis. *Am J Forensic Med Pathol*. 2010;31(2):107-12.
49. Jauchem JR. Pathophysiologic changes due to TASER® devices versus excited delirium: potential relevance to deaths-in-custody? *J Forensic Leg Med*. 2011;18(4):145-53.
50. Seth RK, Abedi G, Daccache AJ, Tsai JC. Cataract secondary to electrical shock from a TASER® gun. *J Cataract Refract Surg*. 2007;33(9):1664-5.
51. Mehl LE. Electrical injury from TASER® ing and miscarriage. *Acta Obstet Gynecol Scand*. 1992;71(2):118-23.
52. Le Blanc-Louvry I, Gricourt C, Touré E, Papin F, Proust B. A brain penetration after TASER® injury: controversies regarding TASER® gun safety. *Forensic Sci Int*. 2012;221(1-3):e7-11.