

## LESIONES Y MUERTE POR ELECTROCUCIÓN. INJURIES AND DEATH BY ELECTROCUTION.

Esperanza Navarro Escayola

Médico forense

Laboratorio del Instituto de Medicina Legal de Alicante, España

Correspondencia: enavarro@infomed.es

**RESUMEN**

La lesión más característica en las muertes causadas por la electricidad es la marca eléctrica de Jellinek; sin embargo, la frecuencia de su aparición no es muy alta. Por otra parte, la ausencia de lesiones características en el examen interno dificulta de forma importante el diagnóstico de muerte por electrocución. En el presente trabajo se hace una revisión de los hallazgos más frecuentes en los casos de lesiones y muerte por electrocución, así como su valoración médico forense.

**Palabras Clave:** Electrocuación; quemaduras eléctricas; patología forense.

**ABSTRACT**

The most usual injury in deaths caused by electrocution is the electric mark of Jellinek; however, the frequency of its appearance is not very high. On the other hand, the absence of characteristic injuries in the internal review makes it more difficult the diagnosis of death by electrocution. In the present article we review the most common findings in cases of injury and death by electrocution and also forensic evaluation.

**Key words:** Electrocutation; Electrical burns. Forensic Pathology

**INTRODUCCIÓN**

La palabra “electricidad” proviene de la palabra latina “*electrum*” empleada para designar al ámbar, caracterizado por su propiedad de atraer cuerpos ligeros después de ser frotados contra un trozo de seda. Es la denominada electricidad de fricción o frotamiento.

Las dos principales fuentes de electricidad que habitualmente causan lesiones son:

1.- La electricidad doméstica o

industrial,

2.- La atmosférica por medio del rayo.

Se denomina electrocución a las lesiones producidas por la primera, mientras que se llama fulguración a las lesiones consecutivas a la electricidad atmosférica.

No debemos olvidar los accidentes ocasionados por la corriente estática o electricidad de fricción que pueden ocasionar una chispa o descarga electrostática que puede dar lugar a la combustión de elementos cercanos.

Actualmente a pesar de los grandes avances obtenidos en estos últimos años en sistemas de seguridad, las quemaduras por electricidad suponen un 4-6% de los ingresos en las unidades de quemados en los Estados Unidos de Norteamérica, con más de 700 muertos al año.

En Alemania se producen unos 200 fallecimientos al año por accidentes por electricidad. En el 80% de los casos está relacionado por la exposición a electricidad de baja tensión y un 20% de alta tensión. Aproximadamente un 30% de los accidentes de alta tensión y en un 3% de baja tensión conducen a la muerte.<sup>9</sup>

En España, en estos últimos años ha disminuido de forma notable las tasas de muertes producidas por electrocución posiblemente relacionadas con la considerable mejora de seguridad en el manejo de las instalaciones eléctricas. En los años 1980 se produjeron alrededor de 4,5 fallecidos/1.000.000 habitantes y año y en 2007 se registra una tasa de 1,4 fallecidos /1.000.000 habitantes y año<sup>62</sup>.

## FISIOPATOLOGIA

Aunque no se conoce por completo la fisiopatología de la lesión eléctrica, se sabe que existen una serie de factores relacionados directamente con la gravedad de la lesión. Los factores que determinan la naturaleza y severidad de las lesiones producidas por la corriente eléctrica al atravesar el cuerpo humano son los siguientes<sup>30,31,39,87</sup>:

- ✓ La naturaleza de la corriente: corriente continua (cc), corriente alterna (ca)
- ✓ Frecuencia (en las corrientes alternas)
- ✓ Resistencia del cuerpo.
- ✓ Tensión eléctrica o voltaje.
- ✓ Intensidad de la corriente.
- ✓ Duración del contacto de la víctima con la corriente.
- ✓ Trayecto de la corriente a través del cuerpo.

### Naturaleza y frecuencia de la corriente.

Cuando dos cuerpos de distinta concentración electrónica se unen por un conductor, los electrones al pasar de un átomo a otro, dan lugar a una corriente eléctrica. Se distinguen dos tipos de corriente eléctrica: Corriente continua y corriente alterna.

En la corriente continua se produciría una corriente de electrones dirigidos siempre en igual sentido. En este caso sin otra frecuencia que la apertura y cierre de la misma.

En la corriente alterna, se produciría una corriente de electrones, dirigida una vez en un sentido (fase positiva) y otra vez en otro sentido (fase negativa). Una fase negativa y otra positiva integran un ciclo, y el número de ciclos por segundo constituyen la frecuencia de una corriente alterna.

La corriente continua en general no es tan peligrosa como la alterna aunque puede llegar a producir los mismos efectos que ésta, al aumentar la intensidad de

paso y con un mayor tiempo de exposición. Su actuación es por calentamiento. La corriente continua de alto voltaje produce generalmente un espasmo muscular, la víctima frecuentemente es proyectada desde la fuente eléctrica por lo que la exposición es corta, aumentando por el contrario la posibilidad de lesión traumática.

Se admite que la corriente alterna al mismo voltaje es tres veces más peligrosa que la continua, pues al estimular las fibras musculares entre 40 y 100 veces por segundo produce una contracción muscular tetánica. La superposición de la frecuencia al ritmo circulatorio y nervioso puede producir arritmias cardiacas como la fibrilación ventricular. La mano es el sitio más común de contacto con la fuente eléctrica y contraerse los músculos flexores de la mano impide a la víctima soltar voluntariamente la fuente de corriente, prolongando la duración de la exposición. Las altas frecuencias son menos peligrosas que las bajas, llegando a ser prácticamente inofensivas para valores superiores a 100.000 Hz, produciendo solo efectos de calentamiento.

### Resistencia.

Es la oposición que un conductor ofrece al paso de los electrones. Cuanto mayor sea la resistencia menor será la cantidad de corriente que pasa por el conductor. Su unidad de medida es el Ohmio.

El paso de la corriente eléctrica a través de un conductor genera calor, como se refleja en la Ley de Joule, siendo éste proporcional a la resistencia que el conductor opone, al cuadrado de la intensidad y al tiempo durante el cual pasa el conductor; la producción de calor por este mecanismo es llamado *efecto Joule*:

$$EC = I^2 \times R \times T \times 0.24$$

De ese modo, cuanto mayor es la resistencia de un tejido al paso de la corriente, mayor es el potencial de transformación de energía eléctrica a energía térmica.

La resistencia eléctrica del cuerpo humano al paso de una corriente depende de múltiples factores como la edad, sexo, tensión aplicada, estado de la superficie de contacto

(humedad, suciedad, etc). La resistencia de los tejidos humanos es muy variable como se recoge en la tabla 1.

<b>Tabla 1.</b>		
<b>Resistencia Baja.</b>	<b>Resistencia intermedia.</b>	<b>Resistencia alta.</b>
Nervios.	Piel seca.	Tendones.
Sangre.		Grasa.
Mucosas.		Hueso.

#### **Tensión o fuerza electromotriz.**

Es la fuerza o nivel de una determinada corriente, y está representada por la diferencia de potencial entre los dos extremos de un conductor: el extremo de mayor potencial constituye el polo positivo y el extremo de menor potencial, representa el polo negativo. Su unidad de medida es el voltio. Se distinguen tres tipos de tensión eléctrica o fuerza electromotriz.

baja tensión, hasta 110-220 voltios

media tensión, entre 500-800 voltios

alta tensión, más de 1.000-5000 voltios

Cuando tocamos un elemento activo de una instalación eléctrica o un elemento puesto accidentalmente en tensión, se establece una diferencia de potencial entre la parte de nuestro cuerpo que la ha tocado y la parte puesta a tierra, normalmente mano-pie. Esta diferencia de potencial o fuerza electromotriz hace que circule una corriente de contacto con nuestro cuerpo.

#### **Intensidad de la corriente.**

La intensidad de la corriente expresada en amperios, mide la cantidad de electricidad que atraviesa un conductor en un segundo. Siguiendo la Ley de Ohm, es directamente proporcional a la tensión o voltaje e inversamente proporcional a la resistencia en el trayecto de la corriente.

**Intensidad de la corriente** (en amperios)=**Tensión** eléctrica (voltios)/**Resistencia** (ohmios)

Es la intensidad que atraviesa el cuerpo y no la tensión la responsable de las lesiones producidas por la electricidad. Una forma de disminuir la intensidad de la corriente que puede atravesarnos es disminuyendo la diferencia de potencial o voltaje, a la vez que aumentamos la resistencia.

#### **Duración.**

En general, a mayor duración de contacto con la corriente de alto voltaje, mayor grado de lesión tisular. La tetania que produce la corriente alterna a 60Hz incrementa el tiempo de exposición aumentando también el grado de daño tisular.

#### **Trayecto.**

El trayecto que toma la corriente determina el tipo de lesión, independientemente de que se trate de bajo o alto voltaje. Cuando la corriente vence la resistencia de la piel, pasa indiscriminadamente a través de los tejidos considerando el cuerpo como un conductor produciendo daño tisular en su trayecto.

Las mayores lesiones se producen cuando la corriente eléctrica circula en la dirección:

Mano derecha-pie izquierdo

Mano izquierda-pie derecho

Manos –cabeza

Mano derecha-tórax-mano izquierda

Se habla de un trayecto horizontal cuando la corriente fluye de mano a mano atravesando el tórax horizontalmente, y de trayecto vertical cuando lo hace mano-pie, cabeza-pie, es decir, de sentido vertical. No existe un acuerdo acerca de de cual es el trayecto en el que se produce más fácilmente muerte súbita por fibrilación ventricular. Mientras que numerosos estudios clínicos sugieren que se produce más fácilmente en el trayecto horizontal, otros autores como Chandra y cols.<sup>24</sup> encuentran que los pacientes con un trayecto vertical tienen mayor incidencia de daño muscular miocárdico que los pacientes con paso horizontal de la corriente. Estos autores postulan que el flujo vertical se asocia a un mayor tránsito de electricidad por los tejidos, lo que incrementa el riesgo de lesión de órganos internos.

En las imágenes inferiores cedidas por los Dres E.Perez Pujol y V. Alvarez Domínguez del IAF de Cartagena, se muestran dos casos de muerte producidas por electricidad de baja tensión (electricidad doméstica) y de media tensión. En el primero de los casos, accidente por electricidad doméstica, el sujeto falleció al contactar con un cable defectuoso. Se aprecian imágenes del punto de entrada de la corriente en la mano y el punto de salida en el pie.

Imagen 1



Imagen 2

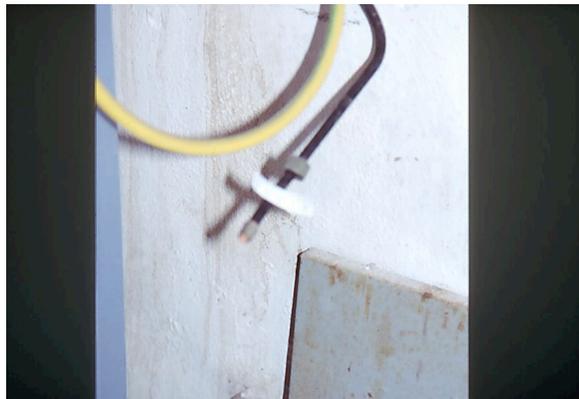


Imagen 3



Imagen 4



Imagen 5



### MECANISMO DE CONTACTO.

Los mecanismos de contacto por electricidad son fundamentalmente tres:

- a) Contacto directo,
- b) Arco eléctrico,

c) Contacto bipolar o en cortocircuito.

**El contacto directo con un solo polo con derivación de la corriente:** Es cuando la víctima toca el conductor y a través de su cuerpo, la corriente deriva hacia

tierra, en la que descarga.

**El arco eléctrico:** En estos casos se produce un contacto indirecto (a través del aire) con una línea de alta tensión. Se produce cuando la víctima se encuentra lo suficientemente cerca de una línea de alta tensión que transporta diferencias de potencial  $> 50.000$  voltios. Cada  $10.000$  voltios se forman arcos voltaicos de dos centímetros, como ha sido descrito por Somogyi y Tedeschi<sup>78</sup> Como ejemplo de este mecanismo, ya Jellinek describió la electrocución de un niño al orinar sobre un cable de alta tensión. Se han descrito varios casos de muerte en Nueva York, en los cuales el fallecimiento fue ocasionado por orinar sobre el tercer rail electrificado del tren<sup>36</sup>.

**Contacto bipolar o en cortocircuito:** En este caso el cuerpo de la víctima se conecta a su vez entre dos conductores.

#### MECANISMOS DE LESIÓN

Cuatro mecanismos han sido implicados en las lesiones producidas por electricidad.

- **Lesiones producidas por energía eléctrica:** La energía eléctrica a su paso por el organismo puede producir tetania muscular o arritmias que pueden desencadenar fibrilación ventricular y parada respiratoria. A nivel encefálico puede dar lugar a parálisis bulbar.

- **Lesiones producidas por energía térmica:** Por el efecto Joule, la energía eléctrica se transforma en calor dando lugar a quemaduras con necrosis de coagulación y destrucción tisular

- **Lesiones traumáticas:** Secundarias a las contracciones musculares violentas y/o a la proyección de la víctima a distancia, dando lugar a politraumatismos.

- **Lesiones por electroporación:** Cuando la carga eléctrica es insuficiente para producir un daño térmico, Lee y cols. han propuesto la teoría de la electroporación, de forma que el paso de la corriente

eléctrica produciría alteraciones en la configuración de las proteínas afectándose la integridad de la pared celular y su función. A nivel celular se producen roturas de los enlaces macromoleculares causando desnaturalización proteica, alteraciones estructurales en el ADN y ARN y de la electroconformación de los canales energéticos celulares. Esto produciría un aumento de la permeabilidad posibilitando la entrada a diferentes moléculas e iones. Existe un número límite de poros (en cuanto a número y tamaño) que hace a la célula incapaz de recuperar su macroestructura y por tanto inviable<sup>59,80</sup>

#### ETIOLOGIA

##### Accidental

La etiología accidental constituye la más frecuente de todas. En general se produce por el contacto con un único conductor, originándose la derivación a tierra.

Los accidentes en el ámbito doméstico se suele producir por imprudencias, siendo con mucha frecuencia los protagonistas los niños cuya curiosidad natural les lleva a introducir los dedos en los enchufes o a tocar, o chupar, un conductor aislado defectuosamente<sup>63,89</sup>. Entre las mujeres predominan los accidentes con electrodomésticos y de forma especial, con secadores de pelo. El 60-70% de las lesiones eléctricas son causadas por la corriente de bajo voltaje, constituyendo el 1% de los accidentes en el hogar<sup>13,18</sup>

Entre los varones jóvenes se produce fundamentalmente accidentes laborales. Según García Escandón, en España se han producido en los últimos 10 años un promedio de 202 muertes por electricidad al año. En el medio laboral el accidente eléctrico representa el 0.3% de todos los accidentes laborales y el 0.9% de los que producen una incapacidad permanente, constituyendo el 4% de todos los accidentes mortales. En Andalucía, según los registros del Instituto Nacional de Estadística, en los años 1992-94 se produjeron 18 muertes anuales por electrocución. La mayoría de los accidentes eran de origen

laboral.

También son frecuentes este tipo de accidentes cuando se realizan actividades recreativas, como por ejemplo la pesca o la caza, al tocar inadvertidamente un cable de alta tensión. También se ha descrito un caso de electrocución fatal al rozar el cable de cobre utilizado como cuerda de una cometa con una línea de alta tensión<sup>4</sup>.

En el Instituto de Medicina Legal de Alicante hemos tenido en estos últimos años, varios muertes por electrocución por el intento de robo de cable de cobre. Dado el incremento de este tipo de accidentes eléctricos

por esta causa en los últimos años, algunos autores como Curinga y col.<sup>32</sup>, consideran que debe ser considerado como un nuevo factor de riesgo.

En ocasiones, la muerte se puede producir accidentalmente en el contexto de maniobras auto-eróticas. En estos casos, el sujeto generalmente varón, mediante un dispositivo por lo general complejo trata de obtener estimulación sexual, mediante el fugaz paso de corriente eléctrica por la región perineal y genital<sup>77</sup>.

En las imágenes inferiores, se muestra un caso de accidente laboral producido por corriente de alta tensión.

**Imagen 6**



**Imagen 7**



**Imagen 8**



**Suicida.**

Aunque el suicidio por electrocución no es frecuente en relación a otros medios autolesivos, ya Minovici en 1924 expuso el caso de un individuo que falleció por esta causa al tomar entre sus manos un

conductor de electricidad. Con cierta frecuencia el individuo tiene cierto grado de conocimiento sobre la electricidad o ser un electricista.<sup>11,23,64</sup> Algunos autores han descrito casos de electrocución en el contexto de

suicidios complejos (aquellos casos en los que el suicida utiliza varios métodos simultáneamente o de forma consecutiva para conseguir sus propósitos<sup>81</sup>.

#### **Homicida.**

Es realmente excepcional. Algún caso se ha descrito de homicidio al arrojar a la víctima sobre una fuente de corriente (cable, rail de ferrocarril electrificado), o utilizar un mecanismo combinado de sumersión sumado a electrocución como instrumento homicida<sup>72</sup>

Lo que sí ha sido señalado y descrito por diferentes autores como Bonnet, es el empleo de la corriente eléctrica para producir lesiones como instrumento de tortura<sup>16</sup>. Tal es el empleo de numerosos artilugios como la picana, instrumento de tortura utilizado en algunos momentos históricos por la policía y el ejército en algunos países de Sudamérica. La picana produce golpes de corriente o descargas sostenidas en contacto con el cuerpo y se aplica sobre las partes más delicadas del cuerpo como genitales, dientes, mucosas, pezones, e incluso sitios inusuales como la membrana timpánica, descrita por Barber y col<sup>14</sup>, produciendo efectos devastadores.

También se han encontrado lesiones producidas por armas para aturdir o defensas eléctricas, que son dispositivos diseñados para producir ráfagas cortas de energía eléctrica del orden de 50.000 a 250.000 voltios. Se fabrican como porras del tamaño de una linterna o como pistolas, que producen parálisis muscular temporal. Dada la gran controversia que ha tenido en estos últimos años el empleo de las defensas eléctricas, a continuación vamos a referirnos a una de las más populares: La pistola Taser. Es una pistola con un aspecto parecido al de un arma corta de fuego convencional que en vez de lanzar balas, expulsa dos flechas, sujetas a un cable que traspasan la ropa, insertándose en la piel del destinatario produciendo una descarga eléctrica acto seguido. La descarga dura unos 5 seg prorrogables tantas veces como se mantenga accionado el control desde la pistola y produce una parálisis muscular temporal de varios minutos durante los cuales, la persona no puede moverse ni reaccionar y, por tanto, puede ser

inmovilizado rápidamente.

La descarga alcanza los 50.000 voltios aunque sólo tiene una intensidad de 15 miliamperios para no dañar al organismo, por lo que tienen la consideración de armas no letales<sup>56</sup>

La pistola Taser XS26 es un arma que tiene un enorme éxito en EEUU y Canadá. En Europa, policías como la británica Scotland Yard, cuentan con ella desde hace tiempo, igual que Noruega, Finlandia o Francia.

La aplicación de estos dispositivos producen dos pequeños eritemas o quemaduras en el punto de contacto de los electrodos por lo que no se debe disparar sobre la cara, ya que se ha descrito algunos casos de perforación ocular por estas pistolas<sup>25,26</sup>.

Pueden también producir lesiones secundarias por caída del sujeto al recibir la descarga, habiéndose publicado un caso de fractura por compresión de dos vértebras torácicas secundario a la intensa contracción producida por la descarga.<sup>88</sup>

El empleo de esta arma se ha asociado a casos de muerte súbita como denuncian algunos organismos como Amnistía Internacional<sup>2,6</sup>. Episodios como el del aeropuerto de Vancouver en octubre de 2007, cuando uno de los pasajeros, que se encontraba en un estado de gran agitación, fue inmovilizado por la Real Policía Montada del Canadá utilizando una pistola Taser, sufriendo una parada cardiaca han tenido una gran repercusión. Aunque en la mayoría de los casos las investigaciones forenses han atribuido la muerte a otros factores, como el consumo de drogas o el aumento de liberación de catecolaminas en situaciones de elevado estrés, se debe comprobar el grado de afectación de estas armas en el caso de personas con problemas cardiacos previos o bajo los efectos de un delirio agitado bajo el consumo de drogas<sup>21,35,38,69</sup>.

Se admite la posible interacción de estos dispositivos con marcapasos cardiacos y tampoco deben utilizarse sobre mujeres embarazadas, por la mayor sensibilidad del feto a la corriente eléctrica<sup>111</sup>.

Se han publicado algunos trabajos sobre voluntarios sanos sometidos a una única descarga con una pistola Taser X26, donde se realizaba monitorización cardiaca y estudio de diferentes marcadores de estrés fisiológico (valoración cardiorrespiratoria, frecuencia cardiaca, PH, PO<sub>2</sub> y PCO<sub>2</sub>, saturación de oxígeno, TA, troponina I), no apreciándose alteraciones electrocardiográficas del ritmo significativas ni cambios clínicos importantes en la respiración, electrolitos o equilibrio ácido base. Estos estudios tienen como principal limitación el haberse realizado sobre individuos sanos, tras ser expuestos a un único disparo de 5 seg con una pistola, mientras que muchos individuos pueden recibir múltiples descargas. Tampoco los sujetos estudiados se encontraban bajo los efectos de la droga o con delirio agitado, por lo que existen datos insuficientes para determinar el efecto de estas pistolas sobre la población sobre la que es usada en mayor proporción<sup>84</sup>.

#### **Judicial o Suplicio.**

El uso de la electrocución como medio de pena capital fue introducido en el siglo XIX en Nueva York. La primera silla eléctrica fue inventada por Harold P Brown y surgió como resultado de la búsqueda del método más humano y práctico para aplicar la pena de muerte, en sustitución de la horca. En 1890 William Kemmeler fue el primer hombre ajusticiado en el estado de Nueva York con la silla eléctrica.

En el año 2008 la pena de muerte por electrocución fue desterrada definitivamente en Estados Unidos de Norteamérica, después que el Tribunal Supremo de Nebraska declarara el método como “anticonstitucional”.

#### **LESIONES POR ELECTRICIDAD**

Aunque las lesiones producidas por electrocución no son específicas, a excepción de las lesiones cutáneas por marca eléctrica, a continuación se van a recoger las lesiones más frecuentes<sup>33,41,46,49,52</sup>

#### **Lesiones Cutáneas:**

La piel posee una elevada resistencia al paso de la

corriente eléctrica. Esta resistencia es directamente proporcional con el grosor cutáneo e inversamente proporcional con el grado de humedad y con la superficie de contacto. Así, en corrientes de bajo voltaje es necesaria una determinada densidad de corriente (amperios/cm<sup>2</sup>) para producir una lesión puntiforme con un área de carbonización circunscrita. En corrientes de alto voltaje se produce una lesión de entrada y otra de salida con áreas de carbonización adyacente. Es habitual denominarlas *en iceberg* porque al realizar los desbridamientos quirúrgicos se aprecia un daño más extenso al sospechado en un primer momento.

Las lesiones de entrada generalmente están localizadas en cabeza, tórax y extremidades superiores mientras que las de salida se suelen situar en miembros inferiores, por descarga de la corriente eléctrica a tierra. En otras ocasiones encontramos puntos de entrada de la electricidad inusuales como los ojos, descrito por Gupta y col<sup>43</sup>, o el curioso caso de un trabajador que sufrió un accidente por alta tensión con punto de salida localizado en los incisivos superiores, descrito por Davison y Orr<sup>34</sup>,

#### **Lesión electroespecífica o marca eléctrica de Jellinek:**

Clásicamente fue descrita de forma magistral por este autor de la siguiente manera: Son lesiones que reproducen el objeto conductor causante de la marca, tiene un color blanco-amarillento y consistencia firme; aparece como incrustada, a modo de huella que dejaría un sacabocados, por lo que los bordes sobresalen y el centro está deprimido. Hay ausencia de rubicundez e inflamación, siendo indolora. Los pelos de la región están indemnes y retorcidos en forma de sacacorchos. La cicatrización es fácil.

La lesión electroespecífica es el resultado exclusivo de la entrada de la corriente en el organismo. A veces aparece microscópicamente insignificante pudiendo pasar inadvertida. El no encontrar dicha lesión no significa excluir que haya existido un paso de corriente eléctrica como ocurriría en los casos de electrocución en la bañera



donde el agua produciría una disminución de la resistencia cutánea y por tanto pasaría mayor cantidad de corriente sin producir lesiones cutáneas.

Por lo general, las marcas eléctricas antemortem, no se pueden diferenciar de las producidas postmortem<sup>16,19</sup>

**Imagen 9**



*Marca eléctrica en*

*producido al pisar la víctima un cable de alta tensión (imagen cedida por el Dr.F. Rodes Lloret, IML de Alicante)*

*pie. Zona atípica de punto de entrada*

**Imagen 10**



*Marca eléctrica. Imagen cedida por la Dra. P.Oliver del IML de Alicante*

**Metalización eléctrica.**

Consiste en la impregnación superficial de la piel por pequeñas partículas metálicas fundidas y vaporizadas en la zona que rodea el punto de entrada de la corriente, que en ocasiones reproducen la forma del objeto metálico de donde proceden. Desaparecen a los 4 o 5 días con la descamación cutánea, pudiéndose determinar su

composición mediante procedimientos histoquímicas o histológicos, para poder así relacionarla con la del conductor sospechoso de haber producido la lesión.

**Salpicaduras.**

Son partículas metálicas de mayor tamaño que las metalizaciones, que en número reducido se distribuyen de forma dispersa.

### **Pigmentaciones.**

Están formados por partículas pulverulentas arrancadas al cuerpo conductor o procedentes de la destrucción del material aislante del cable.

Cuando sea posible, las áreas sospechosas de quemadura eléctrica deben examinarse con un microscopio óptico, o bien la zona quemada puede ser extirpada y examinada con un microscopio electrónico de barrido, para poder apreciar en la herida si existe depósito de diminutas piezas de metal o restos de material conductor. Además, también debe examinarse el aparato buscando la presencia de pelos y tejidos corporales retenidos<sup>53</sup>.

### **Quemaduras.**

Pueden tener tres orígenes<sup>8</sup>. El calor que desarrolla el efecto Joule, las chispas eléctricas que se desprenden cuando el cuerpo de la víctima actúa como un arco voltaico y el incendio de los vestidos cuando éste se produce. En estos casos, las quemaduras son análogas a las producidas por cualquier otra fuente de calor, pudiendo aparecer en cualquiera de sus grados. Estas quemaduras pueden alcanzar distinta profundidad afectando a la capa cutánea, muscular, visceral y ósea. Cuando el calor afecta el hueso, sobre todo si éste es plano, la resistencia que éste ofrece puede llegar a fundirlo, y al enfriarse, puede adoptar formas de esférulas blancas, huecas, de tamaño variable, constituyendo las llamadas *perlas óseas* de fosfato tricálcico de Jellinek.

También es común hallar lesiones cutáneas denominadas *en beso*<sup>70</sup> ya que se localizan en la cara flexora de las articulaciones o de grandes pliegues. Esto sucede porque la corriente tiende a realizar el recorrido más corto y esto también se ve facilitado por la humedad de estas áreas.

### **Lesiones cardíacas:**

Es bien conocido que el trauma eléctrico puede causar la muerte por la producción de parada cardíaca o arritmias letales. Se estima que aproximadamente un 37% de los pacientes que sufren un traumatismo eléctrico

desarrollan algún tipo de lesión cardíaca.

En pacientes que sufren una descarga con corrientes continua y de bajo voltaje, se puede desencadenar una fibrilación ventricular y fallecer si la corriente irrumpe en el período crítico de repolarización ventricular (al final de la R) del ciclo cardíaco. En el caso de descargas por alto voltaje se puede producir asistolia. El trayecto que siga la corriente es fundamental en el mecanismo de producción de la fibrilación ventricular, ya que ésta se produciría cuando el corazón queda incluido en el paso de la corriente. Se estima que este mecanismo ocurre de modo ordinario cuando la corriente penetra por el brazo izquierdo y sale por la pierna derecha. En estas condiciones bastan con 70mA durante 5 seg para producir una fibrilación ventricular mortal. Este mecanismo de muerte se ha señalado en algunos accidentes con marcapasos.

Más del 50% de las víctimas presentan alteraciones no específicas del ECG que desaparecen en pocos días. Sin embargo, pueden presentarse arritmias que pueden comprometer su vida, como taquicardia ventricular, fibrilación ventricular o bloqueo A-V completo, por lo que los pacientes deben monitorizarse las primeras 24 horas<sup>10</sup>.

Otras lesiones menos severas incluyen las siguientes: Taquicardia sinusal, elevación transitoria del ST, prolongación del QT, extrasístoles ventriculares, fibrilación auricular y bloqueo de ramas<sup>6</sup>. Estas lesiones están presentes en un 10-40% de los supervivientes. Se ha descrito algún caso de síndrome de taquicardia postural ortostática tras un accidente eléctrico<sup>55</sup>

Algunos trabajos sugieren que se puede producir un daño permanente en tejido de conducción cardíaca, que ocasionarían a una arritmia retardada. Bailey y col<sup>12</sup>, en un estudio prospectivo realizado sobre accidentes por electricidad con alto riesgo de lesiones cardíacas, en todos los casos el cuadro de arritmia se resolvió en los primeros días tras el accidente. Otros autores recogen la presencia de un síndrome de Brugada tras un shock eléctrico<sup>82</sup>.

Aunque entre las lesiones cardiacas secundarias al daño por electricidad se ha descrito el infarto de miocardio (IAM), no es muy frecuente<sup>20,44</sup>. La arteria coronaria derecha generalmente irriga a la pared posterior del corazón y durante su trayecto inicial se encuentra muy próxima a la pared torácica, por lo que es más vulnerable. Esto explicaría el predominio de infartos posteriores e inferiores en estos casos.

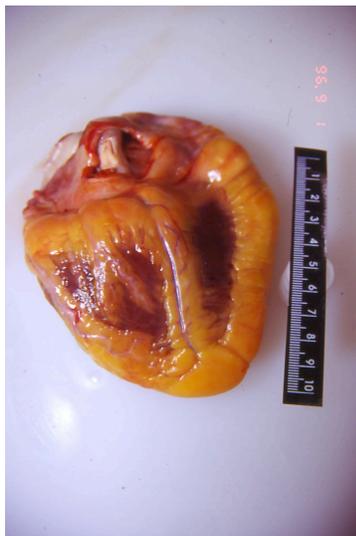
La elevación plasmática de CK-MB procedente del músculo esquelético que aparece en el 56% de los casos no debe conducir al falso diagnóstico de IAM ya que no es muy específica, puesto que se puede elevar en traumatismos musculares esqueléticos. En caso de IAM es más específico la elevación de la Troponina I Celebi y col<sup>20</sup>. Otros marcadores como la pro-BNP están más relacionados con pacientes fallecidos por arritmia cardiaca<sup>68</sup>

James y cols<sup>65</sup>, estudiaron los corazones de 4 hombres fallecidos por electrocución, encontrando lesiones focales ventriculares extensas. También pudieron comprobar la existencia de daños a nivel del nodo sinusal que justificaría las arritmias supraventriculares. Por otra parte, en los cuatro casos las arterias coronarias presentaban una necrosis extensa con contracción en banda de la musculatura lisa, lesión que podría ser el principal factor responsable de los IAM desencadenados por energía eléctrica.

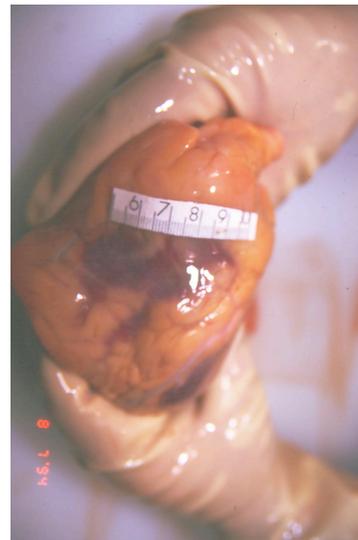
En modelos celulares, se ha podido observar que la electroporación podría representar otro mecanismo causante de alteraciones del ritmo y de la conducción cardiaca<sup>24,54, 83</sup>.

*Lesiones cardiacas por electrocución. Imágenes cedidas por los Dres E.Perez Pujol y V.Alvarez Domínguez, IAF de Cartagena*

**Imagen 11**



**Imagen 12**



**Imagen 13**



*Imagen cedida por la Dra P.Oliver del IML de Alicante*

### **Lesiones Neurológicas.**

Este tipo de lesiones son frecuentes en el trauma eléctrico por alta tensión o por rayo. Las lesiones por bajo voltaje rara vez dejan secuelas permanentes. El alto porcentaje de secuelas neurológicas observadas son debidas a que los nervios constituyen uno de los tejidos con menor resistencia del cuerpo y la electricidad tiende a seguir el camino que ofrece menos resistencia.<sup>50,71</sup>

El trayecto de la corriente puede incluir o no en su circuito la región cráneo-espinal dando lugar a un amplio espectro de lesiones, centrales o periféricas, inmediatas o retardadas y transitorias o permanentes. También se puede sumar el daño craneal y/o medular que pueda suponer un traumatismo a ese nivel al sufrir la víctima una caída o proyección a distancia al recibir la descarga eléctrica.

Hay una amplia variedad de complicaciones neurológicas posibles. La pérdida de conciencia es frecuente y puede ir desde una afectación transitoria de los centros respiratorios bulbares, hasta una insuficiencia respiratoria grave con desarrollo de asistolia y muerte. La pérdida transitoria de conciencia tiene buen pronóstico, pero cuando el coma se prolonga más de 10 minutos o aparece un deterioro posterior del nivel de conciencia se debe sospechar la existencia de un daño intracraneal severo.

Otras alteraciones de duración transitoria son: cefaleas, ansiedad, depresión postraumática, falta de atención y concentración, pérdida de memoria e incapacidad para el aprendizaje.

Se han descrito déficit neurológicos como ceguera, sordera o afasia<sup>71</sup>.

Otras posible complicación es la presencia de un accidente cerebro vascular que puede ser secundario a un traumatismo cráneo-encefálico, por efecto directo de la corriente, por alteraciones de la circulación a nivel encefálico o por un edema cerebral retardado<sup>90</sup>

Pueden aparecer crisis epilépticas tras el daño eléctrico, debiendo descartarse la existencia de una lesión secundaria a hipoxia como responsable de la misma<sup>58</sup>

La traducción histopatológica de estos cuadros es la gliosis reactiva, desmielinización y vacuolización parcelar, hemorragia perivascular.

En otros casos, no se puede apreciar ningún cambio neuronal demostrable como ocurriría en los trastornos de personalidad y de conducta. Estos últimos, suelen ser de aparición retardada y su tratamiento es muy rebelde. Aún no está aclarado el por qué no todos los pacientes que sufren un shock eléctrico presentan alteraciones neurológicas y cuál es el papel que juegan ciertos factores como son la edad del paciente, tipo de corriente, etc<sup>28</sup>

Además, la corriente eléctrica en sí misma o un traumatismo consecutivo al accidente eléctrico puede ocasionar lesiones medulares y periféricas secundarias.

El daño medular tiene una incidencia de 2-5% de los pacientes con trauma eléctrico. Puede ser de presentación aguda o retardada. El daño medular agudo aparece a las pocas horas del suceso siendo su recuperación

rápida y “ad integrum” en horas o días tras el accidente.

Las víctimas con signos inmediatos presentan debilidad y parestesias durante horas tras el hecho. Las extremidades inferiores son más frecuentemente afectadas que las superiores.

El daño retardado se instaura días después del trauma y su recuperación es lenta e incompleta. Los hallazgos clínicos son muy variables dependiendo del nivel de afectación, aunque es usual un inicio brusco y de patrón ascendente. Entre los más frecuentes destacaremos: parálisis ascendente; mielitis transversa y se han descrito casos en que el accidente eléctrico se ha considerado como un factor potencial precipitante de una esclerosis lateral amiotrófica<sup>2,22</sup>.

La neuropatía periférica es frecuente especialmente en las extremidades por donde ha pasado la corriente. Los nervios son dañados directamente por la corriente o pueden afectarse como consecuencia de la destrucción de los vasa nervorum. Los nervios cubital y mediano son los que se afectan con más frecuencia. Pueden ser de tipo agudo y crónico<sup>61</sup>.

La neuropatía periférica aguda es la lesión neurológica más frecuente, llegando al 29% de las lesiones. Es el resultado de la suma del daño eléctrico y térmico, al que se le puede añadir la compresión local por edema.

La neuropatía o polineuropatía periférica tardía aparecen varias semanas, e incluso años después del accidente y son consecuencia de una isquemia lenta pero progresiva y de una degeneración de las fibras nerviosas que conducen a la fibrosis. La distrofia simpático refleja también ha sido recogida.

#### **Lesiones Vasculares.**

Los vasos sanguíneos son tejidos de baja resistencia favoreciendo el paso de la corriente a través de los mismos. Puesto que las arterias constituyen un sistema de alto flujo, el calor puede disiparse bastante bien en un primer momento, aunque posteriormente se puede presentar trombosis intravascular y ruptura vascular

tardía<sup>86</sup>. Las venas, al ser un sistema de bajo flujo, permiten a la energía térmica calentar más rápidamente la sangre dando lugar a una trombosis

El daño vascular producido por la energía eléctrica puede aparecer de forma inmediata o tardía. La experiencia clínica y los estudios con modelos animales indican que no es frecuente que se produzcan trombosis en vasos cuyo diámetro sea mayor de 3 mm inmediatamente después de sufrir el shock eléctrico. Sin embargo, es frecuente que se produzca la rotura vascular tardía, alrededor de unas dos semanas tras el traumatismo. Esto se ha visto en los casos de niños pequeños que sufrieron una descarga eléctrica en la comisura oral, tras llevarse a la boca un cable defectuoso. En estos casos se puede producir una hemorragia importante de la arteria dentaria<sup>8,65</sup>. Este fenómeno ha sido observado también en los vasos de las extremidades<sup>47</sup>.

#### **Lesiones Musculares.**

El tejido muscular es particularmente sensible a las lesiones por electricidad de alto voltaje ya que en estos casos, al daño térmico directo y disipación de calor desde otras estructuras con mayor resistencia se le une la isquemia por lesión vascular y el edema causado por la electroporación. El resultado es una necrosis masiva de los músculos que forman parte del trayecto de la corriente. La necrosis muscular puede extenderse a sitios distantes de las lesiones observadas en la piel, pudiéndose producir síndromes compartimentales secundarios a la isquemia vascular y el edema<sup>3,15,17,74</sup>.

La electroporación de la membrana celular muscular va a liberar diversas proteínas intracelulares al torrente sanguíneo, siendo las más relevantes la mioglobina y la creatin fosfoquinasa (CPK). Altas concentraciones de mioglobina pueden producir un fracaso renal agudo por obstrucción tubular. Además de estas enzimas musculares, se libera gran cantidad de potasio con la consiguiente alteración del equilibrio ácido-base y agravación de la tendencia preexistente a las arritmias<sup>17</sup>.

### Lesiones Óseas.

Aproximadamente un 10% de las víctimas que sufren una descarga eléctrica de alto voltaje tienen alguna fractura. Esto es debido a la intensa tetanización muscular que se produce en este tipo de descargas.

Cuando la acción calórica de la electricidad actúa sobre el hueso, especialmente si éste es plano, debido a la considerable resistencia que presenta este tejido, puede llegar a producirse una fusión del mismo, dando lugar a pequeños desprendimientos tisulares que, al enfriarse adoptan forma esférica que recuerdan a las perlas, por lo que Jellinek las denominó *perlas óseas*.

Se pueden producir fracturas de huesos largos, fracturas espinales con compresión medular, entre otras. También se pueden producir efectos tardíos de afectación ósea como la calcificación heterópica, que puede afectar áreas articulares, el secuestro óseo y las alteraciones del crecimiento óseo cuando los afectados son pacientes jóvenes. La explicación a este hallazgo parece ser debida a la respuesta inflamatoria sistémica junto con el daño tisular local<sup>8</sup>

### Lesiones de otros Órganos.

Los órganos intraabdominales pueden sufrir lesiones diversas como: perforación de estómago, intestino, vejiga o necrosis hepáticas, pancreáticas<sup>51</sup>.

El daño renal rara vez se produce por la acción directa de la corriente, sino por el acúmulo de diferentes proteínas musculares liberadas, como la mioglobina, CPK y hemoglobina que producirían una obstrucción tubular aguda dando lugar a un fracaso renal agudo.

A nivel pulmonar también se pueden producir lesiones intraparenquimatosas que produciría dificultad respiratoria, edema agudo de pulmón. También se ha descrito como complicación poco frecuente la aparición de neumotórax por la presión producida por la onda de choque generada por el paso de la corriente de alto voltaje al atravesar el pecho<sup>27,76</sup>.

Así mismo ha sido descrita como secuela la

presencia de disfunción eréctil, debido a la afectación neurovascular tanto de los nervios como de los vasos locales tras producirse la exposición a corrientes de alta tensión<sup>51</sup>.

Los daños oculares son frecuentes cuando la corriente de alto voltaje atraviesa la cabeza. Un 6% de las víctimas desarrollará cataratas. Suelen ser de aparición tardía (entre tres semanas y 19 meses después del accidente eléctrico), suelen ser bilaterales y su localización es esencialmente subcapsular anterior<sup>1,45</sup>.

Otras lesiones oculares serían uveítis, iridociclitis, hemorragia vítrea, atrofia óptica y coriorretinitis. El glaucoma es más frecuente en los supervivientes de electrocución que en la población general.

Las fracturas craneales y la ruptura de la membrana timpánica se encuentran más frecuentemente en las víctimas de fulguración.

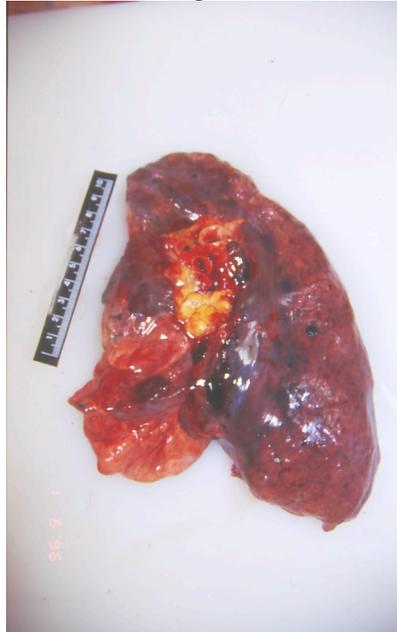
Se han descrito casos de reactivación de procesos infecciosos, como herpes zoster tras accidente eléctrico<sup>66</sup>.

Un caso especial constituiría las lesiones eléctricas sufridas en mujeres gestantes. En estos casos, la gravedad de las lesiones maternas no se corresponden con el grado de daño fetal, ya que el feto es más sensible a una descarga eléctrica debido a su tamaño, piel delgada y la gran capacidad de conducción del líquido amniótico<sup>40</sup>

Fatovich, en 1992 hizo una revisión de los casos publicados en publicaciones de habla inglesa sobre este tema con el siguiente resultado. De los 15 casos estudiados, todos ellos habían sido producidos por electricidad doméstica; en ninguno de los casos se produjo el fallecimiento de la madre; la muerte fetal se produjo en un 73% de los casos; en algunos de los casos se asoció a oligohidramnios y/o retraso del crecimiento<sup>37</sup>.

*Lesiones pulmonares por electrocución. Estudio macroscópico y microscópico. Imágenes cedidas por los Dres E.Perez Pujol y V.Alvarez Domínguez, IAF de Cartagena*

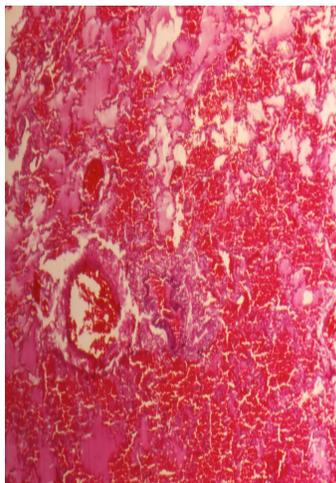
**Imagen 14**



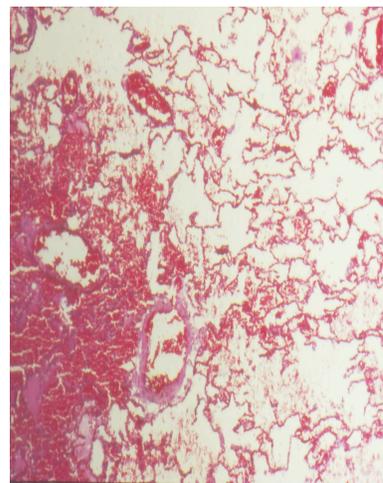
**Imagen 15**



**Imagen 16**



**Imagen 17**



### **MECANISMO DE MUERTE**

La muerte por electrocución puede producirse de forma instantánea o de forma tardía, tras un intervalo de varias horas. Durante este intervalo el sujeto está inconsciente, con una inhibición temporal de las funciones vitales, permaneciendo en un estado de muerte aparente.

En estos casos, la muerte puede producirse por la aparición de fenómenos secundarios como asfixia, edema cerebral y pulmonar, aspiración pulmonar de contenido gástrico, entre otros.

Si la muerte se produce de forma inmediata, los mecanismos más frecuentemente implicados son los

siguientes:

### **Inhibición de centros bulbares.**

Se produce una parálisis del centro respiratorio, producida por la acción directa de una corriente de alta tensión (superior a 5.000 v) a su paso por los centros tronco-encefálicos. En este caso el corazón seguiría latiendo, por lo que se ha conseguido la reanimación manteniendo durante horas una respiración asistida.

### **Asfixia.**

Se produce tras la exposición a corrientes de baja tensión, que producen una tetanización persistente de los músculos respiratorios. La víctima queda “pegada” al conductor, siendo incapaz de liberarse y estableciéndose de forma paulatina una asfixia irreversible. El mecanismo de muerte por asfixia puede conferir al electrocutado un aspecto externo con intensa cianosis y alrededor de boca el llamado falso hongo de espuma procedente de la gran congestión y edema pulmonar origen del mecanismo asfíctico.

### **Alteraciones circulatorias.**

Se produce por diferentes mecanismos: La acción directa sobre el fascículo de Hiss, alteraciones vasomotoras con hipertensión y estasis en territorios capilares y venosos, o por intensa contracción miocárdica debida al paso de la corriente eléctrica. Pero el mecanismo más importante es la fibrilación ventricular que ocurre cuando el corazón queda incluido en el paso de la corriente.<sup>19</sup>

## **PROBLEMAS MÉDICO FORENSES EN LA ELECTROCUCIÓN**

Cuando se producen lesiones y muerte secundarias a la electrocución se plantean una serie de cuestiones que deben ser estudiadas. Entre las más importantes se destacarán las siguientes:

### **Diagnóstico de la muerte por electrocución**

En los casos en los que se sospeche de una posible electrocución debe realizarse una minuciosa inspección del lugar donde se produjo.

En algunas ocasiones la pérdida de la conciencia producida por fibrilación ventricular puede tardar varios segundos en presentarse, por lo que la víctima puede apartarse del dispositivo que ha ocasionado el accidente y es por lo que en caso de sospecha, aunque el cuerpo haya aparecido a varios metros del dispositivo o aparato eléctrico, éste debe ser examinado cuidadosamente, buscando una avería. Además, también debe examinarse el aparato buscando la presencia de pelos y tejidos corporales retenidos.

También deben examinarse cuidadosamente las ropas, buscando quemaduras que puedan haber sido producidas por el contacto con una fuente eléctrica, así como las correspondientes áreas del cuerpo. Eso servirá para ver si la localización de la marca eléctrica coincide con la altura y localización del conductor.

### **Autopsia**

Algunos fenómenos cadavéricos pueden resultar influenciados por la electrocución. En las muertes producidas por electricidad industrial, la rigidez cadavérica suele ser precoz, produciéndose a veces un espasmo cadavérico generalizado<sup>57</sup>.

En el examen externo cuando la muerte se ha producido por un cuadro de asfixia se puede apreciar una intensa cianosis facial, o la presencia de espuma sobre los orificios respiratorios, debido a la intensa congestión y edema pulmonar (falso hongo de espuma).

En ocasiones se pueden encontrar en piel lesiones contusivas secundarias a traumatismos tras caída sufrida por la víctima tras la electrocución, o por las convulsiones sufridas por el cuerpo bajo los efectos de la corriente eléctrica.

Por este mismo mecanismo, también se pueden encontrar fracturas en extremidades y de la columna.

Todas estas lesiones son inespecíficas, por lo que se debe buscar sobre la superficie corporal la marca eléctrica, que sería la lesión específica de daño por electricidad. En ocasiones es muy difícil e incluso



imposible de encontrar, pero debe buscarse incluso con el empleo de lupa. Luo y col<sup>60</sup>, en un estudio sobre los hallazgos encontrados en 16 autopsias por electrocución, observaron en cinco de los 16 casos, evidencias macroscópicas de marca eléctrica y en 11 de los 16 casos se obtuvieron en estudio microscópico datos de quemadura eléctrica. La morfología de las marcas eléctricas fue muy variada, encontrado en algunos casos tan sólo una simple exfoliación epidérmica y cambios de color.

Cuando sea posible, las áreas sospechosas de quemadura eléctrica deben examinarse con un microscopio óptico, o bien la zona quemada puede ser extirpada y examinada con un microscopio electrónico de barrido, para poder apreciar en la herida si existe depósito de diminutas piezas de metal o restos de material conductor. De ese modo será posible en algunos casos identificar la naturaleza de los restos metálicos y del conductor mediante procedimientos histoquímicas o histológicos.

En un trabajo realizado por Karger y col<sup>56</sup>, sobre los hallazgos encontrados en 37 autopsias por

electrocución encontraron en un 81% de los casos marca eléctrica y en un 71% de los casos observaron la presencia de hemorragias petequiales localizadas preferentemente en la superficie cutánea, párpados, conjuntivas, pleura visceral y epicardio. Se sugiere que estas petequias no parecen estar causadas por asfixia, sino más bien por un mecanismo combinado de congestión venosa por parada cardíaca y el súbito aumento de la presión arterial por las contracciones musculares. Por tanto, estas petequias representa un hallazgo típico, aunque inespecífico de electrocución.

En las muertes por electrocución las lesiones internas tienen un carácter inespecífico y son muy variadas dependiendo de los órganos lesionados por el paso de la corriente. Los pulmones aparecen generalmente congestivos y edematosos, acompañado de equimosis subpleurales, propio de un cuadro inespecífico de asfixia. Si se produce daño miocárdico se pueden encontrar niveles aumentados de marcadores de daño miocárdico como CK-MB NT pro BNP y troponina I en sangre, así como hallazgos microscópicos de cardiomiolisis<sup>20</sup>.

**Imagen 18**



**Imagen 19**



*Punto de entrada en mano derecha y salida en mano izquierda por electrocución. Imágenes cedidas por los Dres E.Perez Pujol y V.Alvarez Domínguez, IAF de Cartagena*

#### **Etiología de las lesiones y muerte por electrocución:**

Para poder establecer el carácter accidental, suicida, homicida de la electrocución, es fundamental realizar una completa reconstrucción de los hechos. Para lo cual, es necesario, conocer todos aquellos datos recogidos en el lugar de los hechos, así como de la realización de la

autopsia en los caso de muerte.

La localización de los lugares de entrada y salida de la corriente eléctrica a través de la superficie corporal, en ocasiones ofrecen dificultades. Los puntos de salida de la misma generalmente se encuentran en los pies, pero en ocasiones tienen diferentes localizaciones dependiendo de

qué parte del cuerpo establezca la derivación a tierra. También los puntos de entrada tienen localización variable.

La etiología más frecuente es la accidental, y, en estos casos el médico legista puede ser requerido para ayudar a determinar en las electrocuciones por accidente laboral si se incumplió por parte de la empresa o del trabajador, las normas de prevención de riesgos laborales (por no usar, casco, ropa aislante adecuada, etc.), que pueden ser tributarias de responsabilidad civil y /o penal. En este mismo caso, si las lesiones no han ocasionado la muerte, puede ser necesario el seguimiento y control hasta la sanidad de sus lesiones y evaluación de las secuelas que presentan, estableciendo la relación de causalidad entre el accidente eléctrico y las secuelas.

En España, La Ley de Prevención de Riesgos laborales 31/1995, recoge la transposición de la Directiva Marco 89/391. El artículo 20 de dicha Ley establece que todos los empresarios tienen la obligación de analizar las posibles emergencias que puedan presentarse en su empresa, así como la de disponer de los medios necesarios

que marca la normativa de Prevención de Riesgos Laborales. Las disposiciones mínimas para la seguridad de los trabajadores frente al riesgo eléctrico, se encuentran recogidas en el RD 614/2001, de 8 de junio, sobre disposiciones mínimas para la protección de la salud y seguridad de los trabajadores frente al riesgo eléctrico<sup>75</sup>.

Los casos de etiología suicida, que son mucho menos frecuentes que la etiología accidental, se pueden reconocer por la cuidadosa preparación con que la víctima asegura su propósito, mediante en ocasiones complejos circuitos eléctricos alrededor de su cuerpo. En muchas ocasiones, estos sujetos tienen antecedentes de patología psíquica e intentos de suicidio previos, que sirven para la determinación de la etiología. Como ejemplo, a continuación se muestran las lesiones producidas en una mujer que utilizó dos conductores fijados a su pecho para causarse la muerte. En muchas ocasiones, estos sujetos tienen antecedentes de patología psíquica e intentos de suicidio previos, que sirven para la determinación de la etiología.

**Imagen 20**



En las lesiones producidas por tortura con electricidad se pueden observar lesiones agudas en la piel. La tortura eléctrica con “picana” deja lesiones en racimos y diseños lineales de 1 a 5 mm de ancho, cubiertas de costras serohemáticas. Estas costras pueden contener

**Imagen 21**



depósitos de metal de los electrodos por lo que la biopsia de estas lesiones puede ayudar a evidenciar que se ha producido la tortura. También se pueden observar lesiones lineales por una aplicación lineal de los electrodos<sup>29,73</sup>

**Supervivencia y capacidad para realizar actos después**

**de la electrocución.**

Jellinek ya dividía las muertes por electricidad industrial en cuatro tipos atendiendo al tiempo de supervivencia: repentina, lenta, interrumpida por intervalos lúcidos y tardía. Esta división reflejaría las amplias variedades existentes, ya que no existe una regla absoluta entre el tipo de corriente, localización de las lesiones, naturaleza, etc., y la rapidez de la muerte. Por tanto, el perito médico deberá limitarse a afirmar la posibilidad de que haya habido supervivencia, sin establecerla con seguridad ni excluirla con certeza. Como resultado de lo anterior, también podrá admitirse la capacidad de realizar actos después del accidente, limitándola tan sólo por la localización y gravedad de las lesiones encontradas en el cadáver<sup>19</sup>

**BIBLIOGRAFÍA:**

1. Abdellaoui M; Bhallil S; Benatiya AI; Sattara Y; Kanjaa N; Tahri H. La cataracte post-electrocution. A propos d'un cas. Bull Soc Belge Ophtalmol.; 317: 17-20. 2011
2. Abhinav K; Al-Chalabi A; Hortobagyi T; Leigh PN. Electrical injury and amyotrophic lateral sclerosis: A systematic review of the literature. J Neurol Neurosurg Psychiatry.; 78(5):450-3. 2007
3. Aygün D, Gönüllü H. [The myopathic effects of electrical injury](#). Ulus Travma Acil Cerrahi Derg. ;16(3):225-8. 2010
4. Ashesh Gunwantrao Wankhede, Dinesh R.Sariya. An electrocution by metal kite line. Forensic Science International; 163:141-143. . 2006
5. Amnesty International (1997) Australia. Deaths in custody: How many more AI Index: ASA 12/04/97. Disponible en:<http://web.Amnesty.org/library/index/ENGASAI2004I1997>.
6. Amnistía Internacional (2007). Voltios sin control. Uso de pistolas tipo Taser y otras defensas eléctricas por las fuerzas de seguridad en España. Vease comunicado de Amnistía Internacional de septiembre de 007 en <http://web.Amnesty.org>.
7. Arévalo Velasco JM; Valero Gasalla J. Traumatismo eléctrico. SECPRE ;166(1):67-70. 17. 2001
8. Arévalo JM, Lorente JA, Hontanilla B. Quemaduras eléctricas. En: Cirugía M Hontanilla, pp 98-100. Marbán. 1999.
9. Akutversorgung von Elektrounfällen (<http://www.klinikum.uni-muenchen.de/Chirurgische-klinik-und-Poliklinik-Innenstadt/download/inhalt/medWissen/Stromunfall.pdf>)
10. Arya KR, Taori GK, Khanna SS. Electrocardiographic manifestations following electrical injury. Int J Cardiol; 57:100-101. 1996
11. Anders S, Matschke J, Tsokos M. Internal current mark in a case of suicide by electrocution. Am J Forensic Med Pathol;22(4):370-373. 2001
12. Bailey B, Gaudreault P, Thivierge RL. Cardiac monitoring of high-risk patients after an electrical injury: A prospective multicentre study. Emerg Med J.; 24:348-52. 2007
13. Baker MD, Chiaviello C. Household electrical injuries in children. Am J Dis Child; 143:59-62. 1989
14. Barber B, Côté DW, Liu R. Electric shock ear torture: a rare cause of tympanic membrane perforation and mixed hearing loss. J Otolaryngol Head Neck Surg;40(3):E22-5.2011
15. Block TA, Aasvold JN, Matthews KL. Non-thermal mediated muscle injury and electrical trauma. J.Burn. Care Rehabil.; 1615:581-588. 1995
16. Bonnet E.F.P: Medicina Legal. 2º ed. Editorial López Libreros. Buenos Aires. 1980; 674-79.
17. Brumback RA, Feedback DL, Leech RW. Rhabdomyolysis following electrical injury. Sem Neurol;15:329-334. 1995
18. Byard RW, Hanson KA, Gilbert JD, James RA, Nadeau J, Blackbourne B, Krous HF. Death due to electrocution in childhood and early adolescence. J Paediatr Child Health.;39(1):46-48. 2003
19. Castellano Arroyo. Lesiones por agentes físicos. En: Gisbert Calabuig JA: Medicina Legal y Toxicología.4º ed. Salvat Editores S.A. Barcelona.1991 ; pp 386-91.
20. Celebi A, Gulel O, Cicekcioglu H, Gokaslan S, Kututcularoglu G, Ulusoy V. Myocardial infarction alter an electric shock: A rare complicación. Cardiol J.;16(4):362-4. 2009
21. Cevik C; Otahbachi M; Miller E; Bagdure S; Nugent KM. Acute stress cardiomyopathy and deaths associated with electronic weapons. Int J Cardiol.; 132(3):312-7. 2009
22. Christensen JA, Sherman RT, Balis GA, Wuamett JD:Delayed neurologic injury secondary to high voltaje

- current, with recovery. *J Trauma*;20:166-168. 1980
23. Chan P; Dufloy J. Suicidal electrocution in Sydney: A 10-year case review. *J Forensic Sci.*;53(2):455-9. 2008
  24. Chandra NC, Siu CO, Munster AM: Clinical predictors of myocardial damage after high voltage electrical injury. *Crit Care med*; 18; 293-297. 1990
  25. Ng W, Chehade M. Taser penetrating ocular injury. *Am J Ophthalmol.*; 139:713-715. 2005
  26. Chen SL, Richard CK, Murthy RC, et al. Perforating ocular injury by Taser. *Clin Exp. Ophthalmol.*; 34:378-380. 2006
  27. Chih-Cheng Lai, Chi-Ming Lin, Qi-Chang Xiao, Liang-Wen Ding. Pneumothorax: A rare complication of electric injury. *Burns* ; 34: 125-126. 2008
  28. Chudasama S, Goverman J, Donaldson JH, Van Aalst J, Cairns BA, Hultman CS. Does voltage predict return to work and neuropsychiatric sequelae following electrical burn injury?. *Ann Past Surg*; 64(5):522-5,2010
  29. Consideraciones para la Investigación y Documentación de la Tortura en México. Oficina en México del Alto Comisionado de las Naciones Unidas para los Derechos Humanos.: pp 281-4. 2007
  30. Cooper MA, Andrews CJ: Lightning injuries: In: Auerbach P, editor: *Wilderness medicine: management of wilderness and environmental emergencies*, ed.3, St Louis, Mosby. 1995
  31. Cooper MA. Lightning injuries: prognostic signs of death. *Ann Emerg Med*;9:134-139. 1980
  32. Curinga G, Pietramaggion G, Scherer SS, Masellis A, Gherardini G, Brancato R, Conte F. Electrical injuries due to theft copper. *J Burn Care Res.*; 31(2):341-6.2010
  33. Daley BJ. Lesiones eléctricas. 2004. <http://www.emedicine.com>
  34. Davidson CC, Orr DJ. An unusual exit point from an electrocution injury. *Burns*; 36 (5):e676-7. 2010
  35. Dawes D; Ho J; Miner J. The neuroendocrine effects of the TASER X26: A brief report. *Forensic Sci Int.*;183:14-9. 2009
  36. Di Maio V J M; Dana E. S. Electrocuación. En: Diaz de Santos Ed. *Manual de Patología Forense*. Madrid. 2003. pp 202-16.
  37. Fatovich DM. Electric shock in pregnancy. *J Emer. Med*; 11:175-77.1993
  38. Feeney C; Vu J; Ani C. Acute agitated delirious state associated with Taser exposure. *J Natl Med Assoc.*; 102(12).1254-7. 2010
  39. Fiorentino JA, Sheehan G, Roig Ros G, Hualer FD, Neira P. Lesiones ocasionadas por electricidad. Buenos Aires. Argentina.2002.[Electricidad/paideianet.com.ar\\_electricidad.htm](http://Electricidad/paideianet.com.ar_electricidad.htm)
  40. Garcia Gutierrez JJ, Melendez J, Torrero, JV, Obregón O, Uceda M, Gabilondo FJ. Lighting injuries in a pregnant woman: a case report and review of the literatura. *Burns* ; (31):1045-49. 2005
  41. Gordon I: *Forensic Medicine. A guide to principles*. 3º ed. Editorial Churchill Livingstone. London. 1988.
  42. Gupta A, Kaliaperumal S, Sengupta S, Babu R. Bilateral cataract following lightning injury. *Eur J Ophthalmol*; 16(4):624-26. 2006
  43. Gupta BD, Singh OG, Mehta RA. Death comes through eyes. A rare case of electrocution. *Am. J Forensic Med. Pathol*; 30, N°3: 301-2.2009
  44. Guzzini F, Baroffio R, Cazzaniga C. Infarto miocardico da elettrocuzione. *Minerva Cardioangiol*; 42:553-57. 1994
  45. Hashemi H; Jabbarvand M; Mohammadpour M. Bilateral electric cataracts: clinicopathologic report. *J Cataract Refract Surg*; 34(8): 1409-12. . 2008
  46. Helou BN, Carlson RW. Electrical and lightning injuries. In: Carlson RW, Geheb M, eds. *Principles and Practice of Medical Intensive Care*. Philadelphia: WB Saunders.1993; p1645.
  47. Herrera FA, Hassanein AH, Potenza B, Dobke M, Angle N. Bilateral upper extremity vascular injury as a result of a high-voltage electrical burn. *Ann Vasc Surg.*; 24(6):825 e1-5.2010
  48. Ho JD;Dawes DM;Heegaard WG; Miner JR. Human research review of the TASER electronic control device. *Conf Proc IEEE Eng Med Biol Soc*; 3181-3. 2009
  49. Hugo PJ. Biological effects of high voltage electric field. *South Afr Med J*; 14:169-75. 1993
  50. Hynh W; Lam A; Vucic S; Cheah BC; Clouston P; Kiernan MC. Corticospinal tract dysfunction and development of amyotrophic lateral sclerosis following electrical injury. *Muscle Nerve*; 42(2):288-92. . 2010
  51. Hyung-Joo Kim, Sang Hoon Choi, Tae Seup Shin, Jeung

- Soo Kang, Nak Gyeu Choi. Erectile Dysfunction in Patients with Electrical Injury. *Urology.*; 70(6): 1200-203. 2007
52. Jaffe RH. Electropathology: a review of the pathologic changes produced by electric currents. *Arch Pathol.*; 5:839-869. 1928
53. Jakubeniene M, Zakaras A, Minkuviene ZN, Benoshys A. Application of atomic absorption spectroscopy for detection of multimetal traces in low-voltage electrical marks. *Forensic Sci Int.* 10;161(1):36-40. 2006 Epub 2005 Nov 28.
54. James TN, Riddick L, Embry JH. Cardiac abnormalities demonstrated post-mortem four cases of accidental electrocution and their potential significance relative to nonfatal electrical injuries of the heart. *Am Heart J.*; 120:143-15. 1990
55. Kanjwal K, Karabin B, Kanjwal Y, Grubb BP. Postural orthostatic tachycardia syndrome: a rare complication following electrical injury. *Pacing Clin Electrophysiol.*; 33(7): 59-61. 2010
56. Karger B, Suggeler O, Brinkmann B. Electrocution-autopsy with emphasis on "electrical petechiae". *Forensic Sci Int.*; 23.126:210-3. 2002
57. Krompecher T, Bergerioux C. Experimental evaluation of rigor mortis. VII. Effect of ante and post-mortem electrocution on the evolution of rigor mortis. *Forensic Sci Int.*; 38(1-2):27-35. 1988
58. Kuwabara T; Fukushima T; Makino K; Kondo H. Epileptic seizure, cataract, and tongue atrophy during the 8 years after electrical brain injury. *Intern Med.*; 48 (13):1179-82. 2009
59. Lee RC et al: Role of cell membrane rupture in the pathogenesis of electrical trauma, *J Surg Res* 44:709,1988
60. Luo BT; Zhao YHG; Chen XY; Jiang HG. Pathology of accidental electrocution: an autopsy study of 16 cases. *Zhonghua Bing Li Xue Za Zhi.*; 38(6):380-3. 2009
61. Mankani MH, Abramov GS, Boddie A, Lee RC. Detection of peripheral nerve injury in electrical shock patients. *Ann N Y Acad Sci*; 720:206-12. 1994
62. Martínez García, Francisco. Análisis de mortalidad por accidentes (parte 1). *Gerencia de Riesgos y Seguros. Fundación MAPFRE* 26; Nº104:36-47. 2009
63. Nguyen BH, Mac Kay M, Bailey B, Klassen TP. Epidemiology of electrical and lightning related deaths and injuries among Canadian children and youth. *Inj Prev.*; Apr; 10(2):122-124. 2004
64. Nikolic S, Mihailovic Z, Micic J. Suicide by electrocution-2 case reports. *Srp Arh Celok Lek.*; 132(1-2):38-40. 2004
65. Niether LS, Morgan RF, Bryant CA, et al. Oral cavity electrical burns. *Curr Concepts Trauma Care*; Spring:11-17. 1984
66. Ochoa Guzman A; Chiquete E; Navarro Bonnet J; Gutierrez Plasencia P; Zúñiga Ramirez C; Ruiz Sandoval JL. Reactivación de herpes zoster por electrocución. *Rev Neurol*; 52(2):125-6. 2011
67. O'Keefe GM; Zane DR. Lightning injuries. *Emerg Med Clin N Am.*; 22: 369-403. 2004
68. Orak M, Ustündağ M, Güloğlu C, Gökhan S, Alyan O. [Relation between serum Pro-Brain natriuretic peptide, myoglobin, CK levels and morbidity and mortality in high voltage electrical injuries.](#) *Intern Med.* 2010;49(22):2439-43. Epub 2010 .
69. Palomo Rando J.L., Ramos Medina V, Santos Amaya I.M. Muerte en privación de libertad (MPL). *Cuadernos de Medicina Forense*; nº35:37-50. 2004
70. Patten BM. Lightning and electrical injuries. *Neurol Clin*; 10:1047-51. 1992
71. Pérez Molina I, Velázquez Pérez JM, Mondéjar Marín B, Navarro Muñoz S, Pedrosa Guerrero A, Alvarez Tejerina A. Secuelas neurológicas tras electrocución. Presentación de un caso y revisión de la bibliografía. *Rev Neurol.*; 43(10):610-2. 2006
72. Pfeiffer H, Du Chesne A, Brinkmann B. An unusual case of homicidal near drowning followed by electrocution. *Int J Legal Med.*; 120(1):36-41. 2006.
73. Protocolo de Estambul: Manual para la investigación y documentación eficaz de la tortura y otros daños o penas crueles, inhumanas o degradantes. Alto Comisionado de las Naciones Unidas para los Derechos Humanos .pg 67. 2005
74. Quinn R, Ruby S. Compartment syndrome after elective revascularization for chronic ischemia. A case report and review of the literature. *Arch Surg* 1992;127:865-870
75. Real Decreto 614/2001, de 8 de junio, sobre disposiciones mínimas para la protección de la salud y seguridad de los trabajadores frente al riesgo eléctrico. BOE nº148, 21 de junio de 2001
76. Schein RM, Kett DH, De marchena EJ et al. Pulmonary

- edema associated with electrical injury. *Chest* 97:1248-51. 1990
77. Shott JC, Davis GJ, Hunsaker JC 3<sup>rd</sup>. Accidental electrocution during autoeroticism: a shocking case. *Am J Forensic Med Pathol.*; 24 (1):92-95. 2003
78. Somogy E, Tedeschi CG. Injury by electrical force. En: Tedeschi CG, Eckert WG, Tedeschi LG, (eds.) *Forensic Medicine*. Philadelphia. WB Saunders Co.:645-76. 1977
79. Theodorou P; Limmroth V; Perbix W; Gerbershagen M; Knam F; Spilker G. Guillain-Barrés syndrome after lightning strike. *Burns*; 34(5):722-6. 2008
80. Stecker MM; Patterson T; Netherton B L.Mechanisms of electrode induced injury. Part 1:Theory. *Am J Electroneurodiagnostic Technol.* 46(4):315-42.2006
81. Tőro K; Pollak S.Complex suicide versus complicated suicide. *Forensic Sci Int*; 184(1-3):6-9. . 2009
82. Tomcsányi J, Bózsik B, Hrisula A. Electric shock and Brugada syndrome. *Am J Emerg Med.*; 28(4):540. 7-8. 2010
83. Tung L, Tovar O, Neunlist M, et al. Effects of strong electrical shock on cardiac muscle tissue. *Ann N Y Acad Sci* 1994; 720:160-175
84. Vilke G.M, Sloane C., Levine S., Neuman T., Castillo E., Chan T.C.:Twelve-lead electrocardiogram monitoring of subjects before and after voluntary exposure to the Taser X26. *American Journal of Emergency medicine*; 26:1-4. 2008
85. Vilke G.M, Sloane C, Bouton KD, Kolkhorst FW, Levine SD, Neuman TS, Castillo EM, Chan TC. Physiological effects of a conducted electrical weapon on human subjects. *Annals of Emergency Medicine.*; Vol 50 n°5:569-574. 2007
86. [Wang Y](#), [Liu M](#), [Cheng WB](#), [Li F](#), [Liao Z](#), Endothelial cell membrane perforation of aorta and pulmonary artery in the electrocution victims. [Forensic Sci Int](#) ;178(2-3):204-6. 2008 Jul.
87. Wright RK. Electrical injuries.2005. [www.emedicine.com](http://www.emedicine.com)
88. Winslow JE, Bozeman WP, Fortner MC, Alson RL. Thoracic Compression Fractures as a Result of Shock From a Conducted Energy Weapon: A Case Report.; *Annals of Emergency Medicine*. Vol.50, n°5 :584-586. 2007
89. Yeroshalmi F, Sidoti EJ, Adamo AK, Lieberman BL, Badner VM. Oral electrical burns in children- a model of multidisciplinary care. *J Burn Care Res.*; 32(2):25-30. 2011
90. You JS; Chung SP. Intracerebral hemorrhage following electrical head injury. *J Trauma*; 67(3):E72-4. 2009