



## Disfunción ventricular izquierda en pacientes pediátricos con quemaduras por electricidad

Dulce Melissa Martínez-Téllez,<sup>1,\*</sup> Yaneth Martínez-Tovilla,<sup>2</sup> Arturo García-Villaseñor<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Unidad Pediátrica de Quemados de la Secretaría de Salud del Estado de Puebla; <sup>2</sup> Unidad Pediátrica de Quemados de la Secretaría de Salud del Estado de Puebla. Profesora Investigadora FMBUAP/PROMEPA; <sup>3</sup> Profesor Investigador UDLAP y Director del Instituto ARTHIL®.

### RESUMEN

**Objetivo:** Determinar la frecuencia de disfunción ventricular izquierda (DVI) en pacientes con quemaduras por electricidad de la Unidad Pediátrica de Quemados (UPQ) de los Servicios de Salud del Estado de Puebla (SSEP), en el periodo de octubre de 2013 a octubre 2014. **Material y métodos:** Serie de ocho pacientes de seis a 16 años de edad con quemaduras eléctricas, en quienes se realizó ecocardiograma para identificar la presencia de DVI, de acuerdo con la fracción de eyección. La información obtenida de los expedientes se capturó en una base de datos. Posteriormente se realizó análisis de correlación de Pearson con el programa IBM SPSS. **Resultados:** De una muestra de ocho pacientes, 37.5% presentaron DVI. Hubo correlación negativa entre el porcentaje de superficie corporal quemada y la presencia de DVI :  $r = -0.93$ ,  $p < 0.01$ . **Conclusiones:** En pacientes con quemaduras eléctricas que afectan más de 20% de la superficie corporal, debe iniciarse monitoreo cardiaco intensivo, a fin de detectar DVI.

**Palabras clave:** Disfunción ventricular, quemaduras eléctricas.

### ABSTRACT

**Objective:** To determine the frequency of left ventricular dysfunction (LVD) in patients with electrical burn at the Pediatric Burn Unit (PBU) of the Health Services of the State of Puebla (HSSP) in the period from October 2013 to October 2014. **Material and methods:** A series of eight patients from 6 to 16 years of age with electrical burns, in whom an echocardiogram was performed to identify the presence of LVD, according to the ejection fraction. Data were obtained from their clinical records, that were introduced in a database. Subsequently, Pearson's correlation analysis was performed with IBM SPSS. **Results:** From a sample of 8 patients, 37.5% had LVD. There was a negative correlation between the percentage of burned body surface and the presence of LVD :  $r = -0.93$ ,  $p < 0.01$ . **Conclusions:** In patients with electrical injuries affecting more than 20% of the body surface, an intensive cardiac monitoring should be initiated in order to detect LVD.

**Key words:** Ventricular dysfunction, electrical burns.

### INTRODUCCIÓN

De acuerdo con el Centro de Control de Enfermedades de los Estados Unidos de Norteamérica, las quemaduras representan la tercera causa de muerte traumática en pacientes menores de 18 años. Las principales causas de quemaduras por orden de frecuencia son las ocasionadas por escaldadura, fuego directo, explosivos y las provocadas por electricidad.<sup>1</sup> En las unidades especializadas en la atención de niños quemados en México el número de admisiones anuales por lesiones eléctricas es de aproximadamente seis pacientes, con edad promedio de 6.2

\* Correspondencia: DMMT, mmelisa48@hotmail.com

**Conflicto de intereses:** Los autores declaran que no tienen.

**Citar como:** Martínez-Téllez DM, Martínez-Tovilla Y, García-Villaseñor A. Disfunción ventricular izquierda en pacientes pediátricos con quemaduras por electricidad. Rev Mex Pediatr 2017; 84(1):10-14.

[Left ventricular dysfunction in pediatric patients with electrical burns]

años que representan de 3 a 13% del total de ingresos de estos centros.<sup>2</sup> En la población infantil, el sexo masculino es el que se ve más afectado con relación al femenino, pues supone 70% de los pacientes;<sup>3</sup> además, la mayor parte de defunciones ocurre en escolares y adolescentes en comparación con el grupo de lactantes y preescolares quienes presentan lesiones de menor severidad.<sup>4</sup>

En las quemaduras por electricidad las lesiones ocurren por la energía térmica liberada ante el paso de corriente eléctrica a través del tejido conductor resultante de la colisión de electrones. La temperatura elevada ocasiona que se disuelvan los componentes de la membrana celular como los fosfolípidos, llevando a la formación de poros en la membrana que a su vez culmina en la pérdida de la función y muerte celular,<sup>5</sup> proceso conocido como electroporación.

Por su mecanismo de lesión se agrupan en cuatro categorías:

- **Contacto con corriente:** la corriente fluye desde la fuente de energía hacia el punto anatómico de contacto y posteriormente a través del resto del cuerpo de la víctima, convirtiendo así a la persona en parte del circuito.
- **Centelleo:** resulta de la generación de chispas en una fuente de energía que frecuentemente ocasionan que la ropa del paciente se encienda, causando también quemaduras por fuego directo.
- **Arco voltaico:** se refiere a la ionización de partículas entre dos cuerpos conductores que forman un arco entre ambos.
- **Electrocución:** proceso que ocurre cuando la carga eléctrica del cielo es atraída por la de la tierra o viceversa, utilizando al cuerpo humano como punto de encuentro. La mortalidad es de 30% (por asistolia y parálisis respiratoria) y los sobrevivientes sufren serias complicaciones cardiacas y neurológicas. La muerte ocasionada por electrocución se denomina fulguración.<sup>6</sup>

La magnitud de la lesión depende de la resistencia del tejido (determinada por la estirpe, tamaño celular, grosor y estado de hidratación del tejido), la intensidad de la corriente, el tiempo de exposición<sup>7</sup> y la vía que recorre la corriente a través del cuerpo.<sup>8</sup> Prácticamente cualquier sistema puede ser lesionado, por lo que existe un gran espectro de complicaciones.<sup>4</sup>

Las lesiones que involucran la caja torácica son las que más causan necrosis en el tejido cardiaco. La cuantificación del daño en esta zona anatómica puede ser evaluada mediante métodos no invasivos, como el eco-

cardiograma a diferencia de otros estudios paraclínicos, por ejemplo la determinación de creatina-fosfoquinasa, pues puede arrojar resultados confusos debido a que también ocurren otras lesiones en tejidos blandos.<sup>9</sup>

Múltiples anomalías cardiacas pueden ocurrir inmediatamente tras la exposición a la electricidad. Se han reportado arritmias cardiacas, cambios en el segmento ST y en la onda T, contracciones prematuras, taquicardia sinusal, taquicardia supraventricular, fibrilación auricular, bloqueos, prolongación del QT, así como otras complicaciones que comprometen la vida como fibrilación ventricular, asistolia y ruptura miocárdica. Se ha descrito también reducción de la fracción de eyección, disfunción ventricular izquierda (DVI), hipocinesia global y disfunción biventricular.<sup>10</sup>

La literatura internacional reporta que aproximadamente 31% de los pacientes con quemaduras por electricidad presentan anomalías en la función del ventrículo izquierdo, aun cuando no exista compromiso hemodinámico.<sup>11</sup> Existen casos reportados de pacientes con lesión por electricidad que posterior a su egreso hospitalario el electrocardiograma y el ecocardiograma pueden seguir mostrando un patrón permanente de hipofunción a pesar de ser asintomáticos después de un largo periodo.<sup>12</sup>

Guinard et al. estudiaron a un grupo de 10 pacientes que habían sufrido lesiones por electricidad. Durante su estancia hospitalaria y en su seguimiento ambulatorio de 48 meses posteriores a su egreso se realizaron ecocardiogramas de manera seriada. En el hospital cuatro pacientes presentaron una o más anomalías cardiacas durante el examen físico frente a ocho en el ecocardiograma. A largo plazo, los hallazgos anormales ecocardiográficos persistieron en tres de estos pacientes; en su estudio detallado se evidenció la hipoperfusión miocárdica. En los mismos tres pacientes se reportó una disminución de la fracción de eyección del ventrículo izquierdo. Los autores concluyeron que la lesión por electricidad de alto voltaje está asociada a anomalías cardiacas que pueden persistir, por lo que justificaron el seguimiento a largo plazo con ecocardiogramas seriados.<sup>13</sup>

Durante la evaluación primaria y secundaria de un paciente puede sospecharse daño miocárdico si la superficie corporal presenta quemaduras con un trayecto vertical, con lesiones separadas en los polos superior e inferior del cuerpo o en el tórax.<sup>6</sup> Además en este tipo de lesiones es obligatoria la búsqueda intencionada de factores de riesgo de desarrollar arritmias, los cuales incluyen corriente transtorácica, piel húmeda, tetanización, pérdida de la conciencia, síntomas neurológicos y exposición a corriente continua o de alto voltaje.

Precisamente en quienes presentan al menos uno de estos factores es indispensable la implementación de monitorización cardiaca, pues pueden desarrollar enfermedad del tejido de conducción o daño miocárdico, incluso a muerte súbita.<sup>14</sup>

El pronóstico de una lesión por alto voltaje directa en el tórax generalmente es malo debido a la disfunción biventricular aguda que lleva a fibrilación ventricular y asistolia. La recuperación es variable; sin embargo, cuando el manejo es intensivo se ha documentado la recuperación completa de la función cardiaca sistólica después de semanas o meses.<sup>14</sup>

Cabe mencionar que a la lesión por electricidad se le ha denominado «la gran engañadora» porque una lesión de superficie pequeña puede estar asociada a lesiones internas graves. Estudiar la asociación entre las lesiones por electricidad y la incidencia de DVI forma parte del estudio protocolizado del paciente con este tipo de traumatismo, con el fin de establecer una ruta clínica diagnóstica adecuada para detectar y tratar las complicaciones fatales que pueden presentarse.

Debido a que existen escasas estadísticas de este tema en torno a la población pediátrica y más aún en el medio nacional, en ocasiones es necesario extrapolar los datos reportados de otros países. Por esta razón surgió el interés por conocer la frecuencia de DVI en pacientes con quemaduras por electricidad en la *Unidad Pediátrica de Quemados de la Secretaría de Salud del Estado de Puebla (UPQ SSEP)*, así como por identificar el grado de disfunción ventricular izquierda, el mecanismo de lesión más frecuente, el porcentaje visible de superficie corporal quemada (SCQ), las lesiones asociadas más comunes, el tratamiento utilizado para la DVI y la evolución clínica de los pacientes.

### PACIENTES, MATERIAL Y MÉTODOS

Se trata de una serie de ocho casos que fueron atendidos en el periodo comprendido entre octubre de 2013 y octubre de 2014. Los ocho pacientes cumplieron los siguientes criterios de inclusión: pacientes a quienes se les realizó ecocardiograma, pacientes con asentimiento-consentimiento informado y pacientes que habían terminado su tratamiento. Se excluyeron a los que ingresaron con quemadura de otra etiología.

Se revisaron los expedientes clínicos de los ocho pacientes. Se creó una base de datos en el programa Microsoft Excel cuya información una vez completada se exportó al programa IBM SPSS Statistics, en el que se organizaron las variables categóricas y a cada una de ellas se les asignó un valor (por ejemplo, la presencia

o ausencia de DVI, la cual se determinó de acuerdo con el resultado por escrito del ecocardiograma). Los resultados de la fracción de eyección del ventrículo izquierdo mayor se clasificaron en 60% –normal–, DVI leve de FEVI 45-59%, moderada FEVI 35-44% y severa FEVI < 35%. Finalmente se hizo una correlación entre el porcentaje de superficie corporal quemada y la FEVI, mediante r de Pearson.

### Consideraciones bioéticas

El presente estudio se llevó a cabo tomando en cuenta por parte de los investigadores los principios bioéticos fundamentales aplicables a la etapa clínica como la Declaración de Helsinki, de Tokio modificada y los lineamientos marcados en la Norma Oficial Mexicana NOM-012-SSA3-2012 que establece los criterios para la realización de proyectos de investigación para la salud en seres humanos, así como la normatividad institucional universitaria y de la UPQ de los SSEP, a través de su Comité de Investigación, Ética y Bioética. Asimismo, se recabó el Consentimiento Informado y Asentimiento firmado por el familiar del paciente, tutor o representante legal y dos testigos.

### RESULTADOS

Como se aprecia en el *cuadro 1*, de un total de ocho pacientes, cinco no presentaron DVI, pues su fracción de eyección fue normal. La frecuencia (tres pacientes) de disfunción ventricular izquierda fue de 37.5% (*Figura 1*), la cual fue de tipo leve de acuerdo con su FEVI (55, 58 y 50%, en cada uno de los pacientes). Se inició tratamiento a estos pacientes con esquema de soluciones y dobutamina a 12, 10 y 14 microgramos, respectivamente. En cuanto a la superficie corporal quemada visible, cinco pacientes (62.5%) tuvieron afectación de 1 a 10%, dos pacientes (25%) entre 31 y 40% y un paciente (12.5%) tuvo de 11 a 20% , tal como también se muestra en *figura 1*. El *cuadro 2* muestra

**Cuadro 1. Grado de disfunción del ventrículo izquierdo.**

Grado de DVI	Porcentaje de pacientes
Sin disfunción	62.5
Leve	37.5
Moderada	0
Severa	0

que el mecanismo de lesión más común fue la corriente directa (seis pacientes, 75%), el centelleo y arco voltaico tuvieron el mismo número de pacientes (uno, 12.5%); ningún paciente de la muestra sufrió electrocución. Del total, cinco pacientes (62.5%) presentaron lesiones asociadas a quemadura. Las más comunes (60%) fueron aquéllas que afectaron las extremidades (amputación, necrosis y pérdida funcional), tal como se ilustra en la *figura 2*. Fueron cuatro pacientes en edad escolar y otros cuatro adolescentes; no hubo pacientes neonatos,

lactantes ni preescolares. El promedio de la edad de los pacientes fue de 11.1 años (edad menor de seis años y máximo de 16). El género más frecuentemente afectado fue el masculino (siete pacientes, 87.5%) contra el femenino (un paciente, 12.5%).

Del análisis de la correlación entre la superficie corporal quemada y la FEVI se obtuvo una  $r = -0.93$  ( $p < 0.01$ ), que significa que habrá menor FEVI entre mayor sea la superficie corporal quemada.

## DISCUSIÓN

La realización de un diagnóstico precoz de DVI, junto con la instauración de medidas terapéuticas precoces previas al desarrollo de síntomas y signos de insuficiencia cardiaca es primordial en el tratamiento de los pacientes. La evidencia terapéutica reportada en la literatura mundial marca que los objetivos del tratamiento son mejorar la supervivencia, pero también reducir la morbilidad con base en un buen esquema de líquidos para mejorar la precarga y medicamentos inotrópicos como la dobutamina; tal como se manejó en los pacientes con DVI del estudio, quienes mostraron normalización de la FEVI tras la instauración del tratamiento mencionado.

Durante el análisis de los ocho pacientes y con base en el estudio de sus frecuencias, se observó que la incidencia de disfunción ventricular izquierda ocurrió en 37.5% de los pacientes con lesión por electricidad (comprobada mediante medición de la FEVI), coincidiendo con estudios realizados internacionalmente en los que se reporta que en alrededor de 20 a 33% de los pacientes expuestos a electricidad se presenta disfunción del ventrículo izquierdo.

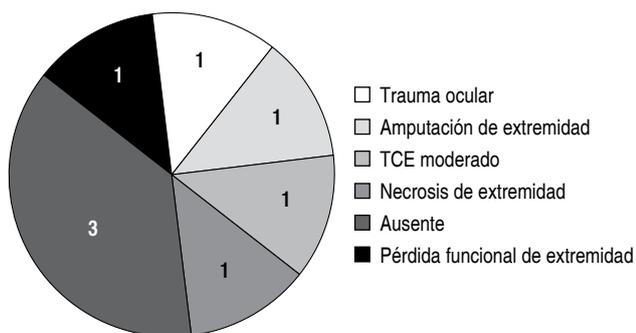
A partir de este estudio puede agregarse otro factor de riesgo de desarrollar DVI tras sufrir lesiones eléctricas, que es el porcentaje de superficie corporal quemada. La prueba  $p$  de Pearson demostró que existe una relación lineal estadísticamente significativa, alta y directamente proporcional ( $p < 0.01$ ,  $r_p = 0.003$ ) entre la DVI y la superficie corporal quemada visible, siendo constante cuando esta última afecta a más de 20% de la superficie corporal (con base en la escala de Lund y Browder). Esta observación puede ayudar en estos casos en la toma de decisiones para la detección de DVI, y así muy posiblemente mejorar el pronóstico de estos pacientes.

## CONCLUSIONES

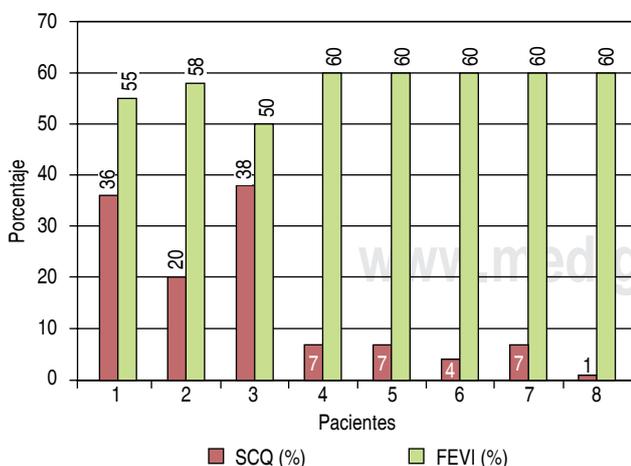
El manejo integral de un paciente con lesiones y quemaduras por electricidad requiere hospitalización con

**Cuadro 2. Mecanismo de lesión del accidente.**

Mecanismo de lesión	Frecuencia	Porcentaje
Contacto con corriente	6	75
Centelleo	1	12.5
Arco voltaico	1	12.5
Electrocución	0	0



**Figura 1. Lesiones asociadas al traumatismo.**



**Figura 2.**

atención interdisciplinaria (medicina pediátrica del enfermo en estado crítico, cirugía plástica, paldopsiquiatría, nutrición y psicología, por ejemplo), múltiples cirugías y rehabilitación extensa, por lo que su manejo implica altos costos.

Ante la presencia de factores de riesgo, debe iniciarse el monitoreo cardiaco intensivo. Con lo que podrá iniciarse un manejo protocolizado del paciente para poder asegurar su estabilidad hemodinámica, iniciar un tratamiento pertinente y prever complicaciones. En virtud que la DVI ocurre en pacientes con lesiones por electricidad, parece necesario que el personal médico que labore con este tipo de pacientes adquiera las herramientas necesarias para realizar evaluaciones ecocardiográficas que permitan tomar decisiones terapéuticas oportunas.

Existe evidencia de que al desarrollar anomalías en la función cardiaca, éstas pueden persistir, por lo que en estos pacientes se justifica el seguimiento a largo plazo con estudios de imagen y electrocardiogramas seriados.

#### REFERENCIAS

1. CDC, National Center for Health Statistics. National vital statistics system. 2008. Available in: <http://www.cdc.gov/nchs/deaths.htm>
2. Nguyen BH, MacKay M, Bailey B, Klassen TP. Epidemiology of electrical and lightning related deaths and injuries among Canadian children and youth. *Inj Prev*. 2010; 10(2): 122-124.
3. American Burn Association. *Advanced Burn Life Support Course, Provider Manual*. Chicago: American Burn Association. 2012.
4. Bradley JP. *Pediatric burns*. Englewood: Cambria Press. 2012.
5. Lee RC. Injury by electrical forces: pathophysiology, manifestations, and therapy. *Curr Probl Surg*. 2007; 34(9): 677-764.
6. Dong L, Chen YC. Injury by electrical forces: pathophysiology, biophysics and pathogenesis. *Fa Yi Xue Za Zhi*. 2002; 18(1): 52-55.
7. Rai A, Khalil S, Batra P, Gupta SK, Bhattacharya S et al. Electrical injuries in urban children in New Delhi. *Pediatr Emerg Care*. 2013; 29 (3): 342-345. doi: 10.1097/PEC.0b013e3182852f71.
8. McGill MP, Kamp TJ, Rahko PS. High-voltage injury resulting in permanent right heart dysfunction. *Chest*. 1999; 115(2): 586-587.
9. Rangaraj R, Moorthy N, Patil SS, Maniunath CN. Brugada-type electrocardiographic pattern induced by electrocution. *Indian Pacing Electrophysiol J*. 2009; 9 (1): 56-59.
10. Kim SH, Cho GY, Kim MK, Park WJ, Kim JH, Lim HE et al. Alterations in left ventricular function assessed by two-dimensional speckle tracking echocardiography and the clinical utility of cardiac troponin I in survivors of high-voltage electrical injury. *Crit Care Med*. 2009; 37 (4): 1282-1287. doi: 10.1097/CCM.0b013e31819c3a83.
11. Pastor-Torres L, Sáenz de Tejada-Morales A, Seco-Vasco JR, Sáinz-Hidalgo I, Vázquez-García R. Ventricular functional changes following an episode of accidental electrocution. *Rev Esp Cardiol*. 1995; 48 (1): 66-69.
12. Bailey B, Gaudreault P, Thivierge RL, Turgeon JP. Cardiac monitoring of children with household electrical injuries. *Ann Emerg Med*. 2005; 25(5): 612-617.
13. Guinard JP, Chiolo R, Buchser E, Delaloye-Bischof A, Payot M, Grbic A et al. Myocardial injury after electrical burns: short and long term study. *Scand J Plast Reconstr Surg Hand Surg*. 2007; 21 (3): 301-302.
14. Atak R, Turhan H, Erbay AR, Yetkin E, Ileri M. Permanent myocardial dysfunction caused by high-voltage electrical injury-a case report. *Angiology*. 2004; 55 (4): 455-457.