

**VALORACIÓN MÉDICO LEGAL DE LESIONES Y MUERTE POR FULGURACIÓN**

Navarro Escayola, E

Médico forense

Laboratorio del Instituto de Medicina Legal de Alicante, España

Correspondencia: enavarro@infomed.es

**RESUMEN**

La fulguración es una de las causas de muerte más frecuentes por fenómenos naturales. En el presente trabajo se hace una revisión de los hallazgos más frecuentes en los casos de lesiones y muerte por fulguración así como su valoración médico forense.

**Palabras clave:** fulguración; quemaduras eléctricas; patología forense.

**ABSTRACT**

Lightning strike is one of the most frequent causes of death due to natural phenomena. In the present paper we review the most common findings in cases of injury and death by lightning strike and also forensic evaluation.

**Key words:** Lightning strike; Forensic Pathology

**INTRODUCCIÓN**

Desde el principio de los tiempos el hombre ha estado a merced de los elementos y ha convertido en deidades todo aquello que escapaba a su comprensión y control. En la antigua Grecia el dios Zeus era el rey de los dioses que supervisaba el universo. Los atributos con los que se representaba incluían el rayo, el águila, el toro y el roble. Era el dios del rayo y el amo de los elementos.

Se denomina fulguración a los efectos biológicos que se producen por acción de la electricidad atmosférica. Fulguración proviene del latín “fulgor”, que significa luz, resplandor.

Las nubes se van cargando de electricidad, por un fenómeno de ionización del aire y de la condensación del vapor de agua. Las nubes son consideradas como cuerpos conductores y pueden llegar a cargarse de grandes cantidades de electricidad, y por tanto, alcanzar potenciales elevadísimos de uno u otro signo. Cuando la diferencia de potencial entre una nube y otra, o entre una nube y la tierra, es suficiente para que, a la distancia que se hallan pueda verificarse

la descarga, saltará un rayo entre la tierra y la nube o entre las nubes entre sí.

Un rayo se puede definir como una descarga eléctrica atmosférica, de alto voltaje, pasajera, cuyo recorrido es del orden de Km. La mayoría de los rayos discurren de una nube a otra y son pocos los que van de una nube a la tierra, siendo estos últimos los responsables de la mayoría de las muertes. Se sabe que la Tierra es golpeada aproximadamente por 100 rayos por segundo, lo que equivale a 8 millones por día<sup>28</sup>.

**EPIDEMIOLOGIA**

La fulguración es responsable de alrededor de 300 lesionados y de unos 100 fallecimientos al año en Norteamérica. Eriksson y Ornehult encuentran en Escandinavia una frecuencia de fallecimientos del 0.2-0.8/1.000.000 habitantes al año. Esa frecuencia aumenta en países mediterráneos 1-2/1.000.000 habitantes y año, debido a la mayor abundancia de tormentas<sup>2</sup>. Existen importantes diferencias regionales, estacionales y temporales en el riesgo de accidentes por fulguración. Norteamérica, por ejemplo, sufre 2.000.000 de rayos al año, procedentes de unas 100.000 tormentas eléctricas y la mayoría de las muertes por fulguración se producen en dos estados situados a lo largo del litoral del golfo de México: Texas y Florida.<sup>14,15</sup> El mayor número de tormentas eléctricas se produce en África, donde algunas regiones sufren más de 50 rayos/km<sup>2</sup> al año. El riesgo de accidentes por fulguración está en función de la densidad de población y también de los medios de protección que se hayan puesto en una determinada área geográfica. En la mayoría de los países el mayor número de accidentes se producen durante los meses de verano y, generalmente se dan en individuos que trabajan al aire libre o participan en actividades recreativas, habiendo sido publicados casos en los que

las víctimas eran ciclistas, motoristas o realizaban actividades acuáticas. También se han descrito accidentes de aviación con consecuencias fatales y numerosas víctimas. Los trabajos más frecuentemente relacionados con estos accidentes son la construcción y la agricultura.<sup>25</sup>

En Norteamérica desde el año 1950 hasta 1990 se ha producido un pequeño descenso en el riesgo de lesiones y muertes por fulguración. La explicación de este hallazgo puede ser por el descenso del número de personas dedicadas a las labores agrícolas y el incremento en la proporción de población residente en núcleos urbanos.<sup>8</sup> La mayoría de las víctimas fueron varones (4,6 veces mayor frecuencia).

En estos últimos años, por el contrario, se ha apreciado en algunas regiones un aumento en el número de accidentes por fulguración en personas que realizaban actividades en el interior de las viviendas, como por ejemplo, hablar por teléfono o ducharse, ya que la corriente se transmite a través de los cables de teléfono y de las tuberías.<sup>1,19</sup>

## FISIOPATOLOGIA

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>6,7,9,30</sup>

- La naturaleza de la corriente: corriente continua (cc), en el caso de electricidad atmosférica
- 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.

### 2.1.1. Naturaleza de la corriente.

La teoría electrónica estableció que la carga de electricidad positiva o negativa de un cuerpo depende del número de protones y electrones que tengan sus átomos, es decir, de su concentración electrónica. De

ese modo, un cuerpo tendrá carga positiva cuando predominen los protones sobre los electrones y tendrá una carga negativa cuando por el contrario, predominen los electrones sobre los protones.

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. 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.

Generan corriente continua los rayos, las baterías de los coches, metro, ferrocarriles y los desfibriladores, entre otros.

La corriente continua de alto voltaje (caso de la fulguración) 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.

### 2.1.2. 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). De ese modo a mayor superficie de contacto menor resistencia

y a medida que va aumentando el tiempo de contacto con la corriente, la resistencia va disminuyendo. También influye en la resistencia la presión de contacto ya que, a mayor presión, mejor es el agarre de la mano al conductor y por lo tanto tendrá menor resistencia a la electrocución. La resistencia de los tejidos humanos es muy variable como se recoge en la tabla 1.

Resistencia Baja.	Resistencia intermedia.	Resistencia alta.
Nervios.	Piel seca.	Tendones.
Sangre.		Grasa.
Mucosas.		Hueso.

La piel es la primera barrera que opone resistencia al paso de la corriente al interior del cuerpo. Gran parte de la energía es disipada por la piel produciendo quemaduras, lo que evita la producción de lesiones profundas más graves. La piel seca y callosa es más resistente que la húmeda y fina. El sudor puede reducir la resistencia de la piel. La inmersión del cuerpo en el agua reduciría la resistencia de forma importante, por lo que pasaría mayor cantidad de corriente a través del cuerpo pudiendo presentarse en estos casos una parada cardíaca sin apreciar quemaduras en la superficie cutánea, como ocurre en los casos de electrocución en la bañera.

Al bajar la resistencia de la piel, una corriente de bajo voltaje puede convertirse en una amenaza para la vida.

Los nervios, los músculos y los vasos sanguíneos son buenos conductores. Por el contrario, los huesos, tendones y la grasa tienen una gran resistencia y tienden a calentarse y coagularse antes que transmitir la corriente. Por tanto, cuando la electricidad llega a la superficie corporal, no sigue el camino más corto, sino aquel en el que ha encontrado menor resistencia, generalmente la sangre, por la que llega al corazón y al encéfalo.

### 2.1.3. 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

Las lesiones por alta tensión tienen un mayor potencial de destrucción tisular y son responsables de lesiones severas con amputaciones y pérdidas tisulares.

### 2.1.4. 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)

### 2.1.5. 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.

### 2.1.6. 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 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>4</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.

La lesión de las estructuras internas suele ser irregular, con áreas de apariencia normal junto a tejidos quemados y lesiones en estructuras aparentemente distantes de las zonas de contacto.

Si la corriente pasa a través del corazón o del tórax puede causar arritmias y/o lesión directa miocárdica ocasionando la muerte en un 60% de los casos.

Si la corriente pasa a través del cerebro puede producir un paro respiratorio, lesión directa cerebral y parálisis. Si pasa a través de los ojos puede producir cataratas.

### MECANISMO DE LESIÓN

El tipo de corriente responsable de las lesiones por fulguración es la corriente continua, mientras que muchos de los accidentes por electrocución son producidos por la corriente alterna. La intensidad de dicha corriente continua es mucho mayor que en la electrocución y la duración de la exposición es mucho más corta, aproximadamente de 10-100ms. Esta corriente produce una tremenda liberación de calor.

En la siguiente tabla se puede apreciar la diferencia entre las lesiones por electrocución y por fulguración en función a determinados factores como (tensión, intensidad de la corriente, duración, tipo de corriente, trayecto y trauma producido).

Factor	Electricidad	Rayo
Voltaje	110-70.000	30-200 millones
Intensidad	<1000	200.000
Duración	prolongada	instantánea
Tipo Corriente	Continua o alterna	continua
Trayecto	Interna	Externa
Trauma	contractura	explosión

Tabla adaptada, con el permiso de Cooper MA Lightning injuries. In: Awerbach PS, editor. Wilderness medicine. 4th edition. St Louis (MO): Mosby, 2001 p94

Se han implicado cinco mecanismos de contacto en las lesiones producidas por rayo<sup>25</sup>:

#### **Golpe directo.**

Producido por la acción directa del rayo sobre la superficie corporal. Si incide sobre la cabeza hace que la corriente fluya a través de orificios como ojos, oídos y boca, al interior del cuerpo, lo que explicaría los innumerables síntomas oculares y de oído que presentan los sujetos alcanzados por el rayo. En esta situación se genera una intensidad de corriente del orden de millones de amperios.

#### **Contacto.**

Las lesiones por contacto se puede producir cuando el sujeto está tocando un objeto por el que discurre la corriente del rayo.

#### **Flash por cercanía.**

Esta lesión ocurre cuando la corriente salta de su trayecto a otra persona cercana tomándola como trayecto. En estos casos, el rayo incide contra un objeto que generalmente se encuentra en las proximidades, por ejemplo, un árbol, desde donde genera un arco voltaico hasta el sujeto. El arco puede producir la ignición de las ropas y quemaduras térmicas secundarias.

#### **Corriente por tierra.**

Se presenta como resultado de la propagación radial de la corriente a través de la tierra. Una persona que tenga un pie más cerca que el otro del punto de impacto tiene una diferencia de potencial entre los pies,

así que la corriente puede ser inducida a las piernas y el cuerpo.

En ciertas circunstancias, un individuo puede ser herido durante una tormenta en el interior de una edificación. Puede ocurrir en la ducha o en el baño (la corriente se transmite a través de las tuberías), o mientras usa el teléfono (la corriente se transmite a través de los cables)

### **Onda explosiva**

Los mecanismos de lesión producidos por el rayo son similares a los descritos en la electrocución, aunque aquí, dada la enorme intensidad y tensión de la corriente producida, las lesiones mecánicas serán mucho más intensas por la expansión explosiva del aire al producirse el rayo, lo que ocasionará importantes efectos mecánicos sobre las cavidades orgánicas y su contenido visceral, semejantes a los producidos por el síndrome de onda explosiva o blast injury.

La electroporación, también conocida como electropermeabilización, a la que ya habíamos hecho referencia al hablar de la electrocución<sup>31</sup>, afecta fundamentalmente a músculo esquelético y células nerviosas, que son especialmente sensibles por su tamaño. Algunos autores sugieren que la presencia de secuelas tardías neurológicas debidas a la acción del rayo puede ser debidas a los efectos de la electroporación<sup>25</sup>.

### **LESIONES POR ELECTRICIDAD ATMOSFÉRICA**

Las lesiones producidas por la fulguración son muy variadas, y muchas ya fueron descritas al hablar de las lesiones por electrocución<sup>31</sup>. Las más características las dividiremos en lesiones externas e internas. Las lesiones externas siguiendo la descripción de Royo-Villanova son las siguientes<sup>3,22,23</sup>

#### **Lesiones externas**

*Politraumatismos:* Producidos por los efectos mecánicos del rayo, bien por su acción directa sobre el organismo o al ser lanzada la víctima a cierta distancia. En estos casos se producen grandes heridas contusas, arrancamientos de miembros, fracturas, etc.

*Heridas y contusiones:* Se denominan lesiones electromecánicas. Este grupo de lesiones se localiza en los puntos de entrada y salida de la descarga en el organismo. Estas lesiones pueden ser heridas contusas con quemaduras a su alrededor que pueden confundirse con heridas por arma de fuego, o pueden producirse heridas incisas, punzantes o inciso-punzantes.

*Quemaduras:* Pueden ser más o menos extensas y de profundidad variable. En cuanto a su grado, raramente son flictenas, consistiendo en general en eritemas y escaras. Estas quemaduras, al igual que las producidas por electricidad industrial, son indoloras y evolucionan favorablemente. Las más profundas se encuentran en los sitios de entrada y salida de la corriente ( cabeza, hombros, pie, etc). Pueden existir quemaduras en forma de arco por impacto directo o por contacto secundario La morfología de estas quemaduras puede ser:

*Lineal:* con localización preferente en áreas donde se concentra el sudor, como pecho y brazos, y son generalmente pequeñas (1-4 cm de diámetro) .

*Puntiformes:* suelen ser pequeñas, múltiples y circulares, semejantes a las producidas por cigarros. Un ejemplo de este tipo de quemaduras son las que se localizan en la punta de los dedos y en las plantas de los pies

*Arborizaciones de Lichtenberg* o marcas keraunográficas (del griego keraunos, que significa rayo): Constituyen un signo patognomónico de la fulguración. Se trata de una lesión figurada, que se describe como una marca roja, dendrítica, ramificada, similar a un helecho, que se encuentra en la piel de algunas víctimas<sup>17,20,26</sup>. Hay muchas teorías que intentan explicar el origen de esta lesión, incluso tratando de reproducirlas experimentalmente. Aunque el origen de este fenómeno aún está sujeto a debate, estas figuras arborescentes parecen ser el resultado del daño sufrido en los pequeños capilares bajo la piel por el flujo de la corriente eléctrica tras la descarga o por el impacto de la onda de choque del fognazo sobre la

piel. La marca suele aparecer alrededor de 1 hora después de la descarga y desaparece gradualmente en las 24 horas siguientes. Resnik y Wetli<sup>24</sup>, realizaron el estudio histopatológico de esta lesión apreciándose tan sólo una extravasación focal de hematíes en tejido subcutáneo, no observando lesiones a nivel de epidermis o dermis. La congestión de los vasos subcutáneos puede explicar la coloración marrón y en ocasiones eritematosa de las lesiones, pero su rápida resolución es un misterio.



Arborización de Lichtenberg

*Erupciones:* Se han descrito casos de urticaria tras fulguración

*Alteraciones en los pelos:* Las quemaduras pueden ser tan intensas que volatilicen los pelos. Están descritas formas de depilación extravagante con desapariciones irregulares de vello.



Lesiones en pelo producidas por fulguración.

Imágenes cedidas por los Dres E.Pérez Pujol y V.

Alvarez Domínguez del IAF de Cartagena

*Metalizaciones:* Tienen lugar por la penetración cutánea de finas partículas metálicas que contactan con

la piel al fundirse por efecto del rayo, como brazaletes, cruces, anillos, etc<sup>13</sup>.

### Lesiones internas

Son similares a las producidas por electrocución y, al igual que en ésta, son lesiones inespecíficas produciendo congestión visceral y lesiones cerebrales importantes cuando la corriente atraviesa la cabeza. Los accidentes por fulguración se han asociado con la liberación masiva de catecolaminas por un mecanismo desconocido, que se manifiesta por hipertensión, taquicardia, cambios electrocardiográficos no específicos y necrosis miocárdica con bandas de contracción<sup>18</sup>.

Los efectos neurológicos por fulguración han sido clasificados por Cherington en cuatro grupos<sup>5</sup>:

**1) Lesiones inmediatas y transitorias:** Son muy comunes e incluyen la disminución de la conciencia (75%), confusión, amnesia, cefalea, parestesias (80%), debilidad (80%) y keraunoparálisis. La keraunoparálisis o parálisis de Charcot es un desorden neurológico específico de las víctimas de electricidad que consiste en una parálisis transitoria que afecta predominantemente a extremidades inferiores y tiene una duración de varias horas. Las extremidades aparecen frías, cianóticas, sudorosas, con disminución de la sensibilidad. Se piensa que dicha parálisis es el resultado de la intensa liberación de catecolaminas que se acompaña de espasmo vascular.

**2) Lesiones inmediatas y prolongadas/permanentes:** incluye la neuropatía isquémica hipóxica, hemorragia intracraneal, infarto cerebral y síndromes cerebelosos. Las lesiones en sistema nervioso periférico no son comunes, en contraste con los accidentes por electricidad de alto voltaje.

**3) Síndromes neurológicos retardados:** Incluye enfermedades de la motoneurona y alteraciones de movimiento<sup>27</sup>

**4) Traumatismos o Blast:** Incluye hematomas subdurales y epidurales y hemorragias subaracnoideas.

También se han descrito fracturas y lesiones medulares cervicales.

Se debe añadir a estos cuatro grupos los problemas neuropsicológicos tardíos asociados a estos accidentes por fulguración, como la fatiga, carencia de energía, dificultades en la concentración y para asimilar nueva información, irritabilidad, labilidad emocional, alteraciones del sueño y alteraciones en la personalidad.

También son frecuentes los trastornos por estrés postraumáticos que ocurren en aproximadamente un 30% de los pacientes. Los estudios psicométricos realizados han revelado la presencia de anomalías en la memoria, atención y tiempo de reacción visual. Algunos de estos pacientes cumplen los criterios de depresión.

Asimismo, la acción directa del rayo sobre la cabeza hace que la corriente fluya a través de orificios como ojos, oídos y boca, al interior del cuerpo, siendo responsable de ruptura timpánica y lesiones en la cadena de huesecillos del oído medio y de cataratas<sup>12</sup>.

Considerando la enorme presión generada por el choque de la corriente atmosférica no es de extrañar que frecuentemente se presenten rupturas timpánicas. Se han descrito casos de transmisión de la electricidad atmosférica a través del cable del teléfono. El empleo del teléfono cuando se produce el accidente generará una onda de choque de unos 150-160 db que causará una ruptura timpánica generalmente unilateral. En Australia, unos 60 pacientes al año sufren lesiones por fulguración mientras usan el teléfono, según una publicación de 1989. La ruptura de la membrana timpánica está presente en un 50% de los supervivientes por lesiones por electricidad<sup>19</sup>.

Las cataratas constituyen una de las secuelas frecuentes tras una descarga eléctrica atmosférica y tienen unas características especiales como señalaba Oudot: aparecen tempranamente (entre el 8° y 11° día), predominan en el polo posterior, ganando luego las capas anteriores del cristalino, siendo su evolución muy lenta. Las cataratas producidas por la electricidad

industrial, por el contrario, tienen una aparición tardía (tres semanas y 19 meses después) y su localización es esencialmente subcapsular anterior<sup>11,25</sup>. Otras lesiones oftalmológicas descritas son la presencia de lesiones corneales, uveítis, iridociclitis, hemorragia de vítreo, atrofia óptica, desprendimiento de retina y corioretinitis.

Se han descrito la presencia de dolor crónico que puede ser causado por lesiones en nervios o en el sistema nervioso simpático, entre otras causas. Son frecuentes las cefaleas persistentes varios meses más tarde del accidente. También se han observado síndromes dolorosos por distrofia simpático refleja. La intensa destrucción muscular que se puede producir en la fulguración puede ocasionar una liberación masiva de mioglobina y un fallo renal agudo por obstrucción tubular<sup>21</sup>

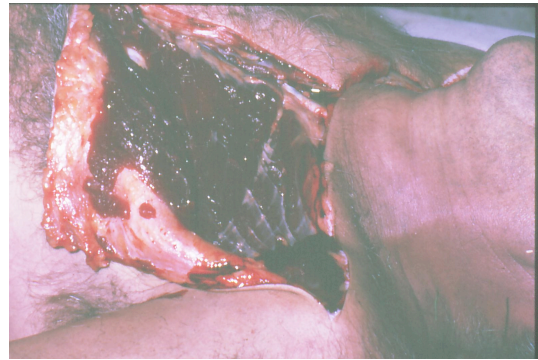
Tras episodios de fulguración se han producido alteraciones endocrinas y disfunción sexual, como amenorrea, menopausia precoz, impotencia y disminución de la libido.

En el caso de mujeres embarazadas que han sufrido fulguración, el daño fetal es impredecible. En un estudio realizado de 11 casos de embarazos, 5 de ellos llegaron a término sin presencia de anomalías en el recién nacido, 3 de ellos nacieron vivos pero se produjo la muerte neonatal, y en el resto de los casos se produjo la muerte intraútero<sup>6,10</sup>

El paso de corriente continua a través del cuerpo, puede ocasionar una situación de asistolia momentánea, con rápida recuperación. Sin embargo, la parada respiratoria causada por la parálisis del centro respiratorio medular, suele ser más prolongada. Los cambios electrocardiográficos más frecuentemente encontrados son la prolongación del intervalo QT16

También se han descrito alteraciones hematológicas como la coagulación intravascular diseminada.

El resto de las secuelas ya han sido descritas al abordar las producidas por electricidad industrial<sup>31</sup>.



Lesiones internas producidas por fulguración. Imágenes cedidas por los Dres E.Pérez Pujol y V. Alvarez Domínguez del IAF de Cartagena.

#### **MECANISMO DE MUERTE**

Los efectos de la electricidad atmosférica son superponibles a los que se han descrito para la electricidad industrial, aunque la enorme intensidad de la electricidad atmosférica puede producir efectos mucho más graves. La muerte puede producirse por inhibición directa de los centros nerviosos, con parálisis respiratoria y asfixia. En otras ocasiones predominan los efectos cardiacos con fibrilación ventricular.

Aproximadamente un tercio de las fulguraciones son mortales y entre los supervivientes existe un 76% de riesgo de secuelas a largo plazo. Las descargas directas son las que generan mayor mortalidad.

La muerte por fulguración se produce fundamentalmente por dos mecanismos. Efectos mecánicos y efectos electroespecíficos

De entre los efectos mecánicos destacan los debidos a la onda explosiva generada al producirse el rayo, que daría lugar a lesiones viscerales semejantes a



las ocasionadas por el síndrome de onda explosiva o blast injury.

También pueden aparecer lesiones indirectas producidas por:

el lanzamiento a distancia de la víctima,

precipitaciones de altura,

derrumbamientos con subsiguiente aplastamiento,

incendios.

### **PROBLEMAS MÉDICO FORENSES EN LA FULGURACIÓN**

En ocasiones plantea dificultades establecer el diagnóstico de muerte por fulguración, ya que el accidente se ha podido producir en un paraje aislado y el cadáver se descubre tiempo después. En la mayoría de las ocasiones el rayo producirá daños en las ropas (grandes desgarros, agujeros chamuscados, estallidos de zapatos...) y, en muchos casos, la ropa es literalmente arrancada o rasgada, por la onda explosiva del rayo, quedando el cuerpo desnudo.

En ocasiones en la piel aparecen heridas contusas, con quemaduras y chamuscamiento de los pelos que pueden confundirse con heridas por arma de fuego. La escena puede producir la falsa impresión de una violación o de una agresión, si no se reconoce rápidamente la verdadera naturaleza de la situación.

Es por ello, que el perito debe examinar de forma cuidadosa tanto el lugar de los hechos, las ropas de la víctima y las lesiones externas e internas con la realización de la autopsia judicial<sup>3</sup>.



Efecto producido sobre la ropa. Imágenes cedidas por los Dres E.Pérez Pujol y V. Alvarez Domínguez del IML de Cartagena

### **En la inspección del lugar de los hechos:**

A veces quedan huellas características de la energía térmica que ha liberado el rayo. Así, en terrenos arenosos se encuentran señales de vitrificación, en los árboles, chamuscamientos, desgajamiento de ramas.

Un efecto característico del rayo es la imantación de los objetos metálicos. Se debe buscar en los edificios señales del paso del rayo (incendios, muros destrozados, etc.).

Siempre se debe comprobar si tuvo lugar o no una tormenta en el lugar donde se encontró el cadáver, coincidiendo con la data de la muerte. Se deben encontrar signos de descarga atmosférica en un radio de 50 m alrededor del cuerpo.

### **Examen de la ropa del cadáver:**

Los efectos explosivos debidos a la expansión del aire provocan desgarros por estallido de la ropa, por lo que la víctima puede aparecer total o parcialmente desnuda. Por otra parte, los vestidos pueden presentar huellas de quemaduras, unas veces situadas en los puntos de entrada y salida de la descarga, y otras a nivel de elementos metálicos, como hebillas o cremalleras, que pueden aparecer fundidos y deformados.

### **Autopsia**

Algunos autores han estudiado que algunos fenómenos cadavéricos pueden resultar influenciados por la fulguración. Al igual que ocurre con la electricidad industrial, la rigidez cadavérica suele ser precoz, produciéndose a veces un espasmo cadavérico generalizado.<sup>13</sup>

En el examen externo, en ocasiones podemos encontrar fracturas, heridas contusas e incluso amputaciones de miembros producidos por los efectos mecánicos del rayo.

En los puntos de entrada y salida de la descarga podemos encontrar las llamadas lesiones electromecánicas, que pueden ser heridas incisivas, punzantes, inciso-punzantes o contusas con quemaduras a su alrededor. Estas últimas pueden

confundirse con las lesiones producidas por heridas por arma de fuego.

Se pueden encontrar quemaduras más o menos extensas y de profundidad variable, consistiendo en general en eritemas y escaras. Las más profundas se encuentran en los sitios de entrada y salida de la corriente (cabeza, hombros, pies, etc). Estas quemaduras pueden adoptar forma lineal y de pequeño tamaño en aquellas zonas donde se concentra el sudor (pecho, brazos). En ocasiones son pequeñas, múltiples y circulares, semejantes a las producidas por los cigarrillos, localizadas principalmente en la punta de los dedos y en las plantas de los pies.

Se deben buscar las arborizaciones de Lichtenberg, o lesión figurada, que se describe como una marca roja, dendrítica y ramificada, similar a un helecho y que constituye un signo patognomónico de la fulguración. También se pueden encontrar metalizaciones, al fundirse por efecto del rayo, brazaletes, cruces, anillos, etc. Sin embargo, en ocasiones estas lesiones son indistinguibles de las producidas por electricidad industrial, e incluso otros agentes térmicos<sup>17</sup>.

En el examen interno, las lesiones son semejantes a las producidas por electrocución y, al igual que ésta muchas veces no demuestra más que lesiones inespecíficas de congestión.

La enorme energía liberada por el rayo en ocasiones producirá sobre el organismo un efecto explosivo con lesiones tipo blast que puede incluir hematomas subdurales y epidurales, hemorragias subaracnoideas; lesiones medulares; estallidos y desgarros viscerales, etc.

## BIBLIOGRAFÍA

1. Andrews CJ, Darveniza M. Telephone-mediated lightning injury: an Australian survey. *J Trauma*; 29(5):655-671. 1989
2. Browne BJ, Gaasch WR. Electrical injuries and lightning. *Emerg Med Clin North Am*; 10:211-229. 1992
3. 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.

4. Chandra NC, Siu CO, Munster AM: Clinical predictors of myocardial damage alter high voltaje electrical injury. *Crit Care med*; 18; 293-297. 1990
5. Cherington M. Neurologic manifestations of lightning strikes. *Neurology*;60(2):182-185. 2003
6. Cooper MA, Andrews CJ: Lightning injuries: In: Auerbach P, editor: *Wilderness medicine: management of wilderness and environmental emergencies*, ed.3, St Louis, Mosby. 1995
7. Cooper MA. Lightning injuries: prognostic signs of death. *Ann Emerg Med*;9:134-139. 1980
8. Curran EB, Holle RL, Lopez RE. Lightning casualties and damages in the United States from 1959 to 1994. *J Climate*; 13:3448-64. 2000
9. 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)
10. Garcia Gutierrez JJ, Melendez J, Torrero, JV, Obregón O, Uceda M, Gabilondo FJ. Lightning injuries in a pregnant woman: a case report and review of the literatura. *Burns* ; (31):1045-49. 2005
11. Gupta A, Kaliaperumal S, Sengupta S, Babu R. Bilateral cataract folloewing lightning injury. *Eur J Ophthalmol*; 16(4):624-26. 2006
12. 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
13. 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.
14. Holle RL, Lopez RE, Curran EB. Distributions of lightning caused casualties and damages since 1959 in the United States. Presented at the 11th conference on applied climatology, American Meteorological Society, January 1999. Available at <http://www.uic.edu/labs/lightninginjury/holle30yrs.html>
15. Holle RL, Lopez RL, Navarro BC. U.S. lightning deaths, injuries, and damages in the 1890s compared to the 1990s (NOAA Technical Memorandum OAR NSSL-106) Norman, OK: National Severe Storms

Laboratory, April 2001. Available at <http://www.nssl.noaa.gov/papers/techmemos/NSSL-106>

16. McIntyre WF; Simpson CS; Redfearn DP; Abdollah H; Baranchuk A. The lightning heart: a case report and brief review of the cardiovascular complications of lightning injury. *Indian Pacing Electrophysiol J*; 10(9):429-34. 2010

17. Mahajan AL, Rajan R, Regan PJ. Lichtenberg figures: cutaneous manifestation of phone electrocution from lightning. *Journal of Plastic, Reconstructive et Aesthetic Surgery*; 61:111-13. 2008

18. Marcinkowski T, Pankowski M. Significance of skin metallization in the diagnosis of electrocution. *Forensic Sci Int.*; 16(1):1-6. 1980

19. Martin Mardomingo MA, Perez Fernandez JL, Gonzalez Gonzalez F, Garcia Norniella B. Lightning strike through the telephone wire. *An Pediatr*; 61:85-6. 2004

20. Mahajan AL; Rajan R; Regan PJ. Lichtenberg figures: cutaneous manifestation of phone electrocution from lightning. *J Plast Reconstr Aesthet Surg*; 61(1):111-3. 2008

21. Okafor UV. Lightning injuries and acute renal failure: a review. *Ren Fail*; 27(2):129-134. 2005

22. O'Keefe GM; Zane DR. Lightning injuries. *Emerg Med Clin N Am.*; 22: 369-403. 2004

23. Patten BM. Lightning and electrical injuries. *Neurol Clin*; 10:1047-51. 1992

24. Resnik BI, Wetli CV. Lichtenberg figures. *Am J Forensic Med Pathol*; 17(2):99-102. 1996

25. Ritenour AE, Morton MJ, McManus JG, Barillo DJ, Cancio LC. Lightning injury: A review. *Burns*; 34: 585-94. 2008

26. Stoneridge engineering's rare Lichtenberg figures. (URL) <HTTP://205.243.100.155/frames/lichtenbergs.html>

27. Theodorou P; Limmroth V; Perbix W; Gerbershagen M; Knam F; Spilker G. Guillain-Barrés syndrome after lightning strike. *Burns*; 34(5):722-6. 2008

28. Tribble CG; Persing JA, Morgan RF.: Lightning injuries. *Compr Ther.*; 11(2):32-40. 1985

29. Wankhede AG; Agrawal VR; Sariya DR. An injury subjacent to lac ornament in a case of lightning. *Forensic Sci Int*; 195 (1-3):e9-12. 2010

30. Wright RK. Electrical injuries. 2005. [www.emedicine.com](http://www.emedicine.com)

31. Navarro Escayola, E. Lesiones y muerte por electrocución. *Gac. int. cienc. forense.* nº 4, julio-septiembre, 2012, pp 10-31