



# **BUAP**

**Benemérita Universidad Autónoma de Puebla**

**Facultad de Medicina**

**Hospital General Zona Norte de Puebla “Bicentenario de la Independencia”**

**Nombre de la Tesis**

“Correlación entre la disminución de la Fracción de Eyección Ventricular Izquierda con la superficie corporal quemada y niveles de CPK MB, en las primeras 24 horas, en pacientes de 6 a 18 años con quemadura eléctrica”

Tesis para obtener el Diploma de Especialidad:

**Pediatría**

Presenta

**Doctor Fernando David Solís Cordero**

Director

**Doctora Yaneth Martínez Tovilla**

Asesor Metodológico

**Doctora Mariana Lee Miguel Sardaneta**

H. Puebla de Z. octubre de 2019





Secretaría  
de Salud

Gobierno de Puebla

JEFATURA DE ENSEÑANZA E INVESTIGACION  
ASUNTO: AUTORIZACION DE TESIS

**D.C. JORGE ALEJANDRO CEBADA RUIZ**  
**SECRETARIO DE INVESTIGACION Y ESTUDIOS DE POSGRADO FMBUAP.**

Por medio de la presente hago constar que el **Dr. Fernando David Solís Cordero**, Médico Residente de la especialidad de Pediatría, realizo en el Hospital General de Zona Norte de Puebla "Bicentenario de la Independencia" la Tesis con el título **"CORRELACIÓN ENTRE LA DISMINUCIÓN DE LA FRACCIÓN DE EYECCIÓN VENTRICULAR IZQUIERDA CON LA SUPERFICIE CORPORAL QUEMADA Y NIVELES DE CPK MB EN LA PRIMERAS 24 HORAS, EN PACIENTES DE 6 A 18 AÑOS CON QUEMADURA ELÉCTRICA"**, bajo la Dirección de la **Dra. Yaneth Martínez Tovilla**.

Se ha revisado el contenido científico y la estructura metodológica, por lo que autorizamos su impresión.

**A T E N T A M E N T E**

  
**DRA. MARIANA LEE MIGUEL SARDANETA**  
**ASESOR METODOLOGICO**

  
**DRA. YANETH MARTINEZ TOVILLA**  
**ASESOR EXPERTO**

  
**DRA. MARIANA LEE MIGUEL SARDANETA**  
**JEFE DE ENSEÑANZA E INVESTIGACION**

c.c.p. Comité de Investigación del Hospital General Zona Norte



## **Agradecimientos.**

*A Dios que no permitió que esta prueba fuera más grande de lo que pude soportar. A mi madre por su apoyo incondicional y a cada uno de mis maestros que jamás desistieron de enseñarme y confiaron en mí...*

*...Gracias.*

## **Dedicatorias.**

*Dedicada al amor de mi vida y a mi hijo por ser mi más grande motivación para seguir adelante.*

## Índice

|   |           |
|---|-----------|
| <b>Resumen .....</b>  | <b>6</b>  |
| <b>Introducción.....</b>  | <b>2</b>  |
| <b>1. Antecedentes .....</b>  | <b>3</b>  |
| <b>1.1 Antecedentes Generales. ....</b>                                       | <b>3</b>  |
| <b>1.2 Antecedentes específicos. ....</b>                                     | <b>13</b> |
| <b>2. Justificación.....</b>  | <b>18</b> |
| <b>3. Planteamiento del problema.....</b>                                     | <b>19</b> |
| <b>4. Hipótesis.....</b>  | <b>20</b> |
| <b>5. Objetivos. ....</b>   | <b>21</b> |
| <b>5.1 Objetivo general. ....</b>   | <b>21</b> |
| <b>5.2 Objetivos específicos. ....</b>  | <b>21</b> |
| <b>6. Material y métodos. ....</b>  | <b>22</b> |
| <b>6.1 Tipo y diseño del proyecto.....</b>                                    | <b>22</b> |
| <b>6.2 Definición del universo de trabajo.....</b>                            | <b>23</b> |
| <b>6.3 Definición de las unidades de observación y del grupo control.....</b> | <b>23</b> |
| <b>6.4 Estrategia de muestreo.....</b>  | <b>24</b> |
| <b>6.5 Definición de variables y escalas de medición. ....</b>                | <b>24</b> |
| <b>6.5.1 Cuadro de operacionalización de variables. ....</b>                  | <b>24</b> |
| <b>6.6 Recolección de la información. ....</b>                                | <b>28</b> |
| <b>6.6.1 Fuentes de información. ....</b>                                     | <b>28</b> |
| <b>6.6.2 Instrumento de medición. ....</b>                                    | <b>28</b> |
| <b>6.7 Bioética.....</b>  | <b>28</b> |
| <b>6.7.1 Clasificación.....</b>   | <b>28</b> |
| <b>6.7.2 Consentimiento informado. ....</b>                                   | <b>28</b> |
| <b>6.8 Recursos.....</b>  | <b>29</b> |
| <b>6.9 Índice de abreviaturas. ....</b>                                       | <b>30</b> |
| <b>7. Resultados .....</b>  | <b>31</b> |
| <b>8. Discusión.....</b>  | <b>35</b> |
| <b>9. Conclusiones. ....</b>  | <b>37</b> |
| <b>10. Referencias bibliográficas. ....</b>                                   | <b>38</b> |

|  |           |
|--|-----------|
| <b>11. Anexos.....</b>                                   | <b>43</b> |
| <b>a. Cronograma de Trabajo.....</b>                     | <b>43</b> |
| <b>b. Instrumento de recolección de información.....</b> | <b>43</b> |
| <b>c. Carta de consentimiento informado.....</b>         | <b>44</b> |
| <b>d. Hoja de mapeo de SQC.....</b>                      | <b>45</b> |

.

## **Resumen**

La disminución de la Fracción de Eyección Ventricular Izquierda (FEVI) como consecuencia de una disfunción ventricular, se reporta dentro de las alteraciones cardíacas secundarias a lesión eléctrica. La ecografía cardíaca enfocada (FOCUS por sus siglas en inglés), permite una evaluación rápida, no invasiva, que contribuye en las decisiones terapéuticas, sobre todo, en pacientes críticos.

### **Objetivo.**

Correlacionar la disminución de la FEVI con el porcentaje de superficie corporal quemada (SCQ) y los niveles de creatina quinasa MB (CPK MB) en las primeras 24 horas en pacientes de 6 a 18 años con quemadura eléctrica.

### **Material y métodos.**

Estudio ambispectivo, observacional, descriptivo, transversal, homodémico de 10 pacientes, en el periodo de noviembre 2018 a agosto 2019, de 6 a 18 años, con quemadura eléctrica, en quienes se obtuvo el porcentaje de FEVI a través de protocolo FOCUS, para su correlación con los niveles de CPK-MB y porcentaje de SCQ, en las primeras 24 horas tras sufrida la lesión.

### **Resultados.**

Se encontraron 10 casos de quemadura eléctrica, 8 hombres y 2 mujeres, con una media de 13 años. El 80% presentó disminución leve de la FEVI (45 - 59%). Al realizar protocolo FOCUS se reportó hipocinesia miocárdica en siete pacientes.

Al emplear t student para la media de una muestra obtuvimos para FEVI con CPK-MB y porcentaje de SCQ, relación estadísticamente significativa ( $p < 0.05$ ). Hubo correlación moderada entre FEVI y los niveles de CPK MB ( $r=0.452$ , IC 95%) y correlación débil entre FEVI y porcentaje SCQ. ( $r =0.266$ , IC 95%).

### **Conclusiones.**

Existe correlación entre la disminución de la FEVI con el porcentaje de SCQ y los niveles de CPK MB en pacientes con quemadura eléctrica, por lo que realizar ecografía cardíaca precozmente, contribuiría a la toma de decisiones terapéuticas.

**Palabras clave.** Fracción de eyección ventricular izquierda, quemadura eléctrica, FOCUS.

## Introducción

Se define quemadura como la lesión causada por la transferencia aguda de energía ya sea mecánica, térmica, eléctrica, química o por radiación, que genera, de forma local, zonas de hiperemia, estasis, necroptosis, así como una respuesta inflamatoria sistémica que busca detener y reparar dicho daño. <sup>(13)</sup>

El trauma eléctrico generalmente es resultado del contacto con cables eléctricamente activos o rayos. La mayoría de las fuentes de electricidad oscilan entre los 0 Hz hasta los 10kHz como lo son cables de alta tensión. Teniendo así, lesiones de bajo y alto voltaje, que proviene de fuentes de menos de 1000 V o de más de 1000 V respectivamente. <sup>(19)</sup>

Las quemaduras por alto voltaje resultan en un mayor grado de lesiones agudas, sin embargo, las mismas pueden ser sorprendentemente pequeñas. Por otro lado, las ocasionadas por bajo voltaje pueden estimular la contracción muscular sostenida (tetania) causando un agarre involuntario a la fuente lo que prolongaría el contacto y sustancialmente aumentaría el grado de la lesión. <sup>(32)</sup>

Las arritmias cardíacas, las alteraciones en el segmento ST y la onda T, extrasístoles, taquicardias de origen supraventricular, fibrilación auricular/ventricular, bloqueos AV e incluso asistolia y ruptura miocárdica, son las anomalías cardíacas que se pueden generar tras la lesión por electricidad. Así mismo la disfunción ventricular izquierda, hipocinesia global o falla biventricular, son posibles alteraciones cardíacas secundarias que podrían culminar en la muerte del paciente. <sup>(42)</sup>

La ecocardiografía permite una evaluación rápida del tamaño del corazón, estructura y función hemodinámica. Las imágenes se evalúan en tiempo real, facilitando una interpretación diagnóstica rápida en una amplia variedad de entornos (clínica ambulatoria, hospitalización, departamento de emergencias, quirófano, telemedicina y laboratorio de cateterismo cardíaco), pero sobre todo de pacientes críticos. Es sensible y específica para una amplia gama de trastornos clínicos, con utilidad pronóstica bien documentada. <sup>45</sup>



## **1. Antecedentes**

### **1.1 Antecedentes Generales.**

#### **Antecedentes históricos.**

Antes de la Segunda Guerra Mundial y de la creación de unidades especiales para el manejo de pacientes quemados, las quemaduras profundas (>30%) fueron invariablemente fatales, debido a que la fisiopatología secundaria a la lesión térmica era desconocida y las opciones efectivas para la resucitación, cuidados de heridas, y cierre quirúrgico no existían. <sup>(1)</sup>

El desarrollo en el cuidado de quemaduras, así como en el trauma en general, ha sido dado claramente por las guerras mundiales y los desastres civiles. <sup>(2)</sup>

Aldershot Gillies procedió a desarrollar unidades desplegadas durante la Segunda Guerra Mundial para atender a pacientes con quemaduras y otras lesiones que ameritaban atención quirúrgica plástica. <sup>(3)</sup>

Celso, en el siglo I d. C., mencionó el uso del vino y la mirra como una loción para las quemaduras, probablemente por sus propiedades bacteriostáticas. <sup>(4)</sup>

Entre 1942 y 1952, el estado de choque, la sepsis y la falla multiorgánica causaron una tasa de mortalidad del 50% en niños con quemaduras que cubren el 50% de su superficie corporal total. <sup>(5)</sup>

El crecimiento exponencial de profesionales en manejo de quemaduras ha permitido una serie de seminarios nacionales en quemaduras (1959 - 1967), seguidos por la creación de la Asociación Americana de Quemaduras, ABA (por sus siglas en inglés) en 1968. Un aspecto notable de la ABA ha sido la inclusión de representantes de todas las especialidades involucradas en el cuidado de pacientes con quemaduras, es decir, todos los miembros del equipo multidisciplinario. <sup>(1)</sup>

La creación de centros especializados dedicados a la investigación clínica y de tecnología en quemaduras y a la excelencia en la atención clínica y la enseñanza, hicieron posible una serie de cambios en el manejo del paciente quemado que redujeron notablemente la mortalidad después de la quemadura. <sup>(6)</sup>

### **Epidemiología y demografía.**

La ubicación geográfica influye en las tasas de mortalidad por incendios domésticos, presumiblemente debido a las diferencias regionales en los materiales de construcción y dispositivos de calefacción, así como el nivel económico. Se ha informado que las tasas de mortalidad por incendios domésticos son más altas en la parte oriental de los Estados Unidos, particularmente en el sureste en comparación con el oeste. <sup>(7)</sup>

Las tasas de mortalidad por incendios domésticos han mostrado un predominio de género bajo, excepto por un mayor número de hombres en el grupo de edad de 2 a 5 años, un grupo que tiene la tasa más alta de quemaduras no fatales debido al juego no supervisado con fósforos. <sup>(8)</sup>

Además del estado económico y la ubicación geográfica, el riesgo de quemaduras y la causa predominante de lesiones por quemaduras están relacionados con la edad, la ocupación y la participación en actividades recreativas. Las escaldaduras son la forma más frecuente de lesiones por quemaduras en general y provocan que más de 100 000 pacientes busquen tratamiento en las salas de urgencias de los hospitales, pero el fuego / las llamas es la causa más frecuente de quemaduras que requieren ingreso hospitalario. <sup>(9)</sup>

Las lesiones por quemaduras afectan aproximadamente 2 millones de personas en EE. UU. anualmente. Aproximadamente la mitad de estas ocurren en niños. Alrededor de 5,000 se considerarán lesiones de moderadas a severas, requiriendo hospitalización. Las lesiones por quemaduras son responsables de aproximadamente 2,500 muertes en la población pediátrica anuales. <sup>(10)</sup>

El número de pacientes pediátricos con quemaduras ingresados en hospitales está influenciado por las diferencias culturales, la disponibilidad de recursos y la práctica médica. En consecuencia, el número de niños ingresados en el hospital para el tratamiento de quemaduras ha variado según el área geográfica, desde una tasa baja de 4.4 / 100 000 habitantes en América (Norte, Centro y Sur) hasta un máximo de 10.8 / 100 000 habitantes en África.

Aunque la tasa de incidencia para Asia - 8.0 / 100 000 habitantes - es similar a la de Europa y Medio Oriente, el tamaño de la población determina que Asia atienda a más de la mitad de la población mundial de quemaduras pediátricas. <sup>(11)</sup>

Las quemaduras por escaldadura son las principales en niños menores de 5 años. <sup>(6)</sup>

La mayoría de las quemaduras por escaldadura en los niños, especialmente los que tienen entre 6 meses y 2 años, provienen de alimentos y líquidos calientes, particularmente café que se puede dispensar a temperaturas de hasta 180 ° F (82.2 ° C), derramado en la cocina u otros lugares donde se prepara y sirve la comida. <sup>(12)</sup>

Entre los adolescentes, los rizadores para el cabello, calentadores, hornos y estufas, planchas, gasolina y fuegos artificiales son las causas más comunes de lesiones por quemaduras relacionadas con el producto. <sup>(12)</sup>

Casi dos tercios de las lesiones eléctricas en niños de 12 años y menores son causados por cables eléctricos domésticos y cables de extensión. El contacto con la corriente en las tomas de corriente causa un 14% adicional de tales lesiones. <sup>(12)</sup>

Los niños tienen un mayor riesgo de muerte y lesiones relacionadas con las quemaduras que las niñas, y los niños de 4 años o menos y los niños con discapacidad tienen el mayor riesgo de muerte y lesiones relacionadas con las quemaduras, especialmente por escaldaduras y quemaduras por contacto. <sup>(12)</sup>

## **Definición.**

Definimos quemadura como el trauma causado por la transferencia aguda de energía (mecánica, térmica, eléctrica, química y/o radiación) que genera de forma local zonas de hiperemia, estasis, necroptosis (necrosis, apoptosis, autofagia asociada con muerte celular), así como una respuesta inflamatoria sistémica que busca detener y reparar dicho daño. <sup>(13)</sup>

## **Etiología de las quemaduras.**

Las principales causas de quemaduras son escaldaduras, quemaduras por contacto / térmicas, incendios y lesiones relacionadas con fuego y lesiones eléctricas. Cada causa tiene sus propios factores de riesgo específicos y predominio de edad:

**Escaldaduras.** Las quemaduras por líquidos calientes pueden ocurrir en cualquier grupo de edad, pero se ha informado que el 77% de todas las escaldaduras por líquidos calientes ocurren en niños menores de 3 años. La lesión de espesor total está presente en menos de la mitad de los pacientes con escaldaduras de agua caliente, pero en el 58% de los pacientes con quemaduras de aceite caliente. Los niños pequeños se lesionan más comúnmente al jalar un recipiente con agua caliente o aceite de cocina caliente sobre ellos mismos, mientras que los niños mayores y los adultos se lesionan más comúnmente por el manejo inadecuado de los aparatos de aceite caliente. <sup>(14)</sup>

**Por contacto.** Representan la segunda quemadura más común en niños pequeños. Entre las víctimas hospitalizadas, representaron el 26% de las lesiones entre 0 a 1 años y el 24% en niños de 1 a 2 años. Este número disminuye al 17% en las edades de 2 a 5 y al 9% en las edades de 5 a 16 <sup>(15)</sup>. La mayoría de las quemaduras por contacto se producen con electrodomésticos. Las quemaduras suelen ser bien definidas, lineales y afectan una pequeña superficie total del cuerpo. Sin embargo, el contacto con altas temperaturas y el tiempo de exposición a menudo puede provocar lesiones graves. <sup>(15)</sup>

**Quemaduras por fuego directo.** En general, los incendios domésticos son la tercera causa de lesiones fatales. Los niños menores de 5 años tienen el doble de riesgo que los adultos en un incendio doméstico. La ignición de la ropa a menudo ocurre en el contexto de un incendio. Sigue siendo una causa de mortalidad debido a la profundidad de la quemadura y a elevado porcentaje de superficie corporal quemada. <sup>(16)</sup>

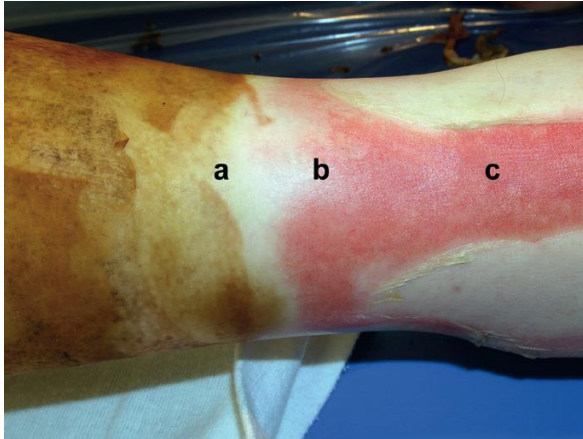
La profundidad de la lesión térmica está relacionada con la temperatura de contacto, la duración del contacto de la fuente de calor externa y el grosor de la piel. Debido a que la conductividad térmica de la piel es baja, la mayoría de las quemaduras térmicas involucran la epidermis y parte de la dermis. <sup>(17)</sup>

**Lesiones eléctricas:** la energía eléctrica se transforma en calor a medida que la corriente pasa a través de los tejidos del cuerpo con mala conducción. La electroporación (lesión de las membranas celulares) altera el potencial y la función de la membrana. La magnitud de la lesión depende de la ruta de la corriente, la resistencia al flujo de la corriente a través de los tejidos y la fuerza y duración del flujo de la corriente. <sup>(18)</sup>

Los accidentes eléctricos se pueden dividir en dos categorías, bajo voltaje (<1000 voltios, por ejemplo, contacto con cables eléctricos y electrodomésticos) y alto voltaje (> 1000 voltios, por ejemplo, o descargas eléctricas). <sup>(19)</sup>

Las áreas más comunes afectadas por lesiones eléctricas; manos, pies y cabeza. Estas partes del cuerpo representan áreas de origen y puntos de contacto con el suelo. Los hombres son más propensos a sufrir lesiones eléctricas que las mujeres, con cifras de hasta el 70%. <sup>(18)</sup>

Las lesiones por rayos representan una fracción, o aproximadamente 1%, de todas las lesiones eléctricas. <sup>(19)</sup>



**Figura 1.** Zonas de Jackson de quemadura en tobillo: (a) zona de coagulación; (b) zona de estasis y (c) zona de hiperemia.

## Fisiopatología.

La piel es el órgano más grande del cuerpo humano, que proporciona soporte estructural, inmunidad y regulación de la pérdida de agua y calor <sup>(20)</sup>. Se compone de dos capas: la epidermis y la dermis. <sup>(21)</sup>

El grosor de la epidermis varía entre las diferentes partes del cuerpo, desde 0.05 mm en los párpados hasta más

de 1 mm en las plantas. La mayor parte del grosor de la piel proviene de la dermis, que varía con la edad, el sexo y la ubicación del cuerpo. Sirviendo como protección contra la pérdida de líquidos y electrolitos, infección, radiación y proporciona regulación térmica. <sup>(21)</sup>

El calor aplicado a nivel celular provoca la desnaturalización de las proteínas y la pérdida de la integridad de la membrana plasmática. La temperatura y la duración del contacto tienen un efecto sinérgico, de modo que la necrosis celular ocurre después de 1 segundo de exposición a 156 ° F (69 ° C), o después de 1 hora a 113 ° F (45 ° C). <sup>(22)</sup>

Así, después de una quemadura, la necrosis ocurrirá en el centro de la lesión y se vuelve progresivamente menos severa en la periferia. Por lo tanto, la descripción de Jackson en 1953 de las tres zonas de lesión sigue siendo nuestra comprensión conceptual actual de la lesión por quemadura **(Figura 1)**: (1) la zona de coagulación, (2) la zona de estasis y (3) la zona de hiperemia. <sup>(23)</sup>. La zona de coagulación se caracteriza por lesiones severas con daños irreversibles. Esta área de tejido desvitalizado está rodeada por la zona de estasis, que sufre una lesión menor, pero muestra una inflamación significativa y una vasculatura dañada.

La zona más externa de hiperemia muestra vasodilatación y aumento del flujo sanguíneo. <sup>(23)</sup> Las lesiones en esta área son reversibles y generalmente se resuelven en 7 a 10 días. <sup>(21)</sup>

Los límites de estas zonas son dinámicos y están afectados por el manejo médico que se les dé. <sup>(21)</sup> La zona de coagulación puede continuar expandiéndose en el contexto de un suministro sanguíneo deficiente. Estas heridas corren el riesgo de profundizarse en el contexto de hipovolemia, hipotensión, vasoconstricción inducida por catecolaminas y/o infección. <sup>(23)</sup> El mejor de los casos es que la zona de coagulación permanezca estable, mientras que la zona de hiperemia ingresa, reemplazando la zona de estasis. La reanimación con líquidos apropiada en las primeras 24 a 48 horas es el mejor medio para evitar el empeoramiento de las heridas. <sup>(25)</sup>

### **Profundidad.**

La determinación de la extensión del daño en una lesión por quemadura se basa en la profundidad y el área de superficie corporal total involucrada. El grosor real de la piel variará entre diferentes pacientes y diferentes sitios del cuerpo. <sup>(26)</sup>

Se han desarrollado muchas herramientas en los últimos años para ayudar a evaluar la profundidad de la lesión, incluidos el Doppler láser y la termografía, sin embargo, estos métodos son caros, y no se encuentran accesibles en la atención diaria de los pacientes. <sup>(27)</sup>

Cuando se evalúa por primera vez una quemadura, a menudo es difícil determinar su profundidad. La lesión superficial de las quemaduras solares o su equivalente es fácil de identificar. Del mismo modo, es fácil distinguir una herida encerada, seca, inelástica, de apariencia cadavérica, como una quemadura de espesor total. Sin embargo, es difícil distinguir las diferencias sutiles entre una quemadura superficial de espesor parcial, y una quemadura más profunda de espesor parcial que tomará más tiempo en sanar. Esto es especialmente cierto para las heridas llorosas en las que las ampollas se han roto. Inicialmente, estas heridas parecen superficiales y están profundas.

Sin embargo, con el tiempo, a medida que los pequeños vasos sanguíneos lesionados en la herida se trombosan, la herida adquiere un aspecto isquémico y cadavérico de una lesión más profunda, <sup>(26)</sup> **Figura 2.**

Históricamente, las quemaduras se han clasificado como de primer, segundo y tercer grado. Posteriormente, se desarrolló un método más nuevo que es más preciso para clasificar la profundidad de la herida por quemaduras al describir el grosor anatómico real de la piel lesionada **(Tabla 1).**



**Figura 2.** Quemadura profundizada, aspecto isquémico y cadavérico.

### **Extensión de la quemadura.**

El dimensionamiento adecuado de las quemaduras ayuda a estimar el alcance de la lesión. Más importante aún, ayuda a determinar la cantidad de líquidos requerida para la reanimación en pacientes en estado de choque. El tamaño de la quemadura se expresa como un porcentaje del área total de la superficie corporal (% SCQ). Al determinar el % de SCQ, las quemaduras de primer grado no se incluyen en la tabulación. Los adultos pueden ser mapeados inicialmente usando la "regla de los nueve", que asigna ciertos porcentajes a diferentes áreas del cuerpo. <sup>(28)</sup>

Sin embargo, este esquema no es adecuado para su uso en niños porque la cabeza y el cuello comprenden un porcentaje mayor del área de la superficie corporal, con una porción más pequeña del área de la superficie del cuerpo que abarca las extremidades inferiores. En 1944, Lund y Browder idearon un nuevo sistema de mapeo para niños que tuvo en cuenta estas diferencias en las proporciones corporales con respecto a la edad. <sup>(29)</sup>



La mayoría de los centros de quemados pediátricos ahora emplean una versión modificada del sistema de gráficos Lund-Browder (**Tabla 2**). Este sistema puede ser difícil cuando se mapean niños con quemaduras escaldadas debido a su naturaleza no contigua. Nagel et al describieron otro método para medir quemaduras difíciles al estimar la superficie de la mano de un niño (1-13 años) para aproximarse a un 1% SCQ. <sup>(30)</sup>

**Tabla 1. Descripción de la profundidad de la quemadura.**

| <b>Tipo de Quemadura</b>               | <b>Definición</b>   | <b>Signos Físicos.</b>  |
|--|---|---|
| <b>Superficial</b>                     | Lesión de la epidermis  | La piel es rosada o ligeramente rojiza, seca, sin formación de ampollas, levemente dolorosa al tacto.   |
| <b>Espesor parcial (segundo grado)</b> |   |   |
| Superficial                            | Lesión a la epidermis y 1/3 superior de la dermis                           | La piel es de color rojo brillante o moteado, presencia de ampollas, palidece cuando se toca, extremadamente doloroso al tacto o con movimiento de aire.  |
| Profunda                               | Lesión de la epidermis, la mayoría de la dermis y los apéndices de la piel. | La piel es de color rojo oscuro a blanquecino / amarillento; ampollas rotas y humedad mínima; menos doloroso al tacto en comparación con la quemadura superficial de espesor parcial; Sensación disminuida al pinchazo, pero intacta a la presión profunda. |
| <b>Espesor total.</b>                  | Lesión a la epidermis, dermis y tejido subcutáneo                           | La piel esta carbonizada o de color blanco con textura seca y sensación de cuero; vasos trombosados visibles a través de la escara; sin blanquear y sin dolor; insensible al tacto.   |

**Tabla 2. Área corporal, porcentaje de área de superficie corporal adecuada en pacientes pediátricos.**

| <b>Área</b>             | <b>Nacimiento – 1 año</b> | <b>1 – 4 años</b> | <b>5 – 9 años</b> | <b>10 – 14 años</b> | <b>15 años</b>    |
|-------------------------|---------------------------|-------------------|-------------------|---------------------|-------------------|
| <b>Cabeza</b>           | 19%                       | 17%               | 13%               | 11%                 | 9%                |
| <b>Cuello</b>           | 2%                        | 2%                | 2%                | 2%                  | 2%                |
| <b>Tronco anterior</b>  | 13%                       | 13%               | 13%               | 13%                 | 13%               |
| <b>Tronco posterior</b> | 13%                       | 13%               | 13%               | 13%                 | 13%               |
| <b>Gluteos</b>          | 2.5% cada gluteo.         | 2.5% cada gluteo. | 2.5% cada gluteo. | 2.5% cada gluteo.   | 2.5% cada gluteo. |
| <b>Genitales</b>        | 1%                        | 1%                | 1%                | 1%                  | 1%                |
| <b>Brazo</b>            | 4% cada brazo             | 4% cada brazo     | 4% cada brazo     | 4% cada brazo       | 4% cada brazo     |
| <b>Antebrazo</b>        | 3% cada antebrazo         | 3% cada antebrazo | 3% cada antebrazo | 3% cada antebrazo   | 3% cada antebrazo |
| <b>Mano</b>             | 2.5% cada mano            | 2.5% cada mano    | 2.5% cada mano    | 2.5% cada mano      | 2.5% cada mano    |
| <b>Muslo</b>            | 5.5% cada muslo           | 6.5% cada muslo   | 5.5% cada muslo   | 8.5% cada muslo     | 9% cada muslo     |
| <b>Pierna</b>           | 5% cada pierna            | 5% cada pierna    | 5% cada pierna    | 6% cada pierna      | 6.5% cada pierna  |
| <b>Pie</b>              | 3.5% cada pie             | 3.5% cada pie     | 3.5% cada pie     | 3.5% cada pie       | 3.5% cada pie     |

## 1.2 Antecedentes específicos.

### Epidemiología de las quemaduras por electricidad.

Las lesiones eléctricas (LE) siguen siendo un problema de salud mundial, responsable de una morbilidad y mortalidad considerables. La Organización Mundial de la Salud (OMS) reporta que anualmente las quemaduras originan 180 000 muertes a nivel mundial. En 2016, en México, se reportaron 121 030 casos. <sup>(31)</sup>

El trauma eléctrico resulta del contacto con corriente o lesión por rayo, siendo este último la segunda causa de mortalidad asociada a clima, solo después de las inundaciones, mostrando una incidencia de 0,09-0,12/100 000 personas. <sup>(32)</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 años que representan de 3 a 13% del total de ingresos de estos centros. <sup>(33)</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>(34)</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>(35)</sup>

Las lesiones ocurridas en este tipo de quemaduras son generadas por una colisión de electrones que se da al paso de corriente eléctrica a través de un conductor (tejido), liberando energía térmica ocasionando daño a los componentes de la membrana celular (Fosfolípidos), lo que conlleva a la formación de poros y subsecuente muerte celular, proceso denominado electroporación. <sup>(36)</sup>

La resistencia alta en los puntos de contacto con la piel es parcialmente protectora, ya que una mano callosa seca puede proporcionar el doble de resistencia que la piel normal y cinco veces la resistencia de la piel húmeda. La resistencia alta dentro del cuerpo de la víctima, por otro lado, causa más daño.

A medida que la electricidad viaja a través del cuerpo, la energía eléctrica se convierte en calor en proporción directa a la corriente y la resistencia eléctrica. La necrosis muscular profunda puede ocurrir adyacente al hueso, que tiene una alta resistencia. <sup>(37)</sup>

Hay dos razones por las que la intervención quirúrgica temprana en el paciente con quemaduras eléctricas es prioritaria; la necrosis masiva de tejido profundo puede provocar acidosis o mioglobinuria (**Figura 3**), que no desaparecerán con técnicas de reanimación estándar. En esta circunstancia inusual, pueden necesitarse urgentemente fasciotomías, desbridamiento y/o amputación. Más comúnmente, la inflamación del tejido aumenta el riesgo de síndrome compartimental. <sup>(38)</sup>

Con base en el mecanismo de lesión se obtiene cuatro categorías:

- **Contacto con corriente:** A partir de una fuente de energía hacia un punto anatómico de contacto y posterior a través de los tejidos (de acuerdo con su resistencia). Formando un circuito entre la fuente de energía y la víctima.
- **Rayo globular:** fenómeno natural que consiste en una bola de fuego que generalmente se origina cerca de un rayo normal, manteniendo su brillo, forma y tamaño hasta por 10 segundos. <sup>(39)</sup>
- **Arco voltaico:** la formación de una conexión (arco) entre dos cuerpos (fuente y víctima) producido por la ionización de partículas entre ambos.
- **Electrocución:** debe existir una atracción de carga eléctrica del cielo hacia la tierra o viceversa, donde el cuerpo humano es el punto de contacto. La mortalidad es de 30% (por asistolia y parálisis respiratoria). La muerte ocasionada por electrocución se denomina fulguración. <sup>(40)</sup>

Las causas más comunes de muerte en este tipo de lesiones son; el paro cardiaco o respiratorio. <sup>(41)</sup>

Las arritmias cardíacas, los cambios electrocardiográficos en el segmento ST y la onda T, extrasístoles, taquicardias de origen supraventricular, fibrilación auricular/ventricular, bloqueos AV e incluso asistolia y ruptura miocárdica, son las anormalidades cardíacas que se pueden generar tras la lesión por electricidad. De igual manera se reporta en la literatura disfunción de ventrículo izquierdo con la subsecuente disminución de la *Fracción de Eyección Ventricular Izquierda (FEVI)*, hipocinesia global o falla biventricular, como posibles alteraciones cardíacas secundarias a la exposición a electricidad. <sup>(42)</sup>

Pudiendo no existir compromiso hemodinámico ante disfunción ventricular izquierda, hasta en un 31% de los pacientes. <sup>(43)</sup>

### **Ecografía cardíaca enfocada (Protocolo FOCUS)**

La ecografía cardíaca enfocada (FOCUS por sus siglas en inglés), se considera un complemento a la exploración física en el abordaje de los pacientes con afectación cardíaca aguda.

La ecocardiográfica enfocada permite una evaluación al lado de la cama del paciente, obteniendo información que contribuye a la mejora de las decisiones terapéuticas sobre el cuidado de los pacientes, especialmente aquellos en estado crítico. Difiere de la ecocardiografía convencional, por ser un estudio breve y encauzado en establecer si existe o no un número limitado de diagnósticos críticos, los cuales tendría repercusión clínica inmediata de no ser intervenidos prontamente (por ejemplo; el taponamiento cardíaco). No demanda especialización formal en ecocardiografía o cardiólogo, empero, demanda capacitación supervisada y estructurada.

Se ha comprobado en múltiples estudios, que los dispositivos portátiles para realizar protocolo FOCUS pueden ser operados inclusive por personal no experto en cardiología, pudiendo evaluar; crecimiento ventricular, disfunción sistólica y diastólica, crecimiento de cavidad auriculares, derrames pericárdicos, y gradientes de presión, contribuyendo a la exploración física y toma de decisiones.

En adición los proveedores pueden desarrollar habilidades para valorar otros sistemas y enriquecer la evaluación física.

El entrenamiento en protocolo FOCUS se ha llevado a diversas especialidades médicas, siendo sus facilitadores los encargados de proporcionar la capacitación adecuada. Sin embargo, son los cardiólogos los responsables de mantener la excelencia de dicha práctica, y al mismo tiempo, de facilitar que otros profesionales médicos realicen ecocardiografía enfocada con la finalidad de mejorar la evaluación física.

La garantía de la calidad, las vías de entrenamiento, el perfil de usuarios, los aspectos médicos legales, la documentación de informes médicos aún se encuentra en evaluación.

**Tabla 3. Puntos para evaluar durante el protocolo FOCUS.**

| <b>Estructura</b>                           | <b>Valor cualitativo</b> |                           | <b>Valor Cuantitativo.</b>                         |
|---|--------------------------|---------------------------|--|
| Derrame Pericardio                          | Ausente                  | Presente                  | Volumen  |
| Función sistólica del ventrículo izquierdo. | Normal                   | Reducida                  | Medición en porcentaje de la fracción de eyección. |
| Hipertrofia ventricular izquierda.          | Ausente                  | Presente                  |  |
| Crecimiento auricular izquierdo.            | Ausente                  | Presente                  |  |
| Tamaño de ventricular derecho.              | Normal                   | Marcadamente incrementado |  |
| Vena Cava Inferior                          | Colapsable               | No colapsable             | Medición en milímetros.                            |

Generalmente la evaluación se hace en método binario; ausente o presente. Algunas anormalidades como la función sistólica del ventrículo izquierdo se valoran con métodos semi cualitativos, es decir, normal, reducida o muy reducida. Una medición de la fracción de eyección ventricular izquierda (FEVI), no es obligatoria durante la realización del protocolo, ya que no se debe retrasar la intervención terapéutica por su obtención. Sin embargo, contribuye a la valoración objetiva, de seguimiento y con fines de investigación. Se debe considerar que requiere entrenamiento extendido.

## **2. Justificación.**

Un gran número de niños que sufren quemaduras eléctricas, tiene alteraciones cardiacas asociadas, por lo que resulta de utilidad evaluar los cambios ecocardiográficos en la población pediátrica (escolares y adolescentes) en las primeras 24 horas tras sufrida la lesión, sin importar la superficie corporal quemada, ya que estas alteraciones ecocardiográficas tienen una traducción clínica, con una repercusión hemodinámica importante llevando a un aumento en la morbilidad y mortalidad de los pacientes.

Existen estudios limitados sobre la correlación de la lesión eléctrica entre la disfunción del ventrículo izquierdo (LV) con niveles de Creatina quinasa MB (CK MB) y superficie corporal quemada visible en la población pediátrica mexicana, por lo que resulta relevante estudiar estos cambios mediante el uso de imágenes bidimensionales de rastreo por ecocardiografía enfocada (FOCUS) en las primeras 24 horas con la finalidad de realizar un manejo precoz y eficaz pudiendo disminuir la morbilidad y mortalidad de estos pacientes, así como buscar su recuperación total como se pretende conseguir con la Estrategia Mundial para la Salud de la Mujer, el Niño y el Adolescente 2016 – 2030.



### **3. Planteamiento del problema.**

La lesión por electricidad constituye un problema de salud pública que se incluye dentro de las lesiones no intencionadas, que va en ascenso, mostrando una mayor frecuencia en edad escolar y adolescente que repercute en el funcionamiento de la función miocárdica. Este tipo de lesiones requieren un manejo multidisciplinario en el que la evaluación ecocardiográfica enfocada en las primeras 24 horas constituye un pilar fundamental con la finalidad de detectar las posibles alteraciones miocárdicas que pudieran comprometer la fracción de eyección ventricular y culminar en la muerte del paciente.

La pregunta de investigación es:

***¿Cuál es la correlación entre la disminución de la fracción ventricular izquierda con la superficie corporal quemada y niveles de CPK MB en las primeras 24 horas en pacientes de 6 a 18 años con quemadura eléctrica?***

#### **4. Hipótesis.**

1) Ho. Los niños entre 6 y 18 años con quemadura eléctrica tienen la misma fracción de eyección ventricular izquierda.

Ha. Los niños entre 6 y 18 años con quemadura eléctrica tienen diferente fracción de eyección ventricular izquierda.

2) Ho. Los niños entre 6 y 18 años con disminución de la fracción de eyección del ventrículo izquierdo por quemadura eléctrica en las primeras 24 horas tienen la misma superficie corporal quemada.

Ha. Los niños entre 6 y 18 años con disminución de la fracción de eyección del ventrículo izquierdo por quemadura eléctrica en las primeras 24 horas tienen diferente superficie corporal quemada.

3) Ho. Los niños entre 6 y 18 años con disminución de la fracción de eyección del ventrículo izquierdo por quemadura eléctrica en las primeras 24 horas tienen los mismos niveles de CK MB.

Ha. Los niños entre 6 y 18 años con disminución de la fracción de eyección del ventrículo izquierdo por quemadura eléctrica en las primeras 24 horas tienen diferentes niveles de CK MB.

## **5. Objetivos.**

### **5.1 Objetivo general.**

Correlacionar la disminución de la fracción de eyección del ventrículo izquierdo secundario a quemadura eléctrica en las primeras 24 horas con el porcentaje de superficie corporal quemada y los niveles de CPK MB en niños entre 6 a 18 años.

### **5.2 Objetivos específicos.**

1. Estimar la frecuencia de edad y sexo de mayor presentación.
2. Determinar los puntos de contacto de mayor frecuencia.
3. Identificar los cambios electrocardiográficos y ecocardiográficos en cada paciente.
4. Determinar las complicaciones asociadas a la quemadura eléctrica en las primeras 24 horas.

## **6. Material y métodos.**

Se estudiaron 10 de pacientes de 6 a 18 años con quemadura eléctrica, atendidos en el periodo comprendido de noviembre 2018 a agosto de 2019 en la Unidad de Quemados de los Servicios de Salud del Estado de Puebla.

Se realizó ecocardiografía con protocolo FOCUS utilizando ultrasonido SIEMENS con eco-pediátrico y transductor ultrasónico Modelo 4V1c, Banda 1- 4.5 MHz, Modo 2D, para determinar el porcentaje de fracción de eyección ventricular izquierda.

Se revisaron los expedientes clínicos de cada paciente por personal experto y se creó una base de datos en SPSS Statistics versión 25 para Windows en donde organizarán las variables categóricas otorgando un valor.

Se realizó estadística descriptiva utilizando medidas de tendencia central, dispersión como (media y desviación estándar). Se verificó prueba de normalidad mediante la prueba de Shapiro- Wilk para posteriormente ocupar t de student para diferencia de medias de una muestra y para la correlación de variables cuantitativas se realizó la correlación de Pearson con el programa IBM SPSS versión 25 para Windows.

### **6.1 Tipo y diseño del proyecto.**

#### **6.1.1 Tipo de estudio**

Ambispectvo, observacional, descriptivo, transversal, homodémico.

#### **6.1.2 Características del estudio.**

Se realizó estudio ecocardiográfico a todo paciente escolar o adolescente, quienes hayan sufrido lesión por electricidad, dentro de las primeras 24 horas de ocurrida la lesión sin manejo hemodinámico previo.

## **6.2 Definición del universo de trabajo.**

### **6.2.1 Población fuente.**

Pacientes de 6 a 18 años que ingresan a la Unidad de Quemados de los Servicios de Salud del Estado de Puebla (Anexo al Hospital para el Niño Poblano) que cumpla con los criterios de inclusión.

### **6.2.2 Población elegible.**

Pacientes de 6 a 18 años con quemadura por electricidad que reciben atención en la Unidad de Quemados de los Servicios de Salud del Estado de Puebla.

## **6.3 Definición de las unidades de observación y del grupo control.**

### **6.3.1 Criterios de inclusión.**

- Todo aquel paciente que arribe a la Unidad de Quemados de los Servicios de Salud del Estado de Puebla dentro de las primeras 24 horas tras sufrida la quemadura eléctrica sin manejo previo.
- Pacientes que cuenten con protocolo FOCUS.
- Aquellos cuyos padres otorguen su consentimiento para entrar al protocolo de estudio.

### **6.3.2 Criterios de exclusión.**

- Pacientes que sufran quemadura por otra etiología.
- Pacientes que no cuenten con expediente clínico completo.

### **6.3.3 Criterios de eliminación.**

- Todo paciente que fallezca durante las primeras 24 horas y que no se le haya realizado ecocardiografía con protocolo FOCUS.
- Pacientes trasladados a otra unidad hospitalaria antes de la medición de la fracción de eyección ventricular izquierda.

#### 6.4 Estrategia de muestreo.

Muestreo no probabilístico.

#### 6.5 Definición de variables y escalas de medición.

##### 6.5.1 Cuadro de operacionalización de variables.

| <b>Variable</b> | <b>Definición Conceptual</b>   | <b>Definición Operacional</b>  | <b>Tipo de Variable</b> | <b>Escala de Medición</b> |
|-----------------|--|--|-------------------------|---------------------------|
| <b>FEVI</b>     | Porcentaje de sangre expulsada del ventrículo izquierdo con cada latido. | Porcentaje obtenido de la medición por protocolo FOCUS.<br>Normal: 60 – 80%<br>Disminución leve: 45 – 59%.<br>Disminución moderada: 35 – 44%.<br>Disminución severa: < 30% | Categórica              | Ordinal                   |
| <b>Edad</b>     | Tiempo que ha vivido una persona o cierto animales o vegetales.          | Número de años reportados en el expediente clínico.<br>Preescolar: 2 – 4 años.   | Numérica                | Razón                     |

|                |  |  |            |         |
|----------------|--|--|------------|---------|
|                |  | Escolar: 5 – 9 años.<br>Adolescente:<br>De 10 – 19 años.                   |            |         |
| <b>Sexo</b>    | Condición orgánica, masculina o femenina.  | El sexo reportado en el expediente clínico.<br>Femenino<br>Masculino       | Categórica | Nominal |
| <b>SCQ</b>     | Porcentaje de la extensión de la quemadura con respecto a la superficie corporal.              | Porcentaje de SCQ registrado por escala de Lund y Browder.<br>Del 1 – 100% | Numérica   | Razón   |
| <b>Voltaje</b> | Cantidad de voltios que actúan en un aparato o en un sistema eléctrico.                        | Voltios implicados en el mecanismo de lesión.<br>Alto<br>Bajo              | Categórica | Ordinal |
| <b>CPK-MB</b>  | Isoenzima que se encuentra exclusivamente en el tejido cardíaco y pertenece a la familia de la | Niveles de CPK – MB obtenidos por laboratorio clínico.<br>0 – 4,000        | Numérica   | Razón   |

|   |   |  |            |         |
|---|---|--|------------|---------|
|   | <p>creatina<br/> quinisas, las<br/> cuales se<br/> caracterizan por<br/> catalizar la<br/> fosforilación de la<br/> creatina para<br/> producir<br/> fosfocreatina.</p>   |  |            |         |
| <b>EKG</b>                                  | <p>Representación<br/> gráfica de la<br/> actividad<br/> eléctrica del<br/> corazón en<br/> función del<br/> tiempo, que se<br/> obtiene, desde la<br/> superficie<br/> corporal, en el<br/> pecho, con un<br/> electrocardiógraf<br/> o en forma de<br/> cinta continua.</p> | <p>Alteraciones<br/> registradas al<br/> momento de<br/> realizar el EKG.<br/> Bloqueo de<br/> Rama Derecha<br/> del Has de Hiz<br/> Taquicardia<br/> Sinusal<br/> Ninguna</p> | Categórica | Nominal |
| <b>Cambios<br/> ecocardiográfico<br/> s</b> | <p>Alteraciones<br/> cardiacas o en<br/> sus anexos,<br/> obtenidos<br/> durante<br/> ecocardiografía.</p>  | <p>Alteraciones<br/> registradas<br/> durante la<br/> realización del<br/> protocolo<br/> FOCUS<br/> distintas a la</p>  | Categórica | Nominal |



|                                  |  |  |            |         |
|----------------------------------|--|--|------------|---------|
|                                  |  | <p>disminución de la FEVI</p> <p>Ninguna.</p> <p>Hipocinesia Miocárdica.</p> <p>Derrame Pleural.</p>   |            |         |
| <b>Complicaciones asociadas.</b> | <p>Lesiones asociadas a la enfermedad o derivadas del tratamiento o estancia hospitalaria.</p> | <p>Traumatismos registrados que se hayan derivado del mecanismo de lesión principal.</p> <p>Ninguna.</p> <p>Esguince Cervical</p> <p>TCE + severo</p> <p>Amputación de mano.</p> <p>Contusión Torácica.</p> <p>Síndrome Compartimental</p> <p>.</p> <p>Choque hipovolémico.</p> <p>Choque cardiogénico.</p> <p>Neumotórax no hipertensivo.</p> | Categórica | Nominal |
| <b>Puntos de</b>                 | Sitio anatómico  | Aquello sitios   | Categórica | Nominal |

|                  |   |   |
|------------------|---|---|
| <b>contacto.</b> | que sufre contacto directo con la corriente eléctrica | anatómicos que tuvieron contacto con la corriente eléctrica. Cualquier parte del cuerpo |
|------------------|---|---|

+ Traumatismo craneoencefálico.

## **6.6 Recolección de la información.**

### **6.6.1 Fuentes de información.**

Se consultó expediente clínico.

### **6.6.2 Instrumento de medición.**

Se utilizó ultrasonido SIEMENS / Eco pediátrico / Transductor 4V1c

## **6.7 Bioética.**

Con apego a las normas éticas, reglamento de la Ley General en Salud en materia de investigación para la Salud, y a la declaración de Helsinki y sus enmiendas, el proyecto se envió a revisión por el comité de bioética de la institución.

### **6.7.1 Clasificación.**

De acuerdo con la Ley General de Salud, se consideró una investigación de riesgo mínimo. (Véase hoja de consentimiento informado).

### **6.7.2 Consentimiento informado.**

Cada paciente contó con un consentimiento informado firmado por su padre o tutor, donde aceptó ingresar al estudio de investigación, manteniendo la confidencialidad de sus datos personales. (Ver anexo 8.2).

## **6.8 Recursos.**

### **6.8.1 Humanos.**

El investigador y asesor metodológico pertenecieron al servicio de pediatría del Hospital General Zona Norte de Puebla, “Bicentenario de la independencia”.

El asesor experto perteneció en la Unidad de Quemados de los Servicios de Salud del Estado de Puebla.

### **6.8.2 Materiales.**

- Ecocardiograma portátil.
- Transductor ecocardiográfico.
- Expediente clínico.
- Equipo de cómputo portátil, Windows 10.
- Papelería en general.

### **6.8.3 Financieros.**

Los propios de la Unidad de Quemados de los Servicios de Salud del Estado de Puebla.

## **6.9 Índice de abreviaturas.**

**ABA.** American Burn Association.

**CPK – MB.** Creatinina Quinasa MB.

**DE.** Desviación estándar.

**EE. UU.** Estados Unidos de América.

**EKG.** Electrocardiograma.

**FEVI.** Fracción de Eyección Ventricular Izquierda.

**FOCUS.** Focused Cardiac Ultrasonography.

**Ha.** Hipótesis alterna.

**Ho.** Hipótesis nula

**LE.** Lesiones eléctricas.

**LV.** Left Ventricle.

**OMS.** Organización Mundial de la Salud.

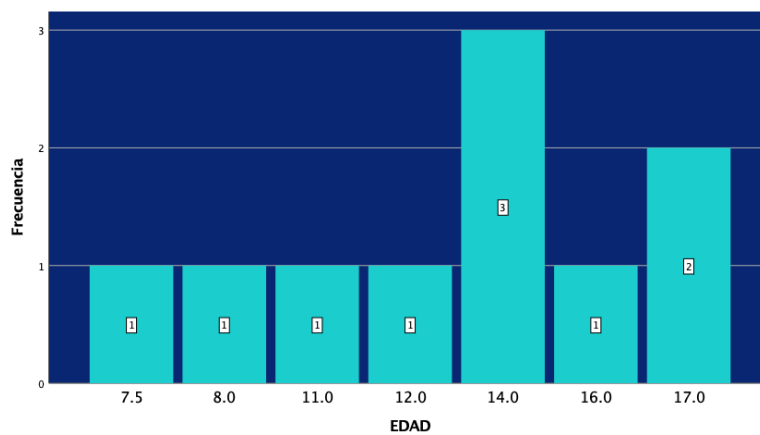
**SCQ.** Superficie corporal quemada.

**SPSS.** Statistical Package for the Social Sciences.

**TCE.** Traumatismo craneoencefálico.

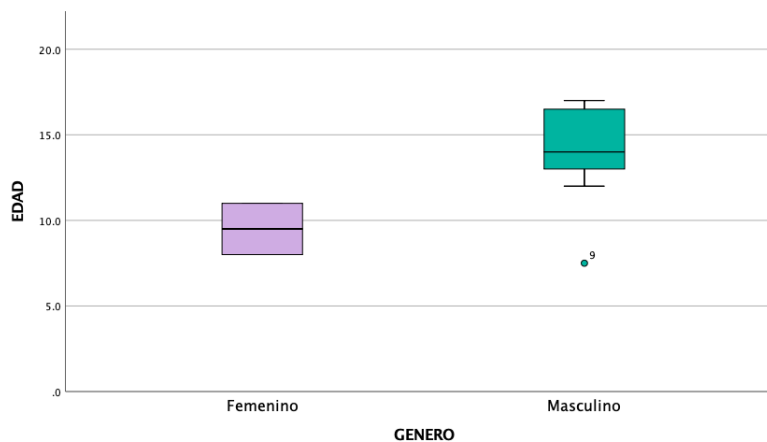
## 7. Resultados

Se encontraron 10 casos de quemadura eléctrica de los cuales el 80% corresponde al sexo masculino y el 20% sexo femenino con una media general de 13 años y una DE 3.4.



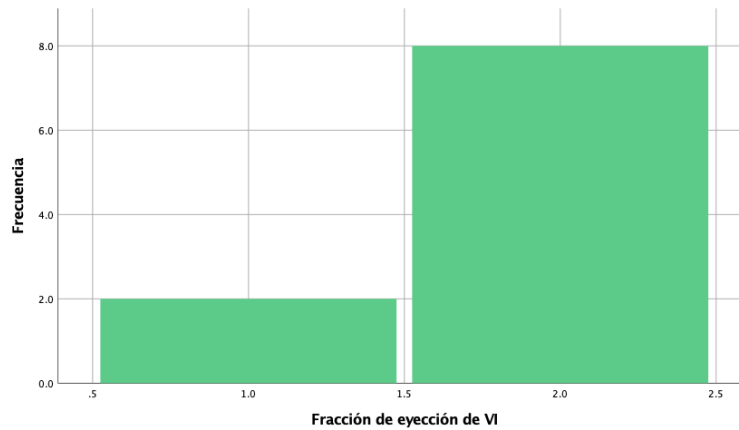
**Figura 4.** Edad de los pacientes

Como se observa en la figura 5 el 50% de los hombres tuvo 14 años con una máxima presentación de 17 años, en el sexo femenino la edad mínima fue de 8 años y la máxima de 11 años.



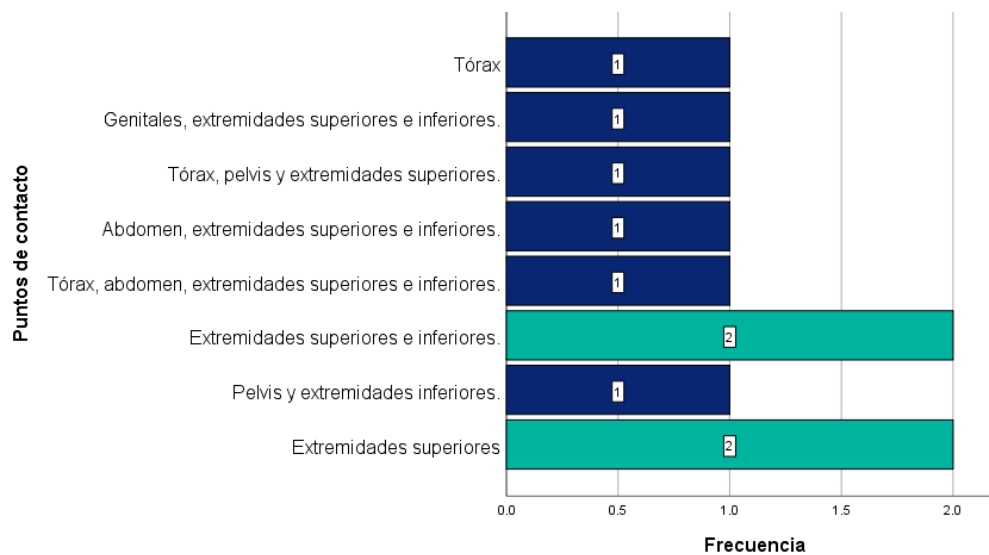
**Figura 5.** Caja brazos, edad.

En la relación a la FEVI, el 20% de los pacientes no tuvieron alteración (FEVI 60-80% = normal), el resto presentó disminución leve (FEVI 45-59%).



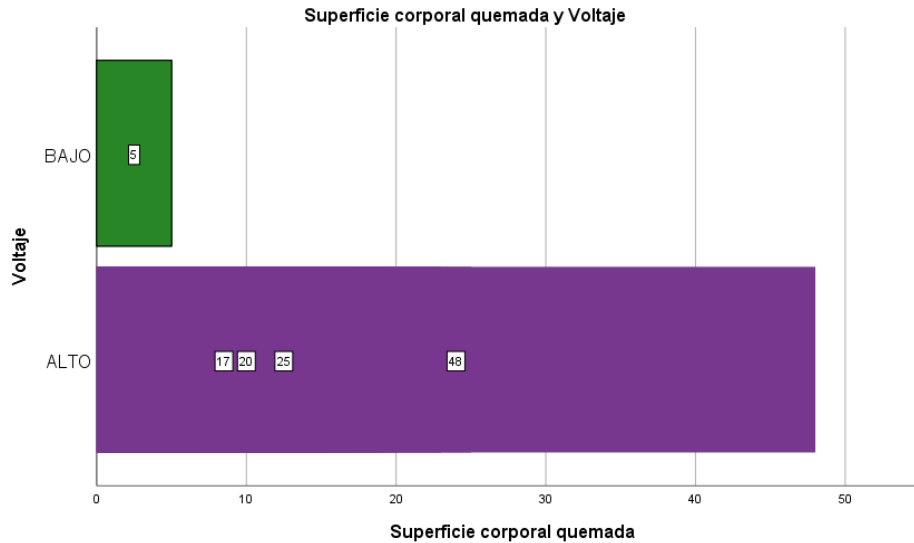
**Figura 6.** Comportamiento de la Fracción de eyección ventricular izquierda.

El punto de contacto más frecuente fueron las extremidades superiores e inferiores, como se aprecia en la Figura 7.



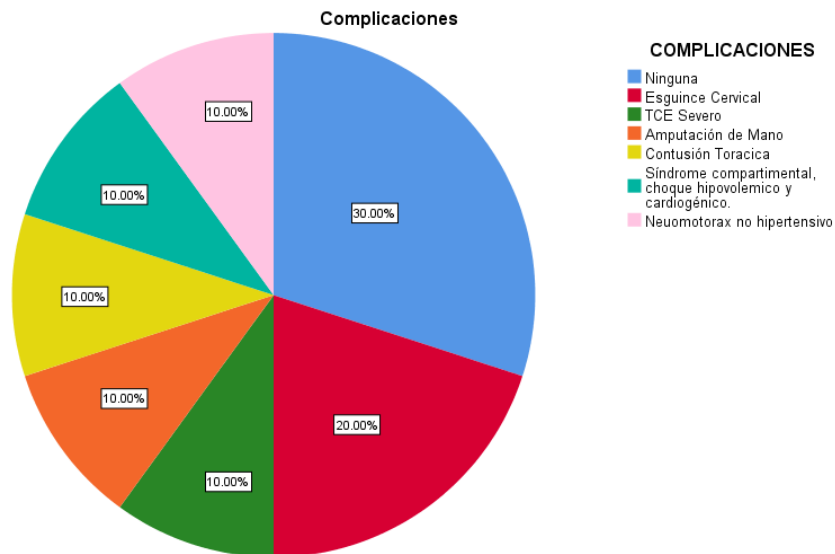
**Figura 7.** Frecuencia de puntos de contacto.

Como se observa en la Figura 8, siete pacientes tuvieron entre 5 a 20% de superficie corporal quemada (SCQ), dos pacientes entre 23 y 25% y un paciente con 43%, observando mayor frecuencia de afección en alto voltaje.



**Figura 8.** Relación porcentaje de SCQ y voltaje.

El 30% de los pacientes no presentó complicaciones asociadas a la lesión eléctrica. Siendo el esguince cervical la complicación más frecuente. Ver figura 9.



**Figura 9.** Complicaciones asociadas a quemadura eléctrica.

Al realizar ecografía cardíaca mediante protocolo FOCUS se reportó hipocinesia miocárdica en siete pacientes y derrame pericárdico en sólo un paciente.

La media para niveles de CPK-MB fue de 1532 y para superficie corporal quemada de 18%

Al emplear t student para la media de una muestra obtuvimos, para FEVI con CPK-MB y porcentaje de SCQ, una  $p < 0.05$ . Ver tabla 4.

**Tabla 4.** Relación entre FEVI y % SCQ y niveles de CPK-MB

|          | <b>MEDIA</b> | <b>DE</b> | <b>t*</b> | <b>IC 95% (Li; Ls)</b> |
|----------|--------------|-----------|-----------|------------------------|
| FEVI     | 57.4         | 8.6       | * $<0.05$ | 1.498;2.102            |
| %SCQ     | 18.4         | 12.67     | * $<0.05$ | 9.33;27.47             |
| CPK – MB | 1532         | 1203.8    | * $<0.05$ | 670.82;2392.1          |

t\*: t student.

Al realizar correlación de Pearson obtuvimos correlación moderada entre FEVI y los niveles de CPK MB ( $r=0.452$ , IC 95%) y correlación débil entre FEVI y porcentaje SCQ. ( $r =0.266$ , IC 95%). Ver tabla 5.

**Tabla 5.** Prueba P para FEVI y porcentaje de SCQ y niveles de CPK-MB.

| <b>FEVI</b> | <b>*P</b> |
|-------------|-----------|
| %SCQ        | 0.266     |
| CPK – MB    | 0.452     |

\*P: Correlación de Pearson.



## 8. Discusión.

La ecocardiografía cambia la impresión clínica y el plan terapéutico en casi la mitad de los pacientes a quienes se les realiza. Dando un valor alto a la ecografía cardíaca enfocada como herramienta de diagnóstico y monitoreo hemodinámico en cuidados intensivos pediátricos y enfatizan la importancia de un programa de entrenamiento riguroso. <sup>(46)</sup>

Este estudio se diseñó para investigar los cambios en la FEVI, mediante la realización de ecocardiografía a través del protocolo FOCUS, y para correlacionar su disminución con los niveles de CPK – MB y el porcentaje de SCQ en pacientes que sobrevivieron a una lesión eléctrica.

Nuestros resultados muestran que la disminución de la FEVI tiene correlación moderada (0.452) con los niveles séricos de CPK – MB y significancia estadística ( $P < 0.05$ ) al relacionarla con el porcentaje de SCQ y niveles séricos de CPK – MB.

Sin embargo, Kim et al, muestran que las alteraciones en la cinética miocárdica después de una lesión eléctrica de alto voltaje no están asociadas con disminución de la contractilidad regional y/o global del VI, y, por lo tanto, sin repercusión en la FEVI. <sup>(47)</sup>.

Aunque algunos estudios <sup>(51, 52)</sup> han demostrado que el daño miocárdico puede ocurrir independientemente del voltaje (alto o bajo), la evaluación de la lesión cardíaca con base en los cambios del EKG o en resultados poco confiables de CK – MB parece ser inadecuado para determinar la presencia o extensión del daño miocardio, sin embargo, como podemos apreciar en nuestro estudio, existe correlación moderada, lo que debe incrementar nuestra sospecha de alteración en la cinética del miocardio y por lo tanto la realización de ecografía cardíaca (protocolo FOCUS).

Por otra parte, estudios previos <sup>(48, 49, 50)</sup> han mostrado conflictos en sus resultados con respecto al daño miocárdico asociado con lesiones eléctrica, las razones

principales para estas diferencias pueden estar relacionadas con tamaños de muestra pequeños y datos insuficientes para soportar el diagnóstico de daño a tejido miocárdico. Como lo fue en nuestro estudio, cuya principal limitación fue el número de pacientes evaluados y la realización del protocolo FOCUS por 1 solo observador.

Lino et al notaron que se observó daño miocárdico en la mayoría de los pacientes con lesión eléctrica de alto voltaje, pero, que la ecocardiografía convencional no era lo suficientemente sensible para detectar daños sutiles al miocardio en comparación con otros métodos de imagen como las imágenes de radionúclidos, que detectó daños significativos. <sup>(49)</sup>.

Con respecto a la relación entre disfunción ventricular izquierda (DVI) y el porcentaje de SCQ, poco se reporta en la literatura mexicana, sin embargo, Martínez et demuestran que existe 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 <sup>53</sup> tal cual lo muestra nuestro estudio.

Si bien se evaluó las alteraciones cardiacas en las primeras 24 horas, tras sufrida la lesión eléctrica es indispensable su seguimiento ecocardiográfico ya que, como lo marca Guinard et al, que aquellos pacientes afectados por alto voltaje pueden persistir con anormalidades cardíacas a largo plazo, lo que justifica su seguimiento con ecocardiogramas seriados. <sup>(44)</sup>. Siendo este motivo para adiestramiento de personal médico para realización de protocolo FOCUS.

## **9. Conclusiones.**

Demostramos la existencia de evidencia estadísticamente significativa entre la disminución de la FEVI con el porcentaje de SCQ y los niveles de CPK MB en pacientes con quemadura eléctrica, lo que podría contribuir en estos casos a la realización de ecografía cardíaca, influyendo en la toma de decisiones, y así, muy posiblemente mejorar el pronóstico de estos pacientes.

En virtud de que la disminución de la FEVI ocurre en pacientes con quemaduras por electricidad, y que pudiera estar relacionada con el %SCQ es indispensable que el personal médico que pertenezca a estos centros médico-especializados posea las habilidades y destrezas para la realización de protocolo FOCUS lo antes posible, con la finalidad de realizar las intervenciones oportunas para el soporte hemodinámico y prever complicaciones.

Existe evidencia de que, al desarrollar anormalidades en la función cardíaca, éstas pueden persistir, por lo que en estos pacientes se justifica el seguimiento a largo plazo con ecocardiografías seriadas.

## 10. Referencias bibliográficas.

1. Bradley J. Phillips, M.D. (2012). *Pediatric Burns*. United States of America: Cambria Press.
2. Pruitt BA Jr. Combat casualty care and surgical progress. *Ann Surg*. 2006; 243: 715–729.
3. Mills SMH. Burns down under: lessons lost; lessons learned. *J Burn Care Rehabil*. 2005; 26: 43–52.
4. Majno G. *The healing hand: Man and wound in the ancient world*. Cambridge, Mass.: Harvard University Press; 1975.
5. Bull JP, Fisher AJ. A study of mortality in a burn's unit: a revised estimate. *Ann Surg*. Mar 1954;139(3):269-274.
6. R. González, C.M. Shanti. (2015). Overview of current pediatric burn care. *Seminars in Pediatric Surgery*, 24, 47-49.
7. Fire Deaths and Injuries. Fact Sheet Centers for Disease Control and Prevention. [http://www.cdc.gov/HomeandRecreational Safety/Fire-Prevention/fires-factsheet.html](http://www.cdc.gov/HomeandRecreationalSafety/Fire-Prevention/fires-factsheet.html).
8. Baker SP, O'Neill B, Ginsberg NJ, et al. Unintentional injury. *The Injury Fact Book*. 2nd ed. New York: Oxford University Press; 1992:39-64.
9. Pruitt Jr BA, Wolf SE, Mason Jr AD. Epidemiological, Demographic, and Outcome Characteristics of Burn Injury Chapter 3. In: Herndon DN, ed. *Total Burn Care*. 3rd ed. Philadelphia: Saunders Elsevier; 2007:14-32.
10. Miguel M. Glatstein, MD, Itay Ayalon, MD, Ehud Miller, MD and Dennis Scolnik, MB ChB. (2013). Pediatric Electrical Burn Injuries Experience of a Large Tertiary Care Hospital and a Review of Electrical Injury. *Pediatr Emer Care*, 29, 737 - 740).
11. Centers for Disease Control and Prevention Burns Safety. The Reality. <http://www.cdc.gov/safechild/Burns/index.html>.
12. Burn Injury Fact Sheet, National Safe Kids Campaign, 1301, Pennsylvania Avenue NW, Suite 1000, Washington DC 20014–21707.

13. Moctezuma LE, Páez I, Jiménez S, Miguel KD, Foncerrada G, Sánchez AY, *et al.* Epidemiología de las quemaduras en México. *Rev Esp Med Quir.* 2015; 20:78-82.
14. Hankins CL, Tang XQ, Phipps A. Hot oil burns – a study of predisposing factors, clinical course and prevention strategies. *Burns.* 2006; 32:92-96.
15. National Burn Repository Report 2007, Dataset 4.0, American Burn Association, Chicago, IL, 2007.
16. Safe Kids Worldwide. Fire Safety. Washington, DC: SKW; 2007.
17. Orgill DP, Solari MG, Barlow MS, O'Connor NE. A finite-element model predicts thermal damage in cutaneous contact burns. *J Burn Care Rehabil* 1998; 19:203.
18. Glatstein, MD, Itay Ayalon, MD, Ehud Miller, MD and Dennis Scolnik, MB ChB. (2013). Pediatric Electrical Burn Injuries Experience of a Large Tertiary Care Hospital and a Review of Electrical Injury. *Pediatr Emer Care*, 29, 737 - 740).
19. Jain S, Bandi V. Electrical and lightning injuries. *Crit Care Clin.* 199; 15: 319–331.
20. Duffy BJ, McLaughlin PM, Eichelberger MR. Assessment, triage, and early management of burns in children. *Clin Pediatr Emerg Med.* 2006; 7: 82–93.
21. Rudolph R, Ballantyne DL Jr. Skin grafts. In: McCarthy J, editor. *Plastic surgery.* Philadelphia: WB Saunders; 1990:221-274.
22. Moritz A, Henriquez, FC. Studies of thermal injury II. *Am J Pathol.* 1947; 23:695-720.
23. Jackson DM. The diagnosis of the depth of burning. *Br J Surg.* 1953;40(164):588-596.
24. Duncan RT, Dunn KW. Immediate management of burns. *Surgery.* 2006; 24(1): 9–14.
25. Pizano LR, Corallo JP, Davies J. Nonoperative management of pediatric burn injuries. *J Craniofac Surg.* 2008; 19(4): 877–881.
26. Sheridan RL. Evaluating and managing burn wounds. *Derm Nurs.* 2000; 12(1): 8–22.

27. Monstrey S, Hoeksema H, Verbelen J, Pirayesh A, Blondeel, P. Assessment of burn depth and burn wound healing potential. *Burns*. 2008; 34(6): 761–769.
28. Knaysi GA, Crikelair GF, Crosman B. The rule of nines: its history and accuracy. *Plast Reconstr Surg*. 1968; 41: 560–563.
29. Lund CC, Browder NC. The estimation of areas of burn. *Surg Gynecol Obstet*. 1944; 79: 352–358.
30. Nagel TR, Schunk JE. Using the hand to estimate the surface area of a burn in children. *Pediatr Emerg Care*. 1997; 13(4): 254–255.
31. Secretaria de Salud, Estado Unidos Mexicano, Subsistema de Notificación Semanal de Casos Nuevos de Enfermedades. Información Epidemiológica de Mortalidad. Casos Nuevos de quemaduras por fuente de notificación; 2016.
32. Ávila S, Solís W. Trauma eléctrico. *Med Leg Costa Rica* 2016; 33:63-9.
33. 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.
34. American Burn Association. Advanced Burn Life Support Course, Provider Manual.
35. Chicago: American Burn Association. 2012. 4. Bradley JP. Pediatric burns. Englewood: Cambria Press. 2012.
36. Lee RC. Injury by electrical forces: pathophysiology, manifestations, and therapy. *Curr Probl Surg*. 2007; 34(9): 677-764.
37. Chilbert M, Maiman D, Sances A, et al. Measure of tissue resistivity in experimental electrical burns. *J Trauma*. 1985;25(3): 209-215.
38. Ofer N, Baumeister S, Megerle K, Germann G, Sauerbier M. Current concepts of microvascular reconstruction for limb salvage in electrical burn injuries. *J Plast Reconstr Aesthet Surg*. 2007; 60(7): 724–730.
39. Rañada FA, Soler M, Trueba LJ. Ball lightning as force-free magnetic knot. *Phys Rev E Stat Phys Plasmas Fluids Relat Interdiscip Topics*. 2000; 403:487-8.
40. Dong L, Chen YC. Injury by electrical forces: pathophysiology, biophysics and pathogenesis. *Fa Yi Xue Za Zhi*. 2002; 18(1): 52-55.

41. 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
42. Kim SH, Cho GY, Kim MK, Park WJ, Kim JH, Lim HE et al. Alterations in left ventricular function assessed by twodimensional 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.
43. 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.
44. Guinard JP, Chiolero 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.
45. Spencer KT, Kimura BJ, Korcarz CE, Pellikka PA, Rahko PS, Siegel RJ. Focused cardiac ultrasound: Recommendations from the american society of echocardiography. *J Am Soc Echocardiogr* [Internet]. 2013 Jun [cited 2019 Oct 12];26(6):567–81. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/23711341>
46. Rato J, Camilo C, Boto L, Rios J, Abecasis F, Vieira M. The Impact of Focused Cardiac Ultrasound Performed by Pediatric Intensivists. *Pediatr Emerg Care* [Internet]. 2019 Aug 19;1. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/31433364>.
47. 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):1282–7.
48. Chandra NC, Siu CO, Munster AM: Clinical predictors of myocardial damage after high voltage electrical injury. *Crit Care Med* 1990; 18:293–297
49. Lino H, Chikamori T, Hatano T, et al: Hightension electrical injury to the heart

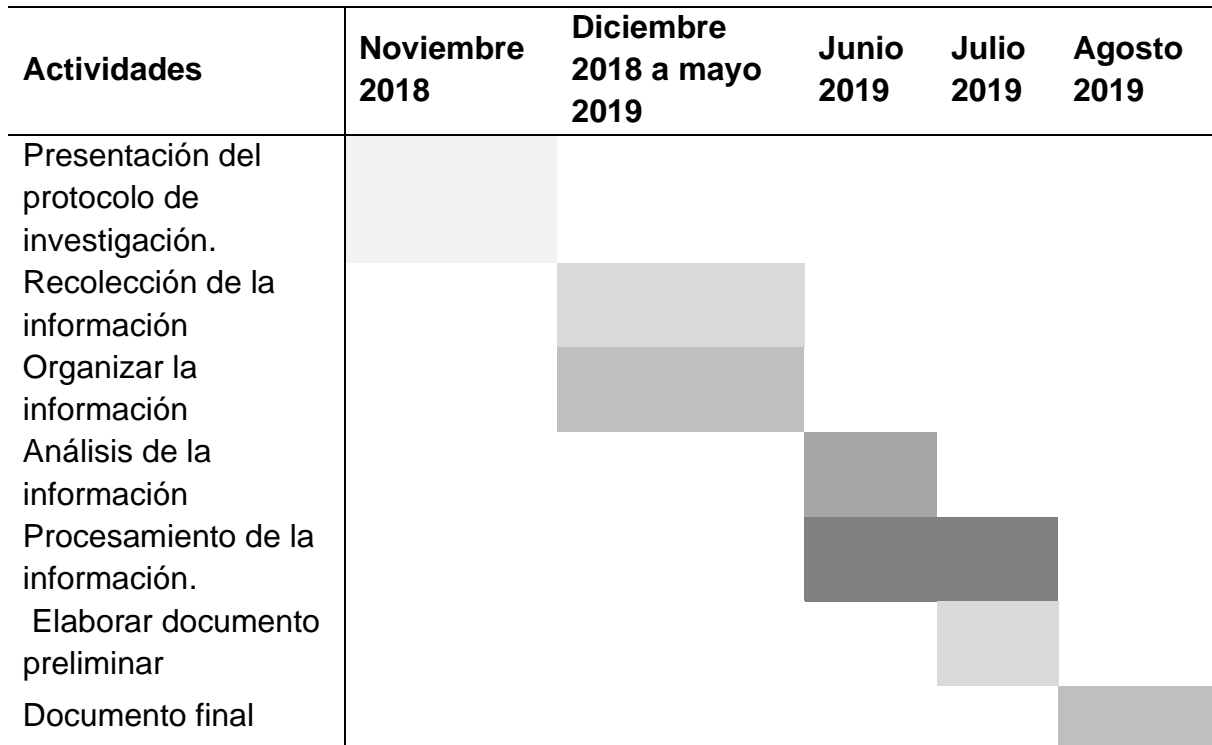
- as assessed by radionuclide imaging. *Ann Nucl Med* 2002; 16:557–561.
50. McBride JW, Labrosse KR, McCoy HG, et al: Is serum creatine kinase-MB in electrically injured patients predictive of myocardial injury, *JAMA* 1986; 255:764–768.
  51. Homma S, Gillam LD, Weyman AE: Echocardiographic observations in survivors of acute electrical injury. *Chest* 1990; 97:103–105
  52. Arnoldo B, Klein M, Gibran NS: Practice guidelines for the management of electrical injuries. *J Burn Care Res* 2006; 27: 439 – 447
  53. 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):10–4.



## 11. Anexos.

### a. Cronograma de Trabajo.

#### i. Grafica de Gantt.



### b. Instrumento de recolección de información.

SPSS Statistics versión 25 para Windows 10.

### c. Carta de consentimiento informado.

| CARTA DE CONSENTIMIENTO INFORMADO PARA PARTICIPACIÓN EN PROTOCOLOS DE INVESTIGACIÓN  |  |
|--|--|
| <b>Nombre del estudio:</b>   |  |
| <b>Lugar y fecha:</b>  | Puebla Pue a _____ de _____ del 201_   |
| <b>Número de registro:</b>   |  |
| <b>Justificación y objetivo del estudio:</b>   | Describir las características clínicas y ecocardiográficas de los pacientes con quemadura eléctrica, en la Unidad de Quemados del Hospital del Niño Poblano.   |
| <b>Procedimientos:</b>   | Encuesta estructurada, Revisión de expediente, Revisión de hallazgos ecocardiográficos   |
| <b>Posibles riesgos y molestias:</b>   | Exposición baja a radiación  |
| <b>Posibles beneficios que recibirá al participar en el estudio:</b>   | Contribuir al conocimiento médico quirúrgico   |
| <b>Información sobre resultados y alternativas de tratamiento:</b>   |  |
| <b>Participación o retiro:</b>   | La participación es voluntaria, podrá retirarse en el momento que decida ya sea por motivos, personales, laborales, y no completar la encuesta sin que haya ninguna repercusión en su atención médica  |
| <b>Privacidad y confidencialidad:</b>  | Se mantendrá la privacidad y confidencialidad del estudio, según la ley General de Salud en Materia de la investigación para la Salud donde el desarrollo de la investigación para la salud debe atender a aspectos éticos que garanticen la dignidad y el bienestar de la persona sujeta a investigación. |
| <b>EN caso de material biológico</b>   | El estudio no requiere toma de material biológico para análisis  |
| <b>Beneficios al término del estudio:</b>  | Orientar a los pacientes que no tengan adecuada calidad de vida y función familiar   |
| En caso de dudas o aclaraciones relacionadas con el estudio podrá dirigirse a:   |  |
| <b>Investigador Responsable:</b>   | Dr. Fernando David Solís Cordero.  |
| <b>Colaboradores:</b>  | Dra. Yaneth Martínez Tovilla.<br>Dra. Mariana Lee Miguel Sardaneta.  |
| En caso de dudas o aclaraciones sobre sus derechos como participante podrá dirigirse a: Comisión de Ética del Hospital General Zona Norte de Puebla. |  |
| Nombre y firma del sujeto  | Nombre y firma de quien obtiene el consentimiento  |

### d. Hoja de mapeo de SQC.



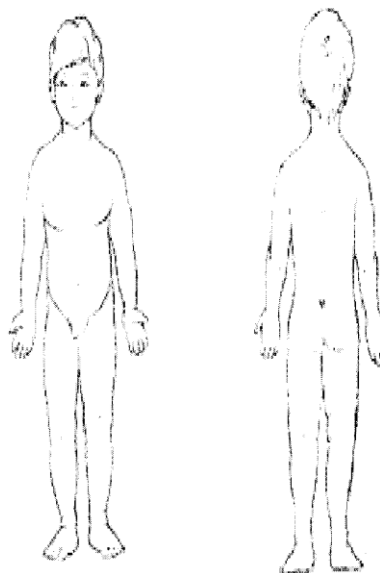
JURISDICCIÓN SANITARIA No. 6  
 UNIDAD PEDIÁTRICA DE QUEMADOS  
 ESQUEMA DE LUND- BROWDER  
 EVALUACIÓN DE LA EXTENSIÓN DE LA QUEMADURA

NOMBRE: \_\_\_\_\_ EDAD: \_\_\_\_\_ FECHA INGRESO: \_\_\_\_\_ CAMA: \_\_\_\_\_  
 EXPEDIENTE: \_\_\_\_\_ QUEMADURA: \_\_\_\_\_ % SC T \_\_\_\_\_ % SC Q GRADO: \_\_\_\_\_ PROFUNDIDAD: \_\_\_\_\_

MARCAJE DE CIRUGÍA ASEO QX \_\_\_\_\_ (N) TOMA DE INJERTO: \_\_\_\_\_ (A) APLICACIÓN DE INJERTO: \_\_\_\_\_ (V)  
 FECHA DE CIRUGÍA: \_\_\_\_\_ FECHA PRÓXIMA CIRUGÍA: \_\_\_\_\_

% DE QUEMADURA RESIDUAL:

| ÁREA CORPORAL       | < 1 AÑO | 1-4 AÑOS | 5-9 AÑOS | 10-15 AÑOS | ADULTO |
|---------------------|---------|----------|----------|------------|--------|
| CABEZA              | 19      | 17       | 13       | 10         | 7      |
| CUELLO              | 2       | 2        | 2        | 2          | 2      |
| TRONCO ANTERIOR     | 13      | 13       | 13       | 13         | 13     |
| TRONCO POSTERIOR    | 13      | 13       | 13       | 13         | 13     |
| NALGA DERECHA       | 2.5     | 2.5      | 2.5      | 2.5        | 2.5    |
| NALGA IZQUIERDA     | 2.5     | 2.5      | 2.5      | 2.5        | 2.5    |
| GENITALES           | 1       | 1        | 1        | 1          | 1      |
| BRAZO DERECHO       | 4       | 4        | 4        | 4          | 4      |
| BRAZO IZQUIERDO     | 4       | 4        | 4        | 4          | 4      |
| ANTEBRAZO DERECHO   | 3       | 3        | 3        | 3          | 3      |
| ANTEBRAZO IZQUIERDO | 3       | 3        | 3        | 3          | 3      |
| MANO DERECHA        | 2.5     | 2.5      | 2.5      | 2.5        | 2.5    |
| MANO IZQUIERDA      | 2.5     | 2.5      | 2.5      | 2.5        | 2.5    |
| MUSLO DERECHO       | 5.5     | 6.5      | 8.5      | 8.5        | 9.5    |
| MUSLO IZQUIERDO     | 5.5     | 6.5      | 8.5      | 8.5        | 9.5    |
| PIERNA DERECHA      | 5       | 5        | 5        | 7          | 7      |
| PIERNA IZQUIERDA    | 5       | 5        | 5        | 7          | 7      |
| PIÉ DERECHO         | 3.5     | 3.5      | 3.5      | 3.5        | 3.5    |
| PIÉ IZQUIERDO       | 3.5     | 3.5      | 3.5      | 3.5        | 3.5    |



ELABORÓ: DR. \_\_\_\_\_  
 CED. PROF. \_\_\_\_\_  
 FECHA: \_\_\_\_\_  
 FIRMA: \_\_\_\_\_