



Complicaciones del sistema nervioso central y medular secundarias a quemadura eléctrica

Central and spinal nervous system complications secondary to electrical burn

Marco Antonio Garnica Escamilla,* Rebeca Galia Jimeno Papova,* Herlinda Sánchez Pérez,* Juan Antonio Madinaveitia Villanueva,* Luis Alberto Rangel Rivera,† Julieta Garnica Escamilla§

RESUMEN

Las quemaduras por electricidad son una presentación no tan frecuente que pueden condicionar complicaciones neurológicas tanto en el sistema nervioso central como en el periférico y subsecuentemente algún grado de discapacidad neurológica hasta de 50% de acuerdo a la literatura, teniendo en cuenta que este tipo de lesiones no siempre se presentan de manera aislada y pueden estar asociadas a lesiones traumáticas, lo que, algunas veces, dificulta el diagnóstico. La siguiente revisión bibliográfica se presenta junto con un caso clínico con complicaciones neurológicas secundarias a la lesión por electricidad y traumática. El objetivo dar a conocer las implicaciones clínicas, métodos diagnósticos y alternativas terapéuticas.

Palabras clave: quemadura eléctrica, quemadura, complicaciones neurológicas.

ABSTRACT

Electrical burns are a not so frequent presentation that can cause neurological complications in both the central and peripheral nervous systems and subsequently some degree of neurological disability of up to 50% according to the literature, taking into account that this type of injury They do not always present in isolation and may be associated with traumatic injuries, sometimes making diagnosis difficult. The following bibliographical review is presented together with a clinical case with neurological complications secondary to electrical and traumatic injury. With the objective of making known the clinical implications, diagnostic methods and therapeutic alternatives.

Keywords: electric burn, burn, neurological complications.

INTRODUCCIÓN

La quemadura eléctrica es producida por el paso de corriente eléctrica a través del organismo, distribuida de acuerdo a la resistencia de los tejidos, y es directamente proporcional el máximo calor a la máxima resistencia, por ende, es mayor en el hueso que en otros tejidos, lo que genera afección a distintos niveles del sistema nervioso, por lo que el daño de las quemaduras eléctricas se produce de dentro hacia fuera (efecto Iceberg).¹

La mayoría de los accidentes que implican electricidad son laborales, ocurren en la edad productiva y en el género masculino. En el domicilio, es más frecuente que ocurran los accidentes infantiles con lesiones periorales, mientras que en los adultos las lesiones suelen producirse por manipulación de aparatos electrodomésticos.¹⁻⁴

La gravedad de las complicaciones depende de varios factores:

1. El voltaje de contacto: bajo voltaje (< 1,000 voltios) o alto voltaje (> 1,000 voltios)
2. El tipo de corriente: directa o alterna
3. Duración del flujo de corriente
4. Trayectoria a través del cuerpo
5. Humedad del entorno
6. Lesiones cortantes adicionales por el arco eléctrico a medida que pasa de la fuente a un objeto
7. Lesión térmica adicional por la ignición de la ropa o alrededores.^{1,2,5,6}

La tasa de mortalidad es variable oscila entre 2 y 30%; está influenciada por la gravedad de la lesión, así como del acceso a los centros especializados de quemados.¹

La siguiente revisión bibliográfica se presenta junto con un caso clínico con complicaciones neurológicas secundarias a la lesión por electricidad y traumática. Tiene como objetivo dar a conocer las implicaciones clínicas, métodos diagnósticos y alternativas terapéuticas.

CASO CLÍNICO

Hombre de 37 años con diagnóstico de quemadura eléctrica + fulguración de 17.7% superficie corporal quemada (SCQ) (*Figura 1*). Presentó politraumatismo secundario a caída de cinco metros de altura con pérdida del estado de alerta y amnesia postraumática al ser proyectado por arco voltaico. Al ingreso con evaluación neurológica, Glasgow de 15 puntos, con disminución de fuerza en ambos miembros superiores 3/5 escala de Daniels bilateral, sensibilidad superficial y profunda conservada; como protocolo de estudio de paciente politraumatizado se solicitaron estudio se imagen: tomografía simple columna y resonancia magnética (*Figura 2*) con evidencia de fractura en C6 tipo A0, T5, T9, T11 tipo A1, fractura A4 de L5, herniación discal C6 y C7. Como complicaciones asociadas, cursó con lesión renal aguda por rabdomiólisis sin requerir tratamiento sustitutivo de la función renal.

Con base en lo anterior, se integran diagnósticos: quemadura por corriente eléctrica con fulguración 17%

* Instituto Nacional de Rehabilitación «Luis Guillermo Ibarra Ibarra» (INR-LGI). Ciudad de México, México.

† Instituto de Seguridad y Servicios Sociales de los Trabajadores del Estado (ISSSTE). Hospital General «Dra. Columba Rivera Osorio». Pachuca, Hidalgo, México.

§ Secretaría de Salud. Ciudad de México, México.

Recibido: 01/06/2023. Aceptado: 02/02/2024.

Citar como: Garnica EMA, Jimeno PRG, Sánchez PH, Madinaveitia VJA, Rangel RLA, Garnica EJ. Complicaciones del sistema nervioso central y medular secundarias a quemadura eléctrica. Med Crit. 2025;39(1):47-53. <https://dx.doi.org/10.35366/121120>

www.medigraphic.com/medicinacritica

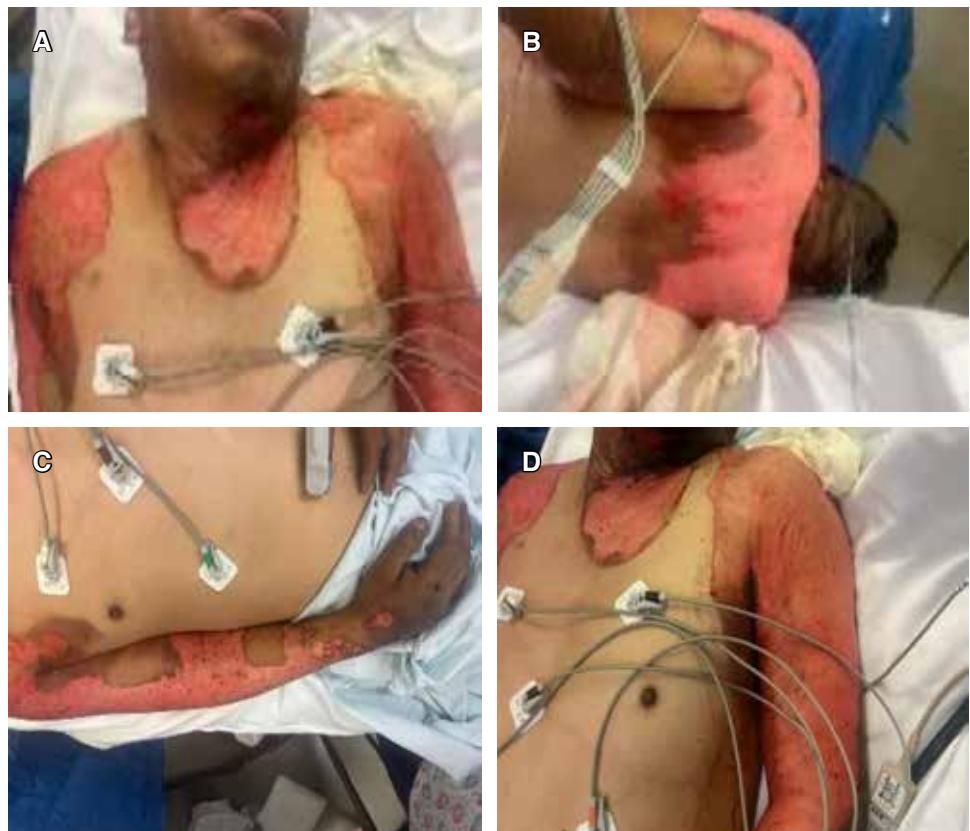


Figura 1:

A) Quemaduras mixtas de segundo y tercero grado en cuello. **B)** quemaduras mixtas de segundo grado superficial y profundo en dorso. **C)** Quemaduras mixtas de segundo grado superficial y profundo en brazo derecho. **D)** Quemaduras mixtas de segundo grado superficial y profundo en brazo izquierdo.

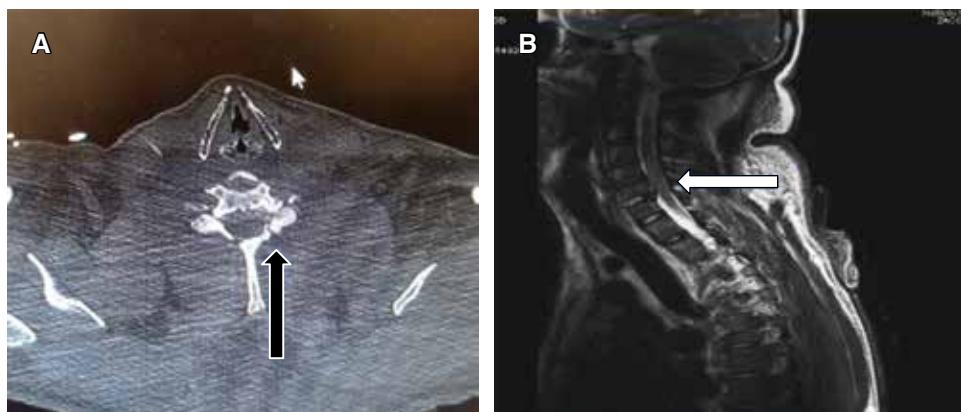


Figura 2:

A) Se observa fractura de arco posterior tipo A0 de C6 (flecha negra). **B)** Se observa hernia discal traumática C6 y C7 migración cefálica (flecha blanca).

superficie corporal quemada, lesión medular AIS D nivel neurológico no determinable, fractura tipo A0 de C6, fractura tipo A1 de T5, T9, T11, fractura tipo A4 de L5.

bles complicaciones neurológicas asociadas a lesiones por electricidad, ya que los vasos y nervios poseen menores niveles de resistencia.^{1,4,5}

FISIOPATOLOGÍA

La vía de menor resistencia determina el camino de la corriente eléctrica a través del cuerpo humano, la corriente busca una fuente de salida. Debido a que los tejidos en el cuerpo tienen diferentes niveles de resistencia y la corriente eléctrica se propaga a través de la menor resistencia, ésta puede ser la razón de las posi-

COMPLICACIONES NEUROLÓGICAS

Las complicaciones debidas a quemadura por electricidad pueden aparecer de forma inmediata o tardía (días o años); de éstas, aproximadamente 50% son por bajo voltaje y presentan cierto grado de síntomas neurológicos, en comparación con 67% de las lesiones por alto voltaje.^{1,5,6}

Los sobrevivientes por quemadura eléctrica pueden presentar déficit neurológico que puede afectar su calidad de vida y su capacidad para trabajar, además de los efectos neurológicos, cognitivos, secuelas psicológicas posteriores a la lesión que pueden pasar desapercibidos y empeorar con el tiempo.^{1,4,5}

Después de la quemadura eléctrica pueden ocurrir cambios en el sistema nervioso central y periférico; dentro de los cambios tempranos que se observan a nivel central se encuentran la perdida de neuronas, cromatólisis y neuronofagia debidas a infiltración de neutrófilos y macrófagos que cruzan la barrera hematoencefálica.²

Teorías sobre los mecanismos de lesión neurológica (Figura 3)

1. Inflamación a nivel del endotelio vascular y espasmo debido a la descarga eléctrica que genera isquemia del tejido.
2. Separación del tejido debido a formación de poros en las membranas debido al pulso eléctrico.
3. Alteración de proteínas y ácido desoxirribonucleico, así como de los lípidos que se encuentran en la membrana de las células neuronales, lo que produce radicales libres de oxígeno y desmielinización.
4. Hipótesis neurohumoral: circulación de sustancias que actúan a distancia, entre ellas el cortisol, actúa como hiperestimulador de los receptores de glutamato que a su vez aumenta la liberación de radicales libres a la circulación.¹⁻⁴

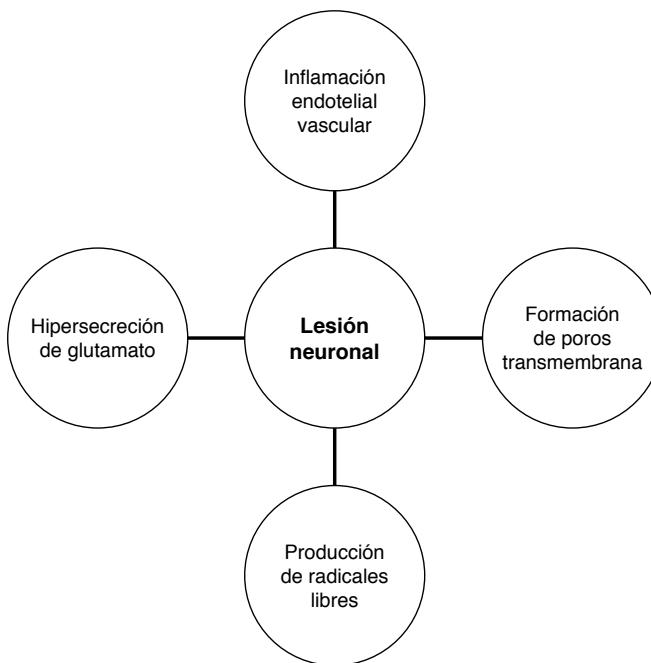


Figura 3: Mecanismos de lesión neuronal.

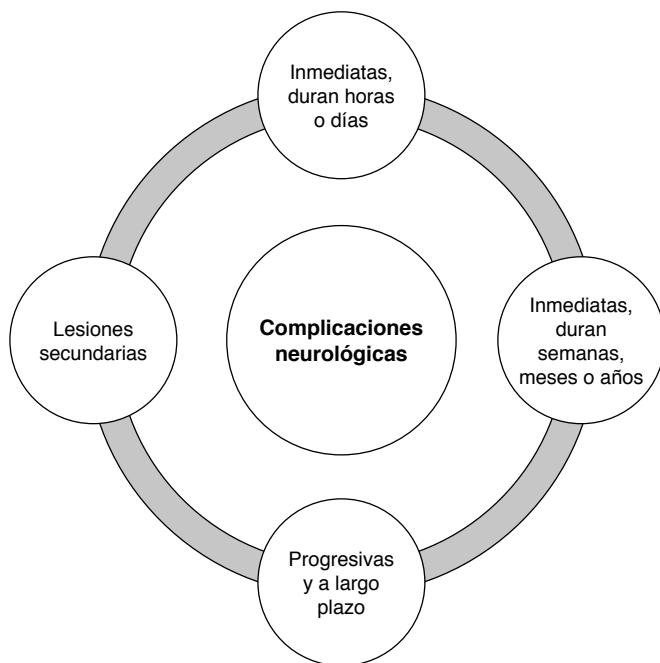


Figura 4: Complicaciones neurológicas.

Las complicaciones neurológicas pueden dividirse en cuatro categorías dependiendo del inicio de los síntomas (Figura 4)

1. Síntomas que aparecen inmediatamente posterior a la lesión y pueden durar horas o días.
2. Síntomas que aparecen inmediatamente después de la lesión y duran algunas semanas, meses, años o son permanentes.
3. Síntomas ausentes al momento de la lesión, pero que pueden ser severos y aparecer de forma progresiva a lo largo del tiempo.
4. Efectos producidos directamente por la lesión eléctrica que pueden desencadenar lesiones secundarias.^{1,4-6}

Complicaciones a nivel del sistema nervioso central (Figura 5)

Mielopatía: puede ocurrir a cualquier nivel de la médula espinal posterior a quemadura por electricidad de alto voltaje o por un rayo; generalmente se presenta de forma inmediata, su incidencia es de 2 a 5% de los casos. Se consideran cambios en la electropormeabilización, desnaturalización de membranas celulares y lesión tisular secundaria al efecto Joule. El patrón típico está caracterizado por hipotonía entre el día 2 al 10, posterior a la lesión, seguido de parálisis ascendente, la cual puede generar paraplejia o cuadriplejia. La lesión por rayo o descarga eléctrica puede generar fracturas debido a caídas además de la desmielinización, que pueden empeorar la lesión inicial.

Guillain Barré: está desencadenado por la respuesta inflamatoria similar al síndrome de Guillain Barré posterior a un proceso infeccioso; debe considerarse posterior a una lesión por electricidad de alto voltaje si el cuadro clínico y los hallazgos apoyan el diagnóstico.

Lesión cerebral: definida como la alteración de la función cerebral o evidencia de patología a este nivel ocasionada por una fuerza externa. Puede ser causada por efecto directo de la descarga eléctrica o indirecto secundaria a la caída. Dependiendo del mecanismo de la lesión, la lesión cerebral se puede dividir en tres tipos: cerrada, penetrante o explosiva. Lesiones cerebrales moderadas y severas secundarias a quemadura eléctrica se han asociado con estado de coma, paresia, afasia, crisis convulsivas, cefalea, náusea y alteraciones de la memoria; algunos de estos se presentan in-

mediatamente posterior a la lesión mientras que otros persisten por meses o años. Se ha observado también la presencia de contusiones cerebrales, edema y atrofia cerebral, hematoma subdural, hemorragia subaracnoidea, hemorragia intraparenquimatosa y hemorragia intraventricular.

Lesión de pares craneales: afectación específica de pares craneales, incluido el habla y trastornos de la articulación, se ha observado diplopía, midriasis, síndrome de Horner, falla en la acomodación y la generación de cataratas a largo plazo, parálisis facial y parálisis bulbar que conduce posteriormente a disfagia, asociadas a hemorragia talámica. Afección cocleovestibular con tinnitus, hipoacusia y mareo.

Encefalopatía de origen central: encefalopatía hipóxica, debida a la alteración de la función neuronal por perdida o disminución del suministro de oxígeno.

Isquemia: uno de los efectos adversos más graves secundarios a la lesión eléctrica es el vasoespasmo.

Síndrome cerebeloso: es una complicación poco frecuente, secundaria a atrofia cerebelosa posterior a electrocución, se cree que los orificios craneales funcionan como portales de entrada al cuerpo y el acceso al cerebelo. El rayo es la causa más frecuente de infarto cerebeloso.

Edema cerebral: generalmente es secundario a lesiones por alto voltaje, de acuerdo con su evolución puede ser reversible o fatal.

Hidrocefalia: se presenta con síntomas de hipertensión intracranial; en estudios de imagen se observa dilatación ventricular, que generalmente requiere uso de válvula intraventricular.

Trombosis intracerebral venosa: secundaria a lesiones eléctricas de alto voltaje.

Crisis convulsivas: pueden presentarse debido a la descarga eléctrica o como secuela de ésta.

Pérdida del estado de alerta: es la complicación más común posterior a una descarga eléctrica, puede ser secundaria a lesión cerebral, complicaciones cardíacas, disfunción autonómica o epilepsia.

Desórdenes de movimiento:

Parkinson: se han observado movimientos y rigidez extrapiramidales secundarias a lesiones por alto voltaje; así como cambios en imágenes de resonancia magnética a nivel de ganglios basales.

Mioclonías: asociadas a casos de lesiones por alto voltaje como efecto inmediato o síntomas que pueden persistir durante décadas.

Coreoatetosis: asociada a lesiones por alto voltaje, generalmente vinculadas a síndrome extrapiramidal (rigidez, temblor, mioclonías).

Temblor: las lesiones por alto voltaje pueden desencadenar temblor lingual asociado a lesión cerebral, así como distonía en las extremidades.

Complicaciones del SNC

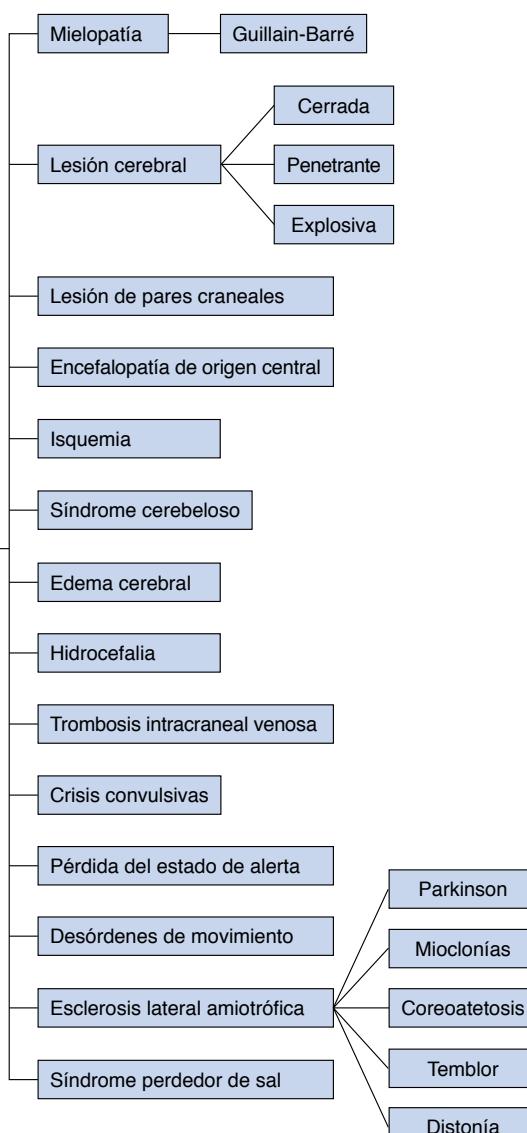


Figura 5: Complicaciones neurológicas del sistema nervioso central (SNC).

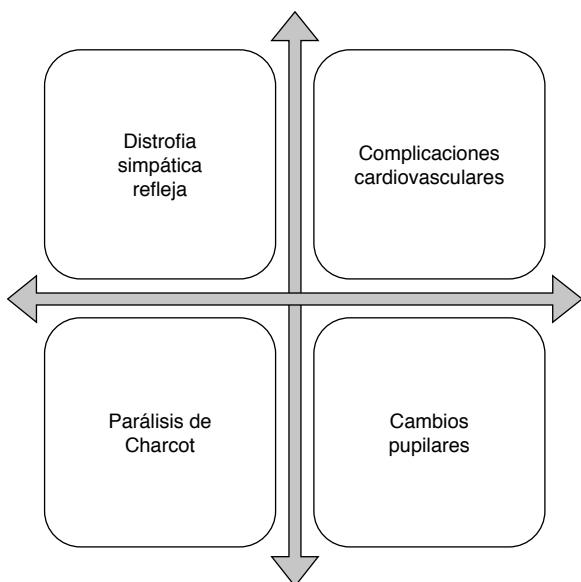


Figura 6: Disfunción del sistema nervioso autónomo.

Distonía: es una complicación poco frecuente, secundaria a afectación central y periférica, generalmente secundarias a bajo voltaje, involucra distintas áreas como la lengua, extremidades superiores, extremidades inferiores y cuello. Las lesiones del sistema nervioso se dan por varios mecanismos entre los cuales se incluyen alteraciones en la transmisión nerviosa la cual es aberrante, hipersensibilidad a la denervación, reorganización de las conexiones simpáticas del canal espinal y reacciones de oxidación.

Esclerosis lateral amiotrófica: secundaria a lesiones eléctricas menores o graves, recurrentes, con pérdida de la función de las vías neuronales en la asta anterior de la medula espinal, puede ser de inicio inmediato o tardío.

Síndrome perdedor de sal: de origen endocrinológico mediado por la influencia neuronal en el hipotálamo y la glándula pituitaria posterior a una lesión eléctrica.^{1,4-9}

Disfunción del sistema nervioso autónomo (Figura 6)

Existen cuatro tipos de lesiones del sistema nervioso autónomo secundarias a rayo o descarga eléctrica como son:

- Síndrome doloroso regional complejo o distrofia simpático refleja:** hiperpatía, alodinia, sudoración, edema y cambios de coloración o temperatura horas a semanas después de la lesión por electricidad de bajo voltaje.
- Complicaciones cardiovasculares autónomas:** secundarias por lo general a lesiones por rayo, entre las que se encuentran hipotensión ortostática severa,

taquicardia postural, disautonomía hiperadrenérgica con persistencia de taquicardia sinusal y episodios de hipertensión, sudoración y agitación.

3. **Keraunoparálisis:** también conocida como parálisis de Charcot, se presenta como parálisis de extremidades generalmente las inferiores, cambios de coloración, palidez, entumecimiento y ausencia de pulsos en extremidades afectadas, desaparece espontáneamente al cabo de horas o días; se debe a la descarga adrenérgica desencadenada por la descarga eléctrica y el intenso vasoespasmo que ocurre a nivel espinal y en arterias periféricas. Puede confundirse con el síndrome compartimental. Puede presentarse como paraplejía o cuadriplejía. Puede manifestarse de distintas formas: flácido, espástico, transitorio, de larga duración, inmediato, retrasado, paraplejía, cuadriplejía, unilateral o bilateral.

4. **Cambios pupilares:** dilatación pupilar secundaria a la descarga de catecolaminas asociada a lesiones por alto voltaje o rayo, se puede presentar anisocoria debido a síndrome de Horner.^{1,2,5,6}

Presentación clínica urológica debido a complicaciones por descarga eléctrica (Figura 7)

Las complicaciones neurológicas debidas a trauma eléctrico son complicaciones directas de lesiones neurológicas o musculares.

Disfunción urinaria: disfunción del músculo detrusor y aumento de la presión, que puede condicionar infecciones de vías urinarias, dilatación del tracto urinario y lesión renal. Lesiones suprapontinas, cervicales o mielopatía torácica secundaria a lesiones eléctricas

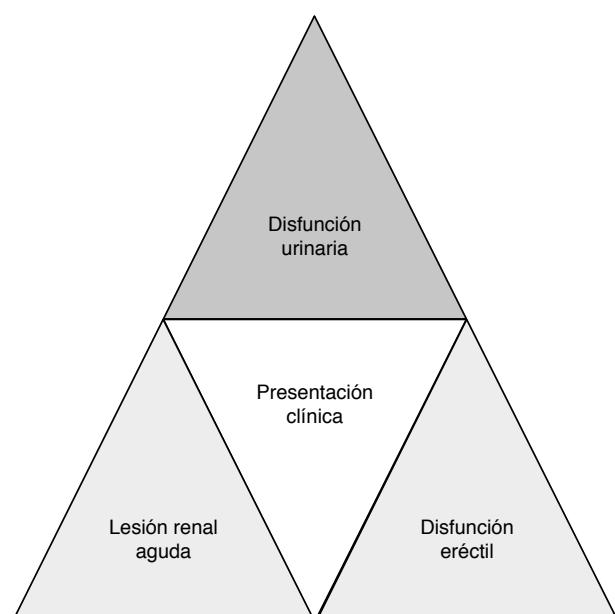


Figura 7: Presentación clínica urológica posterior a descarga eléctrica.

pueden causar este síndrome. Retención urinaria, causada por lesión cerebral o espinal entre el centro pontina de la micción y el centro sacro de la micción en la médula espinal, son las causas más habituales.

Disfunción eréctil: debida a lesiones por alto voltaje, se puede presentar trauma severo de pene o amputación o por lesión de la médula espinal; lesiones completas por encima del nivel torácico 11 puede dar como resultado la ausencia de erecciones psicógenas y la presencia de erecciones reflejas, mientras que las lesiones de la motoneurona inferior que afecta a nivel del sacro 2-4 tienen erecciones psicógenas y no erecciones reflejas. Ruptura de cuerpos cavernosos o disfunción autónoma secundaria a lesión eléctrica directa en el pene.

Lesión renal aguda: complicación debido a lesión muscular y necrosis de éste. Hay aumento de los niveles de creatinina, fosfocinasa, mioglobina, que llevan a rabdomiólisis y lesión renal aguda debido a descarga eléctrica de alto voltaje.¹

Hallazgos histopatológicos (Figura 8)

En estudios de imagen se han observado cambios a nivel de los tejidos que pueden dar origen a un cuadro clínico específico dependiendo del sitio de la lesión:

Hemorragias petequiales: especialmente en el cerebro y medula en la asta anterior, las cuales son más comunes posteriores a descarga eléctrica de corriente alterna, así como desgarros vasculares posterior a la lesión por rayo.

Cromatólisis: especialmente en las células piramidales de núcleos medulares, en las células del asta anterior y células del cerebelo; son cambios irregulares, pero bien delimitados.

Dilatación de espacios perivasculares: sugieren liberación de gas debido a lesiones por electrocución.

Tortuosidad y fragmentación de los axones: ruptura de las vainas de Schwann por infiltración del epineuro en las células endoteliales.

1. Cambios en las fibras musculares.

2. Edema cerebral y medular: asociado a lesiones por descarga eléctrica de alto voltaje, debido a compromiso de la barrera hematoencefálica. Se incrementa la permeabilidad microvascular cerebral, permitiendo que moléculas de gran tamaño como la albúmina, exudados y células inflamatorias se filtre al tejido circundante, lo que genera edema e incremento en la presión intracranal, así como alteraciones en la conducción cerebral.^{1,5,6,8}

ESTUDIOS DIAGNÓSTICOS

Tomografía axial computarizada: estudio de imagen útil para descartar atrofia cerebral, contusiones, hema-

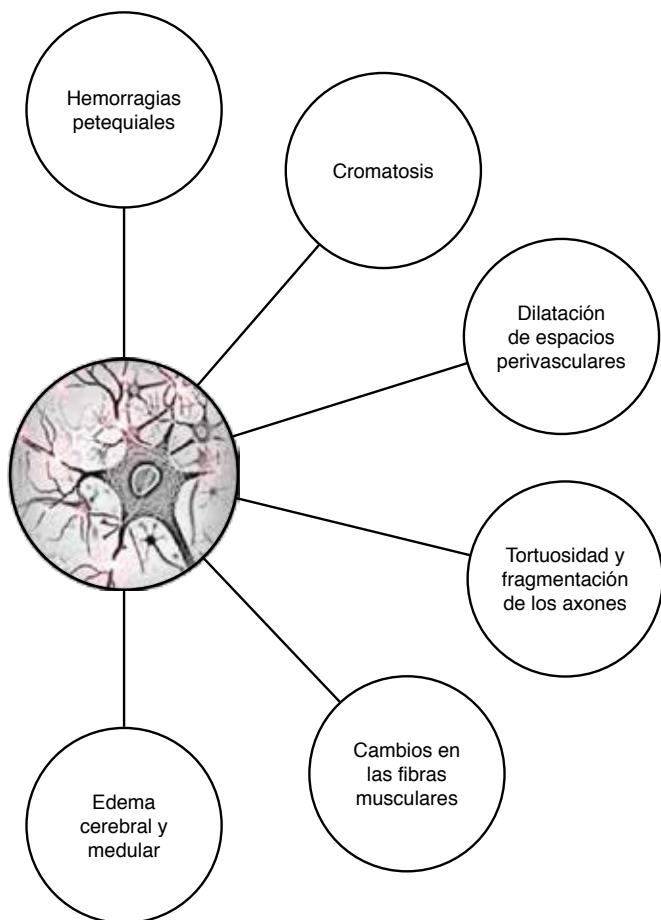


Figura 8: Hallazgos histopatológicos posterior a quemadura eléctrica.

tomas, hemorragias y fracturas secundarios a lesión directa por corriente eléctrica, así como asociados o no a caída como causa secundaria de la descarga.^{1,10,11}

Resonancia magnética: puede mostrar el nivel exacto de la lesión debido a cambios en la señal de difusión. La médula espinal puede mostrar desmielinización local o extensa de la materia blanca, edema o infarto. Una lesión localizada a nivel de las astas anteriores puede afectar la motoneurona superior (lo que causa hiperreflexia) o la motoneurona inferior (lo cual ocasiona parálisis fláctica).^{1,4,5,11}

Estudio neurofisiológico: se han reportado casos en los que se ha observado denervación completa de las extremidades posterior a lesiones eléctricas de alto voltaje o por un rayo.^{1,12}

TRATAMIENTO

No existe un tratamiento específico y definitivo para este tipo de lesiones. El manejo va dirigido sobre todo al alivio del dolor neuropático, rehabilitación temprana y el estado psicológico del paciente como tratamiento integral.

Un método para promover y dirigir el crecimiento axonal, restablecer las conexiones perdidas y restaurar la función es la estimulación eléctrica: al introducir corriente eléctrica estática se promueve la entrada de sodio y calcio a la célula, y con ello la regeneración neuronal.

Existen algunas opciones de tratamiento que actualmente continúan en investigación como es el uso de óxido nítrico, antagonistas del glutamato, antagonistas del cortisol y antioxidantes.^{1,6,7}

CONCLUSIONES

Las quemaduras son una catástrofe no solo social y económica para el sistema de salud, sino una catástrofe metabólica, sistémica. Las quemaduras eléctricas son de gran impacto y producen un abanico de lesiones, las complicaciones neurológicas son de las más frecuentes y poco abordadas. Por lo se espera que este escrito sea la pauta para un mejor abordaje y diagnóstico.

REFERENCIAS

1. Yiannopoulou KG, Papagiannis GI, Triantafyllou AI, Koulouvaris P, Anastasiou AI, Kontoangelos K, et al. Neurological and neurosurgical complications of electrical injuries. *Neurochir Pol.* 2021;55(1):12-23.
2. Ding H, Huang M, Li D, Lin Y, Qian W. Epidemiology of electrical burns: a 10-year retrospective analysis of 376 cases at a burn centre in South China. *J Int Med Res.* 2020;48(3):300060519891325.
3. Flierl MA, Stahel PF, Touban BM, Beauchamp KM, Morgan SJ, Smith WR, et al. Bench-to-bedside review: burn-induced cerebral inflammation--a neglected entity? *Crit Care.* 2009;13(3):215.
4. Sharma SR, Hussain M, Hibong H. Cervical myelopathy after high-voltage electrical burn of the head: report of an unusual case. *Ann Indian Acad Neurol.* 2018;21(1):76-79.
5. Schaefer NR, Yaxley JP, O'Donohue P, Lisec C, Jeyarajan E. Electrical burn causing a unique pattern of neurological injury. *Plast Reconstr Surg Glob Open.* 2015;3(4):e378.
6. Wesner ML, Hickie J. Long-term sequelae of electrical injury. *Can Fam Physician.* 2013;59(9):935-939.
7. Andrews CJ, Reisner AD. Neurological and neuropsychological consequences of electrical and lightning shock: review and theories of causation. *Neural Regen Res.* 2017;12(5):677-686.
8. Anderson ML, O'Riordan J. Guillain-Barre syndrome-like illness in association with electrical shock injury. *BMJ Case Rep.* 2013;2013:bcr2013201532.
9. Bohórquez-López A, Gordillo-Escobar E, Egea-Guerrero JJ. Lesión medular aguda tras traumatismo eléctrico grave. *Med Intensiva.* 2015;39(6):383-384.
10. Chandrasekhar DP, Noone ML, Babu SPH, Bose VTC. Magnetic resonance imaging findings in brain resulting from high-voltage electrical shock injury of the scalp. *Indian J Radiol Imaging.* 2018;28(3):312-314.
11. Freeman CB, Goyal M, Bourque PR. MR imaging findings in delayed reversible myelopathy from lightning strike. *AJNR Am J Neuroradiol.* 2004;25(5):851-853.
12. Jack AS, Hurd C, Martin J, Fouad K. Electrical stimulation as a tool to promote plasticity of the injured spinal cord. *J Neurotrauma.* 2020;37(18):1933-1953.

Correspondencia:

Dr. Marco Antonio Garnica Escamilla.

E-mail: teranestmarco@yahoo.com.mx