

CHOQUE ELÉCTRICO

Antonio Paolasso
Médico

Se denomina *choque eléctrico* a los trastornos que acontecen en el cuerpo humano cuando se expone al paso de una fuerza eléctrica natural (rayo) o artificial (corriente eléctrica) y que afectan especialmente a los tejidos musculares, vasculares y nervioso, sobre todo al sistema nervioso central. El choque se produce cuando el contacto físico del cuerpo con un circuito eléctrico energizado, proporciona una vía para que la electricidad atravesase el cuerpo al hacer tierra.

Los factores de una corriente eléctrica que influyen en la producción de un choque son:

1. La fuerza eléctrica o voltaje: a mayor voltaje mayor choque
2. Intensidad de la corriente o amperaje: a mayor amperaje mayor choque
3. Tipo de corriente: alterna o directa. La alterna es más peligrosa que la directa porque produce tetanización muscular y sudación y quemaduras más que electrólisis de los tejidos. En cambio en la directa predomina la electrólisis sobre los otros efectos.

Otros factores que pueden modular un choque eléctrico son:

1. La conductividad del organismo: es afectada por la humedad de la piel y la humedad existente en las superficies de contacto (piso, paredes, artefactos, etc.). A mayor humedad mayor conductividad
2. Duración del contacto con la fuente eléctrica o la superficie electrizada: a mayor contacto mayor choque.
3. Vía de la corriente a través del organismo
4. Resistencia tisular: está en relación directa con el contenido de agua de los tejidos: el sistema vascular y los músculos son buenos conductores de la electricidad, mientras que los huesos, los nervios periféricos y la piel seca, presentan mayor resistencia (malos conductores) al paso de la electricidad.

Mecanismo fisiopatológico de lesiones por choque eléctrico

En el choque suele haber exposición brusca a una energía eléctrica intensa y por esto en el choque suele haber destrucción tisular y necrosis por el calor y la quemadura, despolarización de los tejidos eléctricamente sensibles como los nervios, el corazón y el sistema nervioso central. Fuerzas superiores como ocurre en descargas de más de 10.000 voltios, es tal la magnitud de la fuerza eléctrica que arroja (despide) al accidentado lejos de la fuente de poder, lo que en ocasiones permite reducir el potencial de lesión lo que ayuda a mayores posibilidades de una supervivencia. (LaDou - MEDICINA LABORAL (11): 147-148, 1993) Para que produzcan lesiones en piel, es necesario que esas corrientes o fuerzas eléctricas atraviesen el cuerpo y salgan, lo que ocurre cuando el accidentado está en contacto con el conductor eléctrico o electrizado y, a su vez, con una descarga a tierra. El recorrido de la corriente en el organismo no está sujeto a reglas fijas y a su paso causa distintas lesiones (Kaplán - MEDICINA DEL TRABAJO: 165, 1976). En cuanto a los mecanismos de lesión (fisiopatología), los estudios modernos con corrientes eléctricas aplicadas a células vivas demuestran que la corriente aplicada establece gradientes dentro de la célula, que facilitan la movilización y la distribución desigual de moléculas y, de hecho, hay una polarización que ocurre naturalmente gracias a las diferentes bombas de iones situadas en la membrana plasmática (DEVELOPMENTAL BIOLOGY (146): 198-213, 1991) (SCIENTIFIC AMERICAN (265): 72-81, 1991) (MEDICAL MAG, Vol.2, N° 11, 1991).

En consecuencia las descargas eléctricas dañan al S. N. C. por tres mecanismos:

1. Poder estimulante: actúan sobre las estructuras excitables (neuronas en centros nerviosos)
2. Poder calorígeno: produce edema, inflamación y necrosis del cerebro
3. Cambios electrolíticos: que llevan a trastornos metabólicos y de membrana celular de las neuronas como consecuencia mediata o a coágulos, trombosis y necrosis en forma inmediata.

Por estos mecanismos, las corrientes de alta frecuencia que no matan y dejan como sobreviviente al lesionado, producen diversos efectos según la intensidad de la electricidad,

forma de paso de la corriente por los tejidos y tiempo de duración del choque. Según la penetración o paso de la corriente por los tejidos, ésta puede ser directa o indirecta. El paso directo de la corriente eléctrica por el tallo cerebral produce destrozos del tejido cerebral y efectos por los tres mecanismos descritos, mientras que el paso indirecto también afecta al S.N.C. por los tres mecanismos, pero provocan distintos grados de lesión, que no destrozan a los órganos, pero producen desde edema a necrosis cerebral. Las corrientes de alta tensión (más de 6.000 voltios) y de alto amperaje (más de 30 amperes), son las más peligrosas para el S. N. C. La agresión térmica por poder calorígeno (efecto calor) produce el edema cerebral, el cual es similar al producido por la concusión cerebral en el traumatismo encéfalo craneano (TEC). Por esto describiremos las microlesiones halladas en el edema del TEC, por ser similares a las del edema por choque eléctrico. La lesión anatomopatológica son lesiones microscópicas por cromatólisis, disrupción de axones del área lesionada, fenómenos isquémicos o hipóxicos que desencadenan infartos locales microscópicos, micro hemorragias y disturbios en la actividad normal de neurotransmisores. Estas microlesiones, sólo detectables por biopsia cerebral (método cruento e invasivo que provocaría mayores lesiones que el accidente) se manifiestan con complicaciones tardías como cefaleas, trastornos de memoria, cambios de la personalidad, confusión o lentitud y, en casos más graves, demencia y síndromes convulsivos. (**Aminoff** - DIAGNOSTICO CLÍNICO Y TRATAMIENTO, 21ª edición de **Krupp-Chatton y col.**(17):622, 1986) (**Farreras-Rozman** - MEDICINA INTERNA (12): 1445, 1995).

Efectivamente en la clínica de los sobrevivientes de los choques eléctricos se han encontrado esos cuadros descritos e igualmente, las interrupciones de las funciones nerviosas poschoque suelen no tener correlato de lesiones anatómicas del S.N.C. Tanto en las víctimas supervivientes a los rayos como a los de los accidentes por corriente eléctrica, los trastornos del S.N.C. pueden clasificarse en:

- inmediatos: en la conciencia hay efectos narcóticos, pérdida de conocimiento y en la memoria (amnesia retrógrada) y físicamente suelen presentarse convulsiones;
- mediatos: son más complejos y diversos y pueden ser efectos psiquiátricos (bloques nerviosos, obnubilaciones transitorias de la conciencia con estado vigil, similar a las auras y las ausencias [estado epileptoide sin alteración de ECG]; trastornos de memoria por defectos de concentración, evocación o amnesia retrógrada; cambios de la personalidad por pérdida de la afectividad o signos de irritabilidad o agresividad; temblores o trastornos convulsivos o epilepsias postraumáticas con episodios convulsos, alteraciones del ECG y trastornos de conciencia como auras y ausencias propiamente dichas); lesiones de pares craneanos o de órganos de los sentidos que afectan principalmente a vista y oído (conjuntivitis postraumáticas crónicas que no ceden con la medicación, cataratas postraumáticas) (**Kaplan**, op. cit.) (**LaDou**, op. cit.) (**Farreras-Rozman** MEDICINA INTERNA, tomo I: 995, 1976) (**Cecil-Loeb** TRATADO DE MEDICINA INTERNA, tomo I: 86-87, 1976) (**Stacy y col.** PRINCIPIOS DE BIOFÍSICA Y FÍSICA MÉDICA: 478-480,1958) (**Tierney y col.** DIAGNÓSTICO CLÍNICO Y TRATAMIENTO 32ª edic. (37): 1.401, 1997). Estas lesiones pueden ser transitorias o permanentes. Se manifiestan después de muchos meses de latencia y duran meses o años en su evolución, siendo en algunos casos “*per vitam*” y suelen ser progresivas y muy invalidantes (**Kaplan**, **Farreras-Rozman**, **Cecil-Loeb**, **Stacy** op. citados)

Estado epileptoides

Los *estados epileptoides* (llamados así porque no son epilepsia propiamente dicha sino que toman algunas formas clínicas de la epilepsia pero no tiene traducción electroencefalográfica o la tienen en condiciones mínimas, como la aparición de algunas ondas delta) suelen ser manifestaciones aparentemente banales como cefaleas, mareos o ligeras obnubilaciones (dijimos similares a las ausencias), “representan un peligro colectivo” si los afectados son empleados en actividades que puedan ocasionar accidentes, como ser la conducción de vehículos o los trabajos con electricidad (**Kaplan**, op. cit. (24):249). Es necesario distinguir el estado epileptoide (episodios paroxismales no-epilépticos) que produce el choque eléctrico (similares a los encontrados en algunos casos de encefalitis), de los episodios psicogénicos no epilépticos, los cuales son clínicamente iguales entre sí, pero las causas son distintas. En el choque eléctrico las ausencias y/o convulsiones se deben a las lesiones poschoque del SNC mientras que los episodios psicogénicos se deben a trastornos psicológicos (exagerados, malinterpretación, inadecuación para enfrentar situaciones, psicóticos y trastorno de conversión) (**Resor, Stanley R., Jr; Kutt, Henn** – EPISODIOS PSICOGÉNICOS NO EPILÉPTICOS capítulo extractado del libro *El Tratamiento Médico De La Epilepsia*, editado por Marcel Dekker, Nueva York, EE.UU., 1995) Según folleto de la Powertronics, la tensión de la red aérea de los trolebuses oscila entre 400 a 700 Vcc., con un valor promedio de 600 Vcc. Es decir, que los conductores de trolebuses, además de la exposición a motores eléctricos (los que pueden estar trabajando con corrientes

eléctricas de 220 Vcc o más), están expuestos indirectamente a la alta tensión de la red de distribución y directamente a la contaminación de los motores eléctricos, descritas por los diferentes investigadores de la contaminación electromagnética (EM) en los trabajadores con equipos electromagnéticos.

Lesiones cardiovasculares

La importancia de una lesión eléctrica depende de la cantidad de corriente y la duración del flujo de ésta en el organismo. Los rayos producen una corriente muy intensa, pero durante un período de tiempo muy breve. (Algo similar ocurre con las corrientes de alta tensión que pueden afectar por accidente de cortes de cables o a los operarios que trabajan en estas líneas). Así pues muchas de las descargas producidas por rayos (o fuentes de alta tensión) no llegan a penetrar en el cuerpo, pero dejan quemaduras cutáneas significativas. Cuando un rayo (o descarga de alta tensión) llega al corazón, suele causar asistolia. La corriente eléctrica doméstica, a pesar de que el contacto con los polos se produzca antes de la reducción del voltaje a niveles existentes en los hogares, tiene una intensidad muy inferior a los rayos. Sin embargo, los accidentes que se producen con esta corriente implican a menudo una exposición más prolongada, y por lo tanto, una mayor probabilidad de que la corriente llegue al corazón. La corriente doméstica suele causar una fibrilación auricular o ventricular que se traduce por arritmia cardíaca (**Chandra-Siu-Munster** - CRIT. CARE MED. 1990, 18:293-297).

Según la intensidad y duración de la exposición del miocardio a la corriente, puede inducir una necrosis miocárdica o un infarto claro de grosor completo. Ello puede dar lugar a arritmias después de finalizado el contacto con la electricidad (**Cunningham** - MIL. MED. 1991, 156:254-255)

La exposición prolongada a la corriente alterna doméstica puede causar una considerable producción de calor que puede provocar también lesiones del corazón. Por último, muchos pacientes que tienen contacto con la corriente sufren heridas causadas por las caídas asociadas. Otro factor que determina la lesión cardíaca es el tipo de corriente. La corriente directa es mucho menos peligrosa que la alterna. A su vez, la corriente alterna de alto voltaje con una gran cantidad de ciclos por segundo (hertz, Hz) puede ser menos grave que un voltaje bajo con pocos ciclos por segundo. Así, con corrientes alternas de 25 a 300 Hz., los bajos voltajes (menos de 220 Hz) suelen producir fibrilación ventricular y los altos voltajes (más de 1000 Hz.) insuficiencia respiratoria. Los voltajes intermedios (de 200 a 1000 Hz) producen ambas. Por acuerdo general, más de 100 mA de corriente doméstica (AC) de 110 volts a 60 Hz es peligrosa porque puede causar fibrilación ventricular. Asimismo, es más probable que el contacto con la corriente DC cause asistolia. Las lesiones por rayos difieren de las lesiones por choque eléctrico de alto voltaje, en que las primeras implican voltajes más altos pero una duración de contacto más breve por lo que suelen producir asistolia en vez de fibrilación ventricular, daño al sistema nervioso central y afección patológica multisistémica. El riesgo de daño cardíaco es mayor cuando la corriente del electrochoque sigue una vía transtorácica (mano-mano o mano-pie) (**Tierney Jr. y cols.** – DIAGNÓSTICO CLÍNICO Y TRATAMIENTO: 1499-1500, 35ª. Edición, Editorial Manual Moderno, México 2000)

El paro cardiorrespiratorio es relativamente común en personas que han recibido descargas de alto voltaje. Se puede producir por fibrilación ventricular, por asistolia, o bien es secundario a paro respiratorio. Inmediatamente después o durante las horas posteriores al accidente o durante las horas posteriores al accidente pueden aparecer arritmias cardíacas. Los efectos sobre el miocardio incluyen trastornos de la conducción y del ritmo y necrosis miocárdica. Ésta puede corresponder a lesión tisular directa o a accidente coronario agudo. (**Farreras-Rozman** – MEDICINA INTERNA: 3045, 14ª edición, Vol. 2, Editorial Harcourt, Madrid, 2000)

Se emprendió un estudio prospectivo para determinar la incidencia de posibles daños del miocardio consecutivos a una lesión eléctrica. Dieciséis pacientes con injurias por choque eléctrico se evaluaron utilizando electrocardiogramas seriados consecutivos a las lesiones eléctricas, determinaciones de la creatinquinasa (CK) y de la isoenzima MB-CK, escaneo con pirofosfato de tecnecio 99m y monitoreo con Holter de 24 horas. Los resultados mostraron que cinco pacientes (31%) tienen ECG anormal, nueve pacientes (56%) tenían elevaciones de la isoenzima MB-CK y un paciente tenía anormalidades transitorias en el Holter. Ningún paciente tenía anormal el escaneo con pirofosfato de tecnecio. De los nueve pacientes con elevación de los niveles de MB-CK, sólo dos tenían ECG anormal. Ninguno de los pacientes tenía evidencia clínica de disfunción cardíaca. Estos resultados indican una correlación pobre de la elevación de los niveles de MB-CK con ECG anormales y demuestran una relativamente baja incidencia de daño del miocardio en asociación con lesiones eléctricas. (**Housinger T. A. y cols** – J. Trauma

1986 jul; 26 (7):659) (este estudio realizado en EE.UU. se ha hecho sobre la base de casos sometidos a corrientes alternas de 110 voltios, menores que los usados en otros países como Argentina que es de 220 voltios y con las características de baja seguridad en las instalaciones lo que da una exposición mucho más prolongada. Un detalle de este trabajo es que no indica voltajes ni los tiempos de exposición. En EE.UU. hay mayor sistema de seguridad en las instalaciones que asegura exposiciones menores y debido a esta situación y el bajo voltaje relativo, pueden inducirse resultados como los observados en este estudio.)

Durante los años 1980-1990, 49 pacientes (38 hombres y 11 mujeres) fueron tratados en este Departamento por diferentes lesiones eléctricas. La edad del promedio era 27 años (2-78 años). Treinta y nueve casos habían sufrido accidentes por bajo voltaje (menos que 1000 voltios) y diez casos habían sufrido accidentes por alto voltaje (más de 1000 voltios). Como resultado se ha informado la incidencia y tipo de paro cardíaco, pérdida de conciencia en la escena del accidente, mioglobinuria, fasciotomías agudas, intervenciones quirúrgicas, amputaciones, complicaciones cardiovasculares. El hallazgo más importante era que no se observaron anomalías cardíacas con los pacientes que clínicamente presentaron paro cardíaco primario. A pesar de este hallazgo, a 18 de los pacientes se le trajeron inicialmente a este departamento médico para un monitoreo electrocardiográfico. Esto podría retardar claramente una intervención quirúrgica, aunque no pareció afectar las consecuencias finales (con algunas reservaciones). Se concluyó que sólo en los casos de ECGs anormales se debe indicar el monitoreo electrocardiográfico. Por otra parte una lesión eléctrica es materia quirúrgica. (**Partoft S. y cols. MONITOREO CARDÍACO EN LESIONES POR ELECTRICIDAD** (Hospital Hvidore) Ugesdr Laeger 1997 Dec 1: 159 (49): 7316 – 8 Related Articles, Books)¹ La electricidad y los rayos pueden causar lesión de varias maneras, y algunas de estas lesiones pueden quedar ocultas a un médico confiado hasta que es demasiado tarde. Se debe aplicar la resurrección en forma rápida y prolongada lo que es necesario y de un beneficio probado. Se debe prestarle particular atención al paciente que sufre lesión por voltaje alto, y no se deben excluir quemaduras electrotérmicas profundas con daño en órganos vitales. Con cierta frecuencia se ven secuelas tardías por lo que tales pacientes requieren cuidado apropiado (**Jain S., Bandl V.** (Department of Pulmonary and Critical Care Medicine, Ben Taud General Hospital, Baylor College of Medicine, Houston, Texas, USA) Crit Care Clin. 1999 Apr; 15 (2):319-31 Related Articles, Books, LinkOut)

Lesiones por rayos

El *estudio Cooper*² describe que un rayo genera una temperatura de hasta 27.000° C pero como actúa sólo unos milisegundos, su contacto con la piel humana no produce quemaduras intensas. Sólo una tercera parte de las víctimas presentan quemaduras importantes. Pero el paso de la corriente por el cuerpo genera un calor intenso que puede afectar, según los casos concretos estudiados, las lesiones siguientes:

1. pérdida de amalgamas dentales
2. ruptura de tímpanos
3. problemas de visión (dificultad de enfoque, nistagmus) que pueden llegar hasta la ceguera total
4. discapacidad mental en grados diferentes
5. daño nervioso a diferentes niveles del sistema nervioso central y periférico
6. crisis epilépticas o convulsivas
7. lesiones cardíacas que pueden llegar hasta el paro cardíaco
8. trastornos sensitivos y motores: lentitud de movimientos, hipersensibilidad a la luz (fotofobia), cefaleas graves
9. trastornos psíquicos y mentales: alteraciones de la memoria, ausencias, confusión mental, fobia a las tormentas eléctricas, especialmente a las que producen relámpagos
10. fenómenos del campo electromagnético personal

Los fenómenos del campo electromagnético personal son relatados por algunos afectados como que se despierta con una crisis eufórica (como si fuera una pila con máximo voltaje) y cuando

¹ este estudio, igual que el Housinger realizado en EE.UU., se ha hecho sobre la base de casos sometidos a corrientes alternas de 110 voltios, menores que los usados en otros países como Argentina que es de 220 voltios y con las características de baja seguridad en las instalaciones lo que da una exposición mucho más prolongada. También este trabajo no indica voltaje ni los tiempos de exposición. En EE.UU. y Europa hay mayor sistema de seguridad en las instalaciones eléctricas que asegura exposiciones menores y debido a esta situación y el bajo voltaje relativo, pueden inducirse resultados como los observados en este estudio

² Realizado por la Dra. **Mary Ann Cooper**, investigadora de la Universidad de Illinois, Chicago, 2005

tocan alguna cosa, un animal o una persona sienten como descargas palpitantes y fuertes. La manipulación del control remoto de la televisión (o la simple toma del mismo sin tocar sus botones) hacía que hubiese cambios rápidos de canales, los que se realizan a alta velocidad como si hubiese un disloque en la selección de los mismos. Al usar una computadora, al tocar el teclado empezaba a funcionar en forma sumamente lenta como si estuviera bloqueada. El uso de relojes a pilas trastoca la batería que realiza descargas anormales y altera la marcha de agujas y el marcado de la hora. El uso de controles de portones eléctricos estropea el mecanismo de los mismos.