



Reanimación hídrica y lesión renal aguda en quemaduras eléctricas. Experiencia de 7 años en Hospital Simon Bolivar.

Autores

Laura Sofia Nasiff Cabrales

Sandra Jimena Bernal Salazar

**Trabajo presentado como requisito para optar por el
título de Especialista en Emergencias**

Dr Norberto Navarrete Aldana. MD, MSc.

Escuela de Medicina y Ciencias de la Salud

Postgrado en medicina de emergencias

Universidad del Rosario

Bogotá - Colombia

2024

Identificación del proyecto

Institución académica: Universidad del Rosario

Dependencia: Escuela de Medicina y Ciencias de la Salud

Título de la investigación: Reanimación hídrica y lesión renal aguda en quemaduras eléctricas. Experiencia de 7 años en Hospital Simon Bolivar.

Instituciones participantes: UMHE Simón Bolívar

Tipo de investigación: Estudio de cohorte retrospectivo.

Investigador principal:

Sandra Jimena Bernal Salazar, MD

Médico Cirujano de la Universidad Militar nueva granada

Estudiante especialización del Programa de medicina de Emergencias Universidad Colegio

Mayor de Nuestra Señora del Rosario

Laura Sofia Nasiff Cabrales, MD

Médico Cirujano de la Universidad Colegio Mayor de Nuestra Señora del Rosario

Estudiante especialización del Programa de medicina de Emergencias Universidad Colegio

Mayor de Nuestra Señora del Rosario

Asesor clínico y metodológico:

Norberto Navarrete. Médico Cirujano.

Maestría en Epidemiología Clínica.

Médico Especialista en medicina de Emergencias,

Unidad de Cuidados Intensivos de Quemados.

UMHE Simón Bolívar, Bogotá, Colombia.

nnavarrete.md@gmail.com

“La Universidad del Rosario no se hace responsable de los conceptos emitidos por los investigadores en su trabajo, solo velará por el rigor científico, metodológico y ético del mismo en aras de la búsqueda de la verdad y la justicia”.

Agradecimientos

Contenido

1. Introducción.....	8
1.1 Planteamiento del problema.....	8
1.2 Justificación.....	9
2. Marco Teórico.....	10
3. Pregunta de investigación.....	16
4. Objetivos.....	16
4.1 Objetivo General.....	16
4.2 Objetivos específicos.....	16
5. Metodología.....	17
5.1 Tipo y diseño de estudio.....	17
5.2 Población y muestra.....	17
5.3 Tamaño de muestra.....	17
5.4 Criterios de selección.....	18
5.4.1 Criterios de inclusión.....	18
5.4.2 Criterios de exclusión.....	18
5.5 Variables.....	18
5.5.1 Variables dependientes.....	18
5.5.2 Variables independientes.....	20
5.6 Hipótesis.....	22
5.6.1 Hipótesis nula.....	22
5.6.2 Hipótesis Alternativa.....	22
5.7 Plan de análisis.....	22
5.8 Proceso de recolección de la información.....	22
6. Aspectos éticos.....	23
7. Administración del proyecto.....	24
7.1 Cronograma.....	24
7.2 Presupuesto.....	25
8. Resultados.....	26
9. Discusión.....	30
10. Conclusiones.....	32
11. Referencias.....	32
12. Anexos.....	40

Anexo 1. Carta Comité de ética 40

Resumen

Antecedentes: En los pacientes quemados, la reanimación inicial de volumen en forma excesiva o insuficiente se asocian a lesión renal aguda (LRA) e incluso a un aumento en la mortalidad. Sin embargo, los pacientes con quemaduras eléctricas se excluyen sistemáticamente de los estudios clínicos. El objetivo del presente estudio es describir la reanimación hídrica inicial y evaluar la asociación entre la administración de líquidos subóptima o excesiva y la incidencia de LRA.

Metodología: Estudio de cohorte retrospectivo. Se evaluaron pacientes adultos atendidos en las primeras 48 horas posterior a lesión eléctrica en la unidad de quemados del Hospital Simón Bolívar, entre 2007 y 2013. El resultado primario fue LRA temprana. Se evaluaron diferencias en género, edad, Área de superficies corporal quemada, CPK y volumen de líquidos administrados como posibles factores relacionados al desarrollo de LRA.

Resultados: Se evaluaron 456 pacientes. La mediana de ASCQ fue del 5% (2%-12%). 25 pacientes (5,5%) desarrollaron LRA. Ninguno requirió terapia de reemplazo renal. No existen diferencias significativas en edad, sexo, CPK o valor de CPKmax entre pacientes con LRA y sin LRA, excepto para CPK3 ($p = 0,0483$). Aunque el volumen infundido en 0-2 días fue menor en el grupo de LRA, no hubo diferencias significativas respecto a la reanimación insuficiente o excesiva y el volumen de reanimación con líquidos por hora.

Conclusiones: El volumen de reanimación con líquidos no está asociado con el desarrollo de LRA en pacientes con lesiones eléctricas.

Palabras clave: Lesión renal aguda, Rabdomiolisis, Quemadura Eléctrica, Reanimación Hídrica.

Abstract

Background: In burn patients, acute kidney injury (AKI) and mortality had been attributed to both under or over-volume resuscitation. Nonetheless, electrical burns patients are systematically excluded from these studies. Recommendations regarding volume management remain controversial. The aim is to describe fluid resuscitation while concurrently evaluating its association between sub-optimal or excessive fluid and the incidence of early AKI (eAKI).

Methods: Retrospective cohort study. Patient chart review was conducted in Hospital Simón Bolívar. Adult patients admitted to the Burn ICU were included during the first 48 hours after electrical injury, between 2007 to 2013 was analyzed.

Results: A total of 456 patients were included. Median TBSA was 5% (2%-12%). 27 patients (5,9%) developed eAKI. None of the patients underwent renal replacement therapy. There were no significant differences in age, sex, CPK, or CPKmax value between eAKI and Non-eAKI patients, except for CPK3 ($p=0.0483$). Although volume infused in 0-2 days was lower in the eAKI group, there were no significant differences regarding under or over-resuscitation frequency and the hourly fluid resuscitation volume.

Conclusions: Fluid resuscitation volume is not associated with the development of AKI in patients with electrical injuries.

Key words: electrical injuries, electrical burn, acute kidney injury, rhabdomyolysis.

1. Introducción

1.1 Planteamiento del problema

Las lesiones térmicas se caracterizan en su fase inicial por un estado hiperadrenérgico, activación proinflamatoria, disfunción endotelial, hemodilución y disminución de la presión oncótica tisular, los cuales producen un estado de hipovolemia tanto relativa como absoluta que predispone al desarrollo de lesión renal aguda (1-3). La incidencia de falla renal es muy variable dado la utilización de múltiples criterios para su diagnóstico, y está relacionado con un mal pronóstico, con una mortalidad que varía entre un 50% y un 100% (4-13).

En las lesiones eléctricas, además de las características anteriormente descritas en las quemaduras cutáneas, se presenta habitualmente un daño muscular profundo con liberación de productos de degradación del miocito al torrente sanguíneo denominado rhabdomiólisis, el cual no se correlaciona con la extensión de las quemaduras en su superficie (14-17). Ante la severidad del daño muscular, se presenta un alto número de amputaciones que varían entre el 11% y el 49.6% (18-28).

La severidad del daño muscular es descrita por medio de los niveles de mioglobina o CPK (del inglés Creatine phosphokinase) (29, 30), La rhabdomiólisis está asociada al desarrollo de lesión renal aguda por varios mecanismos de lesión de la mioglobina entre los cuales se pueden describir: a) citotoxicidad directa; b) vasoconstricción renal; y C) obstrucción tubular renal (31). Hasta el momento, son muy pocas las referencias que describen la incidencia de lesión renal aguda en lesiones eléctricas y ninguna de ellas describe el criterio utilizado para su diagnóstico.

Las quemaduras por electricidad son un serio problema en nuestro país. La electricidad fue reportada como la principal causa de muerte por quemaduras en Colombia (32). Este tipo de lesiones afecta principalmente a la población joven (32) con un muy bajo porcentaje de retorno a sus actividades laborales previas (28).

En el momento, las recomendaciones sobre el manejo hídrico con cristaloides son muy variables, pues existe una pobre correlación de la extensión de la lesión dérmica con la severidad de la quemadura (severidad de rhabdomiólisis y riesgo de amputación) (33); además

de un vacío de información respecto al efecto de la sub o sobre-reanimación en el desarrollo de lesión renal aguda y por lo tanto, su efecto en la morbilidad del paciente con quemaduras.

1.2 Justificación

Las recomendaciones con respecto al volumen de reanimación hídrica inicial en quemadura eléctrica son variables y aún controvertidas, dado que los pacientes con quemaduras eléctricas son excluidos en forma sistemática en los estudios de evaluación de resucitación hídrica inicial de quemaduras.. Hasta el momento, son muy pocos los estudios que describen la reanimación hídrica inicial en quemaduras eléctricas y lamentablemente no existen estudios que exploren la posible asociación entre la sub o sobre-reanimación inicial y el desarrollo de lesión renal aguda en pacientes con quemaduras eléctricas.

Es fundamental evaluar la posible variables relacionadas al desarrollo de lesión renal aguda con el fin de poder hacer recomendaciones sobre el manejo hídrico inicial, con el fin de disminuir la morbilidad y costos al sistema de salud relacionados a esta complicación.

El lugar donde se desarrolló la presente investigación fue el UMHE Hospital Simón Bolívar, en Bogotá, Colombia, el cual es un hospital de alta complejidad y el centro de referencia más grande de Colombia, con 53 habitaciones, 18 camas UCI (quemados) para adultos; Esta institución hospitaliza en promedio 120 pacientes al año por lesiones eléctricas, lo que lo ubica como la quinta institución a nivel mundial con mayor atención de pacientes con quemaduras, lo cual facilita el desarrollo este estudio.

2. Marco Teórico

2.1 Fisiopatología de la lesión térmica

La lesión térmica por electricidad presenta un reto para el médico e instituciones de salud que enfrentan a un paciente considerado como politraumatizado, con lesiones dolorosas y heridas visualmente impactantes. Las quemaduras eléctricas representan desde un 3% del total de pacientes hospitalizados en unidades de quemados en Estados Unidos (16) hasta un 20% en centros especializados de la India (17).

En las quemaduras por exposición a elementos calientes (agua, sólido o llama) la exposición térmica produce daño por coagulación de proteínas de la matriz dérmica en la llamada “lesión física térmica directa”. Aun cuando se retire del estímulo de calor, la lesión térmica puede continuar por 6-12 horas, producida por el calor residual persistente y no disipar adecuadamente por la piel. A esta lesión se le llama “lesión física térmica indirecta”. En forma temprana y casi simultánea, se presenta una “Fase de lesión bioquímica” la cual continua por cerca de 72 horas. Esta lesión está dada por la respuesta al estímulo físico que inicia por vasodilatación y aumento de perfusión en los tejidos viables periféricos produciendo salida de líquido intravascular al espacio intersticial, edema celular asociado y presencia de mediadores bioquímicos locales (1).

Posteriormente y cerca de 2 horas después se presenta una respuesta inflamatoria con repercusiones locales y sistémicas (3); respuesta al stress térmico que es proporcional a la profundidad y la extensión de las lesiones dérmica, principalmente cuando la quemadura supera el 20% de área de superficie corporal quemada. Esta respuesta produce un estado de hipovolemia relativa y absoluta secundaria a varios procesos fisiopatológicos. Entre los procesos más característicos de este tipo de lesión se encuentra la vasodilatación sistémica, aumento de la permeabilidad endotelial con desplazamiento de líquido intravascular al intersticio; la disminución de la presión oncótica por hemodilución secundaria a la reanimación hídrica, pérdida de albúmina y disminución de su síntesis hepática; aumento inicial de la presión hidrostática y la respuesta inflamatoria secundaria a mediadores inflamatorios de leucocitos, macrófagos y plaquetas (2). Todos los factores anteriormente

descritos pueden alcanzar estados tan severos que se manifiestan como un estado de shock hipovolémico y la muerte.

Los pacientes con lesiones por electricidad, quienes presentan lesiones profundas con un mecanismo de lesión similar al denominado síndrome de aplastamiento, presentan un mayor número de procedimientos quirúrgicos (20-27), alta posibilidad de complicaciones y mayores estancias hospitalarias en comparación a quemaduras de otras causa (34), además presentan rehabilitación prolongada y presencia de secuelas anatómicas o psicológicas que producen dificultad para reasumir la actividad productiva y social previa (19, 28).

Por los mecanismos fisiopatológicos de este tipo de lesiones, se puede presentar un mayor riesgo de desarrollar LRA, el cual es uno de los principales marcadores para mortalidad en las unidades de quemados.

2.2 Lesión renal aguda en el paciente quemado.

El concepto de falla renal aguda ha sido debatido en los últimos años, a raíz de la evidencia que informa que en forma independiente, un compromiso leve de la función renal representada por cambios en el volumen urinario o en la función renal, determinan un peor pronóstico en los pacientes, entre ellos la mortalidad (35). Las posibles razones que pueden explicar el por qué, pequeños cambios en la función renal pueden ser asociados a peor pronóstico, pueden estar relacionados a la sobrecarga hídrica, presencia de acidosis, alteración de electrolitos, retención de urea, retención de productos relacionados, anemia y aumento de las infecciones (36-37).

También se ha determinado que los procesos inflamatorios en donde existe disfunción endotelial, alteración de la coagulación, respuesta inflamatoria sistémica y estrés oxidativo también son también responsables de lesión renal, principalmente en los pacientes con sepsis (38,39). En este mismo sentido, patologías como el Síndrome de Dificultad Respiratoria del Adulto (SDRA), el síndrome de respuesta inflamatoria sistémica (SIRS), la presencia de sepsis y el desarrollo de síndrome de disfunción multiorgánica (SDMO) (40) pueden explicar el desarrollo de LRA entre un 24.4% a 35.7% (32, 33, 41).

Un problema importante en determinar la incidencia de falla renal es la alta variabilidad y múltiples criterios que se utilizaban para hacer su diagnóstico. Para el año 2002, se habían reportado cerca de 35 definiciones en la literatura (42), motivo por el cual, la incidencia de falla renal aguda en las Unidades de Cuidado intensivo era tan variable como del 1% al 25% (43).

Se han realizado esfuerzos para unificar el criterio diagnóstico y los estados de gravedad de la lesión renal aguda. El primer esfuerzo fue realizado por el *Acute Dialysis Quality Initiative (ADQI) Group* grupo (44) quienes acuñaron el término RIFLE (acrónimo de las palabras *Risk, Injury, Failure, Loss and End-Stage Renal Disease*); para referirse a las diferentes clases de severidad. Múltiples estudios han evaluado la clasificación RIFLE. En uno de los primeros estudios Uchino, et al (45) demostró una relación lineal entre la severidad de la clasificación y la mortalidad. Pacientes clasificados como “R”, tenían más de 3 veces mayor mortalidad que los pacientes sin LRA. Pacientes con clasificación “I” tenían cerca de 2 veces mayor mortalidad que los pacientes con clasificación “R”. Los pacientes clasificados como “F” tenían 10 veces mayor mortalidad intrahospitalaria que los pacientes sin LRA.

The Acute Kidney Injury Network (AKIN) group (46), definió en forma más reciente la lesión renal aguda como: “Una reducción abrupta (en 48 horas) en la función renal. Este grupo adopta el criterio RIFLE incluyendo una pequeña adición en el criterio “R” relacionado a un aumento de creatinina de 0.3 mg/dl. Actualmente, LRA se define como un aumento absoluto de la creatinina sérica igual o mayor a 0,3 mg/dl, un incremento porcentual en la creatinina sérica de más de o igual a 50% (1,5-veces el nivel basal), o una reducción en la producción de orina (oliguria documentado de menos de 0,5 ml/kg por hora durante más de seis horas”. Esta definición clasifica a los pacientes en 3 estados de gravedad. La clasificación AKIN no utiliza como criterio la tasa de filtración glomerular pero utiliza un cambio mínimo de creatinina basal al conocerse que pequeños cambios en la creatinina están relacionados con desenlaces adversos (47).

En pacientes quemados, el desarrollo de LRA como complicación, determina un deterioro en el pronóstico final con reportes de mortalidad tan altos que varían entre un 50% - 100% (4-

13, 32, 33). La lesión renal aguda en los pacientes quemados tiene presentaciones temporales de origen diferente (48, 10). La lesión renal aguda que se presenta en la primera semana (LRA temprana o tLRA), está asociada al choque del quemado, inadecuada reanimación hídrica, vasoconstricción periférica, bajo gasto cardiaco o a la presencia de rabdomiólisis (32, 49). La que se presenta luego del quinto a séptimo día (LRA tardía), se relaciona a complicaciones como sepsis, SDRA, SDMO y uso de medicamentos nefrotóxicos como algunos antibióticos. Tanto la lesión renal aguda temprana como la tardía, presentan mortalidad igualmente elevada (48, 50).

2.3 La lesión térmica por electricidad.

La electricidad es el flujo de electrones a través de una vía conductora. Cuando los electrones viajan por el conductor crean una corriente eléctrica la cual se mide en voltios, amperios y ohmios según la fuerza, intensidad y resistencia. La ley de Ohm expresa la relación en donde el flujo de corriente (I), es directamente proporcional al voltaje (V) e inversamente proporcional a la resistencia (R). Uno de los mecanismos por el cual la electricidad produce daño en los tejidos corporales, es la transformación de energía eléctrica en calórica (Ley de Joule) (16, 17).

En el cuerpo humano existen tejidos con diferencias en la proporción de composición de agua lo que determina diferencias en la resistencia. Es por esta razón, que se pueden generar diferentes intensidades y diferentes daños de tejidos a una misma exposición eléctrica (18). Otros dos mecanismos de lesión por electricidad son los denominados electroporación y electro naturalización en donde el paso de la corriente eléctrica modifica la membrana o las proteínas constitutivas de la membrana celular, lo cual finalmente se traduce en la muerte celular.

Los determinantes de la severidad de las lesiones por electricidad son: 1. voltaje, 2. amperaje, 3. duración del contacto, 4. vía de progresión de la corriente a través del cuerpo, 5. resistencia de los tejidos, y 6. tipo de corriente (51). Esta última determina el tiempo de exposición (mayor tiempo de exposición en corriente alterna y mayor intensidad de voltaje en corriente continua) (18).

2.4 Rbdomiolisis y falla renal.

La lesión renal muy raramente es una lesión directa al paso de electricidad. Habitualmente se produce por la gran sensibilidad del riñón a la hipovolemia o la hipoxia (40). Otros factores como son la vasoconstricción y el efecto de toxicidad de la mioglobina son relevantes en la falla renal asociada a rbdomiolisis (31, 52), la cual comparte una fisiopatología similar a la lesión por aplastamiento (53, 54).

Estudios han demostrado diferentes niveles de CPK para definir un mayor riesgo de LRA. Existen estudios con valores tan bajos como 500 U/L, relacionados a un mayor riesgo de LRA (55, 56). En el estudio de rbdomiolisis tardía de Bache, et al, se encontró como punto de corte 5.000 U/L (48); Brown, et al, encontró una diferencia significativa en el mismo punto de corte de CPK en una Unidad de Cuidado Intensivo de trauma (57) y valores de 16.000 U/L en el trabajo de Ward, et al (58). Los valores de corte más altos se encuentran en un estudio de Oda, et al, con pacientes de síndrome compartimental luego del terremoto de Hanshin-Awaji en Japón, con un punto de corte de 75.000 U/L (53).

Sin embargo, existen estudios con resultados contradictorios a lo anteriormente expuesto (35, 10), pues a pesar que en los pacientes eléctricos se observa un pico más alto de CPK, estos estudios no mostraron diferencias significativas en el desarrollo de falla renal entre quemados eléctricos y quemaduras de otras causas.

2.5 Creatinquinasa como marcador de rbdomiolisis.

La enzima creatinfosfoquinasa (CPK), es una proteína constitutiva del músculo esquelético y ha sido utilizada como marcador de severidad del daño muscular en varias patologías como polimiositis, dermatomiositis, distrofia muscular y rbdomiolisis alcohólica (31, 52, 59). En los pacientes con lesiones eléctricas, su utilidad como marcador indirecto de severidad ha sido determinada. En el estudio Kopp et al, reveló una asociación entre valores elevados de CPK y el riesgo de amputación el cual varía entre el 18% y 56% (30). En el estudio de Ahrenholz et al, en los pacientes con CPK >10.000 U/L, el 84% requirieron fasciotomía o amputación (29).

Aunque existen estudios que demuestran una mayor utilidad de la determinación de mioglobina en el diagnóstico de rabdomiólisis (34, 60, 61, 62) y una pobre utilidad de la CPK para predecir LRA (52, 59, 61, 63); también se conoce la limitación de la mioglobina en el seguimiento clínico al presentar un rápido ascenso, nivel pico temprano y corta vida media, su posible metabolismo no renal, su no concordancia según los cambios en la función renal y falsos positivos elevados principalmente en la determinación urinaria (31, 64, 65).

2.6 Reanimación hídrica en las quemaduras generales y en quemaduras eléctricas

Además del aumento de pérdidas por evaporación, los importantes cambios inflamatorios sistémicos y de presión hidrostática y coloidosmótica intravascular que se presentan luego de sufrir una quemadura, producen un estado de hipovolemia tanto absoluto como relativo (1-3) que produce una disminución compensatoria del flujo renal sanguíneo y por lo tanto, una isquemia renal subyacente (66). Por lo tanto, la reanimación hídrica es uno de los pilares fundamentales en la atención del paciente con quemaduras como mecanismo para la corrección del estado de hipovolemia y de choque del quemado (67) y al mismo tiempo para la prevención o corrección de LRA. No solo es el volumen adecuado. Varios estudios han demostrado que la rapidez con la que se instaure el tratamiento hídrico posterior a la quemadura (68-78), y la sobre reanimación (79), también está relacionado con el desarrollo de LRA y aumento en la mortalidad .

Son pocos los artículos que se centran específicamente en la reanimación hídrica de pacientes con quemaduras eléctricas (34). Aunque existe un consenso general de un mayor requerimiento de cristaloides en la fase de reanimación hídrica del paciente con quemaduras eléctricas en comparación a quemaduras de otro agente causal (66); a la fecha, aún existe una alta variabilidad en el manejo de resucitación hídrica en los pacientes con quemaduras eléctricas. Existen artículos que recomiendan el uso de cristaloides según la fórmula de Brook (25, 67), Parkland (68, 69), hasta tasas tan altas calculadas con la fórmula de 7cc/kg/ASCQ (70); y en algunos casos, no se define un volumen específico sino únicamente el objetivo de terapéutico de diuresis (66, 71, 72).

En una revisión próxima a publicar en *Annals of Burns and Fire Disasters* (aceptada Dic /2023), en 61 artículos referentes a quemaduras eléctricas publicados entre los años 2004 a 2019, solamente 1 artículo (80) describe el volumen total de líquidos administrados, el gasto urinario u otra variable que determine la reanimación hídrica inicial. En la misma revisión, sólo 16 artículos describen la frecuencia de compromiso renal sin que ninguno de ellos describa el criterio utilizado para determinar la presencia de esta complicación.

El único artículo que describe la reanimación hídrica en pacientes con quemaduras eléctricas es el artículo de Boyd et al (81), en el cual, realiza un análisis entre las diferencias de líquidos administrados y el gasto urinario de acuerdo a la intensidad del voltaje expuesto. Este análisis incluye inicialmente 42 pacientes, con un análisis final de solo 36 pacientes. Por todo lo anteriormente descrito, se define un vacío en el conocimiento que justifica la realización del presente estudio.

3. Pregunta de investigación

¿Influye la reanimación insuficiente o excesiva en el desarrollo de lesión renal aguda temprana en los pacientes con quemaduras eléctricas, atendidos en el Hospital Simón Bolívar en Bogotá, Colombia en las primeras 48 horas post quemadura?

4. Objetivos

4.1 Objetivo General.

- Determinar si existen diferencias significativas en los volúmenes de reanimación hídrica y diuresis respecto al desarrollo de LRA en los pacientes con quemadura eléctrica.

4.2 Objetivos específicos.

-Determinar la incidencia de LRA diagnosticada según los criterios de *AKIN* en los pacientes con lesiones eléctricas atendidos en la institución durante los años 2007 hasta 2013.

- Determinar si existe diferencias entre la severidad de rabdomiólisis (medida mediante los niveles de CPK) y el desarrollo de LRA.
- Describir el volumen de la reanimación hídrica (cc/kg/ASCQ) y determinar si existen diferencias con respecto al desarrollo de LRA.
- Describir la frecuencia de reanimación hídrica insuficiente o excesiva según los criterios de Parkland + %50% e Índice de Ivy y determinar si existen diferencias con respecto al desarrollo de LRA.
- Describir el gasto urinario global (cc/kg/%ACSQ,cc/kg) y determinar si existen diferencias con respecto al desarrollo de LRA.

5. Metodología

5.1 Tipo y diseño de estudio

Estudio de cohorte retrospectivo.

5.2 Población y muestra

- *Población de referencia:* Pacientes mayores de 15 años, que ingresaron en la unidad de quemados dentro de las primeras 48 horas después del diagnóstico de una lesión eléctrica.
- *Población objetivo:* Pacientes mayores de 15 años, que ingresaron en la unidad de quemados dentro de las primeras 48 horas después del diagnóstico de una lesión eléctrica en Colombia.
- *Población accesible:* Pacientes mayores de 15 años, que ingresaron en la unidad de quemados dentro de las primeras 48 horas después de presentar una lesión eléctrica (incluidas las lesiones por rayos) entre enero de 2007 y diciembre de 2013 en el hospital U.S.S. Simón Bolívar Hospital, Bogotá, Colombia.

5.3 Tamaño de muestra

No aplica. No se realizó estimación de parámetros poblacionales y por lo tanto, no se realizó muestreo sino se realizó evaluación de toda la población accesible durante el tiempo

determinado. Se uso a base de datos ya establecida en un estudio de investigación previo en la Unidad de Cuidados Intensivos de Quemados de la UHME Simon Bolivar (82).

5. 4 Criterios de selección

5.4.1 Criterios de inclusión

1. Lesión térmica por electricidad de origen humano o natural (Rayos).
2. Pacientes con edad igual o superior a 15 años.
3. Ingresó a la unidad de quemados del Hospital Simón Bolívar durante las primeras 48 horas después de presentar la lesión por electricidad.

5.4.2 Criterios de exclusión

1. Antecedente referido por el paciente o familiar sobre la presencia de enfermedad renal crónica.
2. Diagnóstico de infarto agudo de miocardio durante los primeros 7 días posteriores al trauma eléctrico.
3. Fallecimiento temprano en las primeras 72 horas del accidente.
4. Estado convulsivo documentado en el accidente o antes de ingresar a la unidad de quemados.

5.5 Variables

5.5.1 Variables dependientes

La variable desenlace o dependiente es la presencia de LRA temprano (tLRA). La definición conceptual se presenta en la tabla No 1. Ante el desconocimiento del valor de creatinina en el paciente previamente sano, nos acogemos a la recomendación realizada por la *Nationjal Kidney Foundation* (73), en donde se calcula el valor de creatinina basal teórico (Estimación de la creatinina basal) asumiendo que el paciente presenta una tasa de filtración glomerular normal antes de presentar su lesión. La fórmula es obtenida de la ecuación del estudio the *Modification of Diet in Renal Disease (MDRD) Study* la cual es: $75-100 \text{ ml/min} * 1.73 \text{ m}^2$, ajustada según la edad, raza y sexo (Tabla No 2).

Tabla 1. Definición conceptual y operativa de la variable dependiente o el desenlace.

Variable	Definición Conceptual	Naturaleza	Nivel de medición	Escala operacional
Lesión renal aguda temprana (tLRA)	Una reducción abrupta (en 48 horas) en la función renal definida como un aumento absoluto de la creatinina sérica >0,3 mg/dl; un incremento en la creatinina sérica de mayor al 50% (1,5-veces el nivel basal); o una reducción en la producción de orina (<0,5 ml/kg/hr durante más de seis horas; y que se presenta en los primeros 7 días del trauma.	Discreta	Nominal Dicotómico.	0. No 1. Si

Aunque el menor valor de creatinina registrado durante la hospitalización también puede ser utilizado como valor basal, es frecuente que se obtengan valores más bajos al de la creatinina basal del individuo cuando se presenta hemodilución posterior a resucitación masiva con cristaloides (43), otra razón para el uso del valor estimado de creatinina como valor normal de inicio.

Tabla 2. Creatinina basal estimada según la edad, raza y género*

Estimated baseline creatinine				
Age (years)	Black males (mg/dl [μ mol/l])	Other males (mg/dl [μ mol/l])	Black females (mg/dl [μ mol/l])	Other females (mg/dl [μ mol/l])
20-24	1.5 (133)	1.3 (115)	1.2 (106)	1.0 (88)
25-29	1.5 (133)	1.2 (106)	1.1 (97)	1.0 (88)
30-39	1.4 (124)	1.2 (106)	1.1 (97)	0.9 (80)
40-54	1.3 (115)	1.1 (97)	1.0 (88)	0.9 (80)
55-65	1.3 (115)	1.1 (97)	1.0 (88)	0.8 (71)
>65	1.2 (106)	1.0 (88)	0.9 (80)	0.8 (71)

Estimated glomerular filtration rate = $75 \text{ (ml/min per } 1.73 \text{ m}^2) = 186 \times (\text{serum creatinine } [S_{Cr}])^{-1.154} \times (\text{age}) - 0.203 \times (0.742 \text{ if female}) \times (1.210 \text{ if black}) = \exp(5.228 - 1.154 \times \ln[S_{Cr}]) - 0.203 \times \ln(\text{age}) - (0.299 \text{ if female}) + (0.192 \text{ if black})$.

* Obtenida de la ecuación del “*Modification of Diet in Renal Disease (MDRD) Study*”

Las variables en estudio como factores principales, son presentadas en la definición de variables. La variable $CPK_{m\acute{a}x}(x)$, se generó con el valor de CPK máximo registrado durante la primera semana de seguimiento, el cual corresponde habitualmente al día del ingreso o durante el primer día de hospitalización (30, 74).

5.5.2 Variables independientes

Todas las variables clínico demográficas, laboratorios, y de complicaciones.

Tabla 3. Definición de variables

Variable	Definición Conceptual	Naturaleza	Nivel de medición	Escala operacional
CPK_{máx.}	Máximo valor de la creatinfosfoquinasa medida en U/L en los primeros 7 días de hospitalización.	Continua	Razón.	U/L
Edad	Tiempo transcurrido desde la fecha del nacimiento hasta el día de la lesión medido en años cumplidos	Continua	Razón	Años
Sexo	Género del paciente	Discreto	Nominal dicotómico	0. Femenino 1. Masculino
Síndrome Compartimental	Síndrome compartimental se define como la sospecha clínica o confirmada de aumento de la presión intracompartimental de la extremidad comprometida y que haya requerido fasciotomía para su liberación.	Discreto	Nominal dicotómico	0. No 1. Si
Amputación	Pérdida de segmento o totalidad de la extremidad lesionada mediante procedimiento	Discreto	Nominal dicotómica	0. No 1. Si

	quirúrgico. No incluye amputación digital aislada.			
Área de superficie corporal quemada (ASCQ)	Área de la superficie corporal quemada calculada por el personal del servicio de quemados y siguiendo la clasificación de Lund y Browder	Continua	Razón	%
Hipotensión	Medido como tensión arterial media menor de 60 en las primeras 24 horas de su ingreso, o uso de vasopresor e inotrópico	Discreto	Nominal Dicotómico	0. No 1. Si
Líquidos administrados	Volumen de líquidos administrados (cristaloides) durante 24 horas	Continua	Razón	cc/kg/ASCQ cc/kg
Sub-reanimación	Administración de cristaloides en 24 horas que se encuentra bajo los rangos recomendados de reanimación hídrica y el cual aumenta el riesgo de complicaciones relacionadas al <i>Choque del quemado</i> .	Discreta	Nomina Dicotómico	<2cc/k/ASCQ
Sobre-reanimación	Administración de cristaloides en 24 horas que sobrepasa rangos de seguridad y aumenta el riesgo de complicaciones relacionadas al <i>fluid Creep</i> .	Discreta	Nomina Dicotómico	>6cc/k/ASCQ y >250cc/kg
Diuresis	Volumen de gasto urinario en 24 horas	Continua	Razón	cc/kg ó cc/kg/ASCQ

5.6 Hipótesis

5.6.1 *Hipótesis nula (H₀): Hipótesis nula (H₀):* Los pacientes con quemaduras eléctricas que desarrollan LRA temprana presentan un volumen de líquidos administrados igual o mayor comparado con los pacientes que no desarrollaron LRA temprana.

5.6.2 *Hipótesis Alterna (H₁):* Los pacientes con quemaduras eléctricas que desarrollan LRA temprana presentan un volumen de líquidos administrados inicial menor, comparado con los pacientes que no desarrollaron LRA temprana.

5.7 Plan de análisis

El análisis descriptivo para resumir los atributos del conjunto de datos se realizó utilizando la versión 16 del programa estadístico STATA®. La edad, ASCQ, CPK, y volumen total de líquido se informan como mediana y rango intercuartil (sigla en inglés: IQR) al no presentar una distribución normal después de la prueba de Shapiro-Wilk. Las variables categóricas se expresan como porcentajes. Se utilizó la prueba U de Mann-Whitney para evaluar diferencias potenciales en datos cuantitativos y la prueba Exacta de Fisher o χ^2 para evaluar diferencias en las variables categóricas. Se predetermina un nivel de significancia (alfa) inferior a 0,05.

Se evaluó la relación entre ASCQ, hipotensión, síndrome compartimental, CPK máxima, volumen de líquido (ml/kg/h), volumen de líquido acumulado (ml/kg), sub y sobre-reanimación, y el desarrollo de LRA temprana.

5.8 Proceso de recolección de la información

La revisión de historias clínicas de pacientes se realizó en UMHE Simón Bolívar, en Bogotá, Colombia. La recolección de la información fue obtenida durante los años 2013 a 2015 durante el primer estudio. En este proceso participó una Enfermera Jefe (Licenciada) del servicio de quemados, ante las características particulares de los registros y los datos a obtener. Toda la información fue revisada en segunda oportunidad por el investigador (N Navarrete), con el fin de confirmar la calidad de la base de datos.

Se recogieron datos de las historias clínicas electrónicas de la institución. Los datos demográficos incluyeron edad y sexo, porcentaje de afectación de la superficie corporal total predicho con el diagrama de Lund-Browder, hipotensión y/o uso de vasopresor, diagnóstico de síndrome compartimental clínico y tiempo de tratamiento (lesión hasta la aparición de

líquidos). Se obtuvieron los valores de CPK, creatinina y urea, producción de orina y volumen de líquidos intravenosos durante los primeros siete días después del ingreso. Día 0 se denomina al día de ingreso a la unidad de quemados. La reanimación insuficiente se definió como un volumen infundido <2 ml/kg/ASCQ y la sobre-reanimación se consideró como el índice de Ivy superior a 250 ml/kg o un volumen global de cristaloides equilibrados >6 ml/kg/ASCQ.

6. Aspectos éticos

El estudio se realizó dentro de los principios éticos para las investigaciones médicas en seres humanos según la Declaración de Helsinki - 59ª Asamblea General, Seúl, Corea, Octubre 2008 (82).

Se tuvo en cuenta las regulaciones locales del Ministerio de Salud de Colombia Resolución 8430 de 1993 en lo concerniente al Capítulo I “De los aspectos éticos de la investigación en seres humanos” (83).

La aprobación para este estudio se obtuvo del Comité independiente de ética en investigación clínica (SNCEI-163, 06/07/2022) quien además autorizó el uso de la base de datos del estudio, tesis de maestría de uno de los autores, titulada “Lesión renal aguda temprana en adultos con lesiones eléctricas. Score de predicción” Con código CI-045 y Aprobación Feb/2013 (Anexo 1). El consentimiento informado no fue necesario tras la supervisión regulatoria ética de los estándares de investigación clínica y la consideración que la presente investigación fue clasificada dentro de la categoría sin riesgo.

Se limitará el acceso de los instrumentos de investigación únicamente a los investigadores según Artículo 8 de la Resolución 008430 de 1993 del Ministerio de Salud.

Será responsabilidad de los investigadores el guardar con absoluta reserva la información contenida en las historias clínicas y a cumplir con la normatividad vigente en cuanto al manejo de la misma reglamentados en los siguientes: Ley 100 de 1993, Ley 23 de 1981, Decreto 3380 de 1981, Resolución 008430 de 1993 y Decreto 1995 de 1999.

Todos los integrantes del grupo de investigación estarán prestos a dar información sobre el estudio a entes organizados, aprobados e interesados en conocerlo siempre y cuando sean de

índole académica y científica, preservando la exactitud de los resultados y haciendo referencia a datos globales y no a pacientes o instituciones en particular.

Se mantendrá absoluta confidencialidad y se preservará el buen nombre institucional profesional.

El estudio se realizará con un manejo estadístico imparcial y responsable.

No existe ningún conflicto de interés por parte de los autores del estudio que deba declararse.

7.Administración del proyecto

7.1 Cronograma

Actividades	Feb 2023	Mar- Jun 2023	Jun- Agos 2023	Sept- Nov 2023	Dic 2023- Ene 2024	Feb- Mar 2024	Abr 2024
Realización Protocolo de Investigación	■						
Sometimiento del protocolo al comité técnico científico y de ética		■					
Piloto de formatos de recolección de información			■				
Recolección de información			■	■			
Tabulación de los datos				■			
Análisis de los datos					■		
Redacción de informe final						■	■

Rubros	Total
Equipos	1.000.000
Consecución de información	2.300.000
Tiempo de trabajo	3.500.000
Gran total	6.800.000

8. Resultados

El estudio evaluó un total de 456 pacientes durante un período de 6 años, desde enero de 2007 hasta diciembre de 2013. La mayoría de los sujetos, 432 (94,7%) eran hombres y 24 (5,3%) mujeres, con una edad media global de 32 años (IQR, 25 - 42 años). El ASCQ promedio fue 9,0% +/- 10,3% (mediana 5%, IQR: 2-12%) el ASCQ más alto registrado fue 75%. 57 pacientes (12,5%) tenían ASCQ>20%. 359 pacientes (78,7%) tuvieron una puntuación ABSI menor o igual a 5 y 86 (18,9%) tuvieron una puntuación de 6-7. La presencia de hipotensión/requerimiento vasopresor y síndrome compartimental se presentó ambos casos en 36 pacientes (7,9%). La mayoría de los pacientes ingresaron a la unidad de Quemados en forma temprana posterior a su descarga eléctrica. 214 pacientes (46,9%) fueron hospitalizados las primeras 6 horas, 98 (21,5%) entre 6-12 horas, 72 pacientes (15,8%) entre 12-24 horas y 72 pacientes (15,8%) entre 24 y 48 horas respectivamente.

En 15 pacientes no se registró CPK. La rabdomiolisis estuvo presente en el 54,9% de los pacientes con un aumento constante y un pico durante el tercer día de hospitalización. La mediana de CPK fue 1.350 UI/lt (IQR: 355-7539) con un máximo de 142550 UI/lt. En 91 pacientes (20,6%) se presentó CPK>10.000 UI/lt. El manejo hídrico y el volumen de cristaloides administrados durante la primera semana se puede ver en la figura 1. La tasa de infusión, el volumen de líquido acumulado y la diuresis (ml/h) durante el ingreso y los primeros 3 días de hospitalización se pueden ver en la tabla 4.

Figura 1. Líquidos intravenosos administrados en los primeros 6 días.

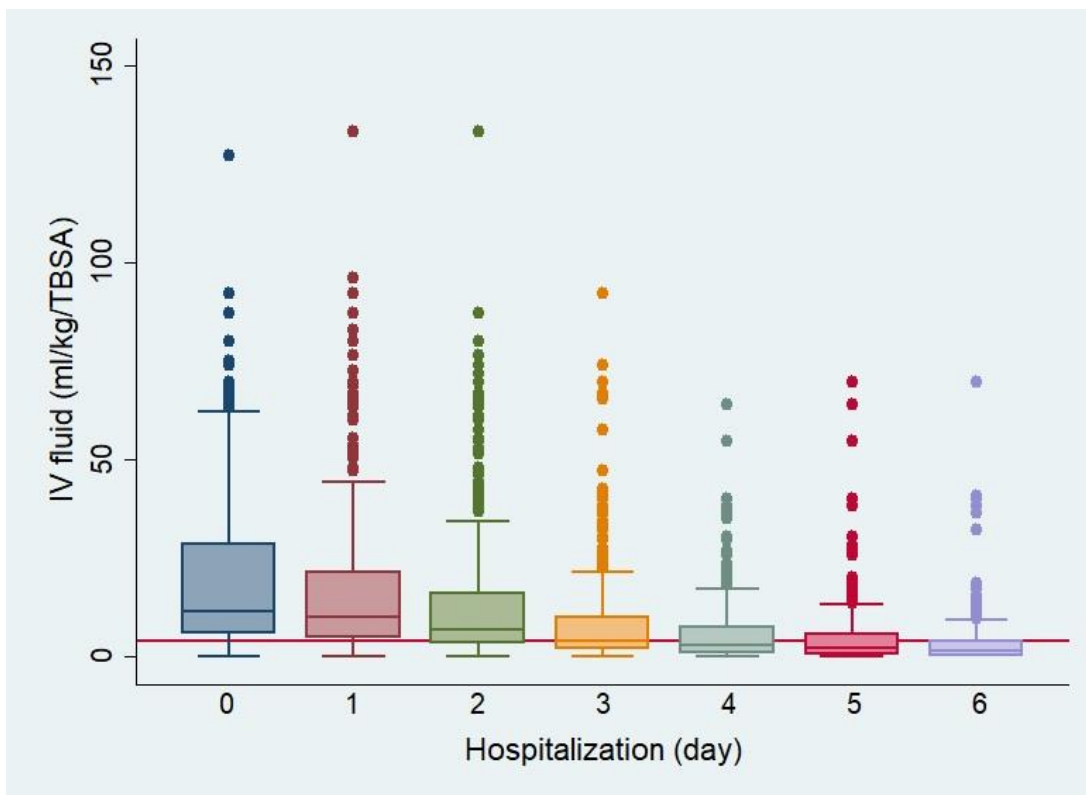


Tabla 4. CPK, líquidos administrados y acumulados y diuresis durante los primeros 3 días de hospitalización

	D0	D1	D2	D3
CPK (UI/Lt)	817 (281 – 4397)	1237 (304 – 7756)	1506 (357 – 6620)	2121 (764 – 7257)
Tasa L.Ringer (ml/hr)	150 (120-250)	150 (100-200)	120 (50-200)	100 (50-180)
Cristaloides Balanceados cc/kg/ASCQ*	12.0 (5.8 - 29.7)	10.0 (4.8 - 21.4)	6.9 (3.0-16.0)	4.0 (1.7-10)
Cristaloides Balanceados (Lts/día)	2.23 (1.53-3.83)	3.60 (2.4-4.81)	2.65 (1.2-4.8)	2.4 (1.2-3.96)
Cristaloides balanceados Acumulado Total	2.24 (1.53-3.83)	6.00 (4.33-9.00)	9.20 (6.00-13.82)	12.98 (9.11-19.20)

(Lts)				
Cristaloides balanceados (ml/kg)	33.76 (22.5–57.08)	56.3 (34.8–82.8)	41.3 (18.1–68.6)	37.8 (16.7–59.0)
Líquidos acumulados (ml/kg)**	33.76 (22.5–57.1)	91.81 (64.0–131.1)	135.78 (92.2–209.1)	190.08 (134.5–288.6)
Total administrados (lts)***	3.83 (2.59–6.14)	6.10 (4.35–8.1)	5.1 (3.15–7.1)	4.97 (3.2–6.8)
Gasto Urinario (cc/hr)	136.1 (90–200.2)	186.6 (137.2–245.8)	161.6 (114.9–220.8)	144.9 (106.3–200)

* Según fórmula de Parkland 4cc/kg/ASCQ

** Según el índice de Ivy.

*** Suma de cristaloides balanceados, nutrición enteral, nutrición vía oral y soluciones hipertónicas.

Respecto a la sobre-reanimación, se administró más de 6cc/kg/ASCQ en más del 70% de los pacientes: en el momento D0: 327 (73,3%); D1: 302 (67,7%); D2: 239 (55,2%); D3: 147 (40,8%). Con respecto a la sobre reanimación de acuerdo al Ivy Index (>250 cc/kg acumulado), ningún paciente superó el umbral en el tiempo D0; en el D1: 20 pacientes (4,4%); D2: 67 pacientes (15,5%) y D3: 120 pacientes (33,6%) (Ver Tabla 3). Respecto a la sub-reanimación, se identificaron en el D0: 65 pacientes (14,25%); en D1: 90 (20,0%); D2: 142 (32,7%) y D3: 150 (50,0%). (Ver Tabla 5).

Tabla 5. Frecuencia de sub y sobre-reanimación

Día	Sub-Reanimación	Sobre- Reanimación	
	<4 ml/kg/ASCQ	>6 ml/kg/ASCQ	Ivy (>250 cc/kg)
D0	65 patients (14.2%)	334 patients (73.3%)	0 patients (0.0%)
D1	90 patients (20.0%)	305 patients (67.6%)	20 patients (4.4%)
D2	142 patients (32.7%)	240 patients (55.3%)	67 patients (15.5%)

Respecto al desenlace, objetivo del estudio, 25 pacientes (5,5%) desarrollaron LRA temprana. Ninguno de los pacientes recibió terapia de reemplazo renal. No hubo diferencias significativas en las variables demográficas o clínicas (edad, sexo, CPK o valor de CPKmax) entre pacientes con LRA y sin LRA, excepto CPK3 ($p=0,0483$) (Ver Tabla 6), síndrome compartimental ($p=0,038$), hipotensión ($p= 0,009$) y UO0 y UO1 ($p<0,001$ y $p=0,005$ respectivamente) (Ver Tabla 6). Aunque el volumen infundido en 0-2 días fue menor en el grupo LRA temprana (ml/kg/ASCQ), esta diferencia no es significativa. Se observó un mayor volumen acumulado de líquidos administrados según el índice de Ivy (ml/kg) en los D2 y D3 (0,031 y 0,049 respectivamente). No hubo diferencias significativas con respecto a la frecuencia de sub o sobre-reanimación excepto el día D2 en el cual se presenta una mayor frecuencia de sobre-reanimación en los pacientes que desarrollaron LRA temprana (9 pacientes (13,4%) vs 15 pacientes (4,1%), $p=0,002$). La diuresis fue significativamente menor en el grupo LRA temprana en el DO: 40,1 v. 138,8 ml/h ($p<0,001$) y D1: 156,6,1 v. 187,6 ml/h ($p=0,012$) (ver Tabla 6).

Tabla 6. Comparación de características demográficas y clínicas entre los pacientes que desarrollaron LRA temprana y sin desarrollo de LRA.

	No LRA (431)	LRA(25)	p
Edad (Años)	31 (25-42)	34 (27-52)	0.155
Sexo (Masculino)	408 (94.7%)	24 (96.0%)	1.000
ASCQ (%)	5% (2-12)	8% (2-22)	0.118
Síndrome Compartimental	31 (7.2%)	5 (20.0%)	0.038*
Hipotensión	30 (7.0%)	6 (24.0%)	0.009*
CPK 0 (UI/lt)	824 (278-4394)	787 (464-5082)	0.543
CPK 1 (UI/lt)	1192 (290-4998)	4959 (552-14970)	0.068
CPK max (UI/lt)	1281 (340.5-7150.5)	4959 (558.2-29814)	0.069
D0 IV líquidos (ml/kg/ASCQ)	12 (6.0-30.0)	7.7 (4.7-26.7)	0.171
D1 IV líquidos (ml/kg/ASCQ)	10.0 (4.9-21.4)	8.0 (4.0-18.7)	0.612

D0 IV Acumulado (ml/kg)	33.7 (22.5-57.4)	34.2 (22.4-52.5)	0.966
D1 IV Acumulado (ml/kg)	91.0 (63.6-129.2)	108.7 (71.6-181.0)	0.073
D0 Diuresis (ml/hr)	138.8 (96-203.6)	40.1 (23.4-116)	<0.001*
D1 Diuresis (ml/hr)	187.6 (137.4-248.2)	156.6 (91.6-210.2)	0.012*

9. Discusión

Consideraciones especiales para quemaduras eléctricas

Los pacientes con quemaduras eléctricas generalmente requieren más cristaloides que los otros tipos de quemaduras, principalmente por las lesiones profundas y ocultas más allá de la extensión de la lesión cutánea. Se prefiere una infusión continua de líquidos intravenosos a los bolos, con el fin de minimizar el edema intersticial que puede empeorar el daño tisular asociado con las lesiones eléctricas. Aunque actualmente, la *American Burn Association* en su curso *Advanced Burn Life Support (ABLS)* recomienda utilizar la fórmula de Parkland (4 ml/kg/ASCQ) para el cálculo de los líquidos administrados durante las primeras 24 horas, sin embargo, en los pacientes con quemaduras eléctricas, el ASCQ habitualmente es mucho menor en comparación a la extensión de quemaduras de otras causas como se confirmó en el artículo de Ghavami et al (84), reportando un promedio de 14.43% vs 32.54% ASCQ, respectivamente. Adicionalmente, la extensión de ASCQ no se correlaciona con la severidad de la lesión eléctrica, dado la alta frecuencia de lesiones profundas y presencia de rabdomiolisis. Por todo lo anterior, la unidad de quemados de la UHME Hospital Simón Bolívar presenta como protocolo, un uso mayor de cristaloides en la reanimación inicial en comparación a lo recomendado por la ABA. Lamentablemente no hay estudios que permitan comparar los hallazgos. El estudio de Boyd et al (81), describe el manejo de cristaloides durante los dos primeros días pero divididos de acuerdo al tipo de corriente en alto y bajo voltaje, caracterización ausente en el presente estudio. Por esta misma razón, tampoco existen estudios publicados que permitan comparar la frecuencia de sub o sobre reanimación en quemaduras eléctricas.

La reposición de líquidos es un aspecto crítico de la reanimación inicial de pacientes con quemaduras eléctricas. El objetivo inicial debe ser una producción de orina superior a 75 a 100 cc/hr si no hay signos de mioglobinuria, y preferiblemente superior a 100 cc/hr si hay hemoglobinuria macroscópica. Ante los hallazgos del presente estudio y la presencia de sub reanimación es posible será necesario aumentar la reposición de líquidos entre 2 y 3 veces dependiendo de la superficie total involucrada. La diuresis objetivo considerada debe ser de hasta 2-3 ml/kg/hr.

La definición de rhabdomiólisis está determinada por los niveles séricos de CPK, aunque no esté definido un valor exacto en la literatura, es recomendado utilizar cinco veces el límite superior del nivel normal, que sería mayor a 1000 U/L (dependiendo de los valores de cada laboratorio).

Nuestro protocolo institucional establece el Lactato de Ringer para la reanimación volumétrica en la fase inicial. La diuresis objetivo fue de 1,5-2,0 cc/kg/hora en rhabdomiólisis y superior a 2,0 cc/kg/hora en presencia de mioglobinuria macroscópica. Nuestra unidad no utilizó alcalinización de la orina, infusión de manitol ni diuréticos de asa como tratamiento adicional del LRA.

Una vez que se puede controlar la producción de orina, se debe ajustar la reanimación con líquidos para mantener una producción de orina objetivo de 1,0 ml/kg por hora. Este objetivo puede aumentarse a 1,5 cc/kg/h dependiendo del estado del paciente. El objetivo es continuar la reanimación con líquidos hasta que se alcance la producción de orina deseada y se haya eliminado la mioglobina en la orina.

Respecto a la presencia de LRA en pacientes con quemaduras eléctricas, existen varias dificultades que también impiden realizar una discusión comparativa con otros estudios. El primero de ellos, es que aún no existe una definición de LRA temprana, con puntos de corte que varían desde el segundo o tercer día hasta el séptimo día. Segundo, que los artículos publicados hasta el momento, ninguno registra los criterios utilizados para el diagnóstico de LRA. En la revisión próxima a publicar (80), de 61 artículos publicados, únicamente 22 registraron la presencia de lesión renal aguda con la frecuencia tan alta como del 23.1%, en comparación al presente estudio el cual la frecuencia de LRA fue del 5.5%.

Limitaciones del estudio

Se trata de un estudio de un solo centro lo cual plantea limitación para la generalización de los resultados. El carácter retrospectivo del presente estudio presenta sus propias limitaciones como la imposibilidad de obtener datos completos de todas las variables. Sin embargo, el nivel de datos incompletos es bajo y no se realizó análisis de datos completos ni tampoco imputación de datos. Existen algunas variables que lamentablemente no se obtuvieron al momento de realizar la obtención de datos iniciales y por tanto, es imposible obtener dicha información en el momento. Una de ellas, es la ausencia de la variable de tipo de voltaje (alto y bajo voltaje), el cual puede ser un factor relacionado al desarrollo de LRA. Se espera que esta primera aproximación del manejo de líquidos en quemaduras eléctricas, permita generar hipótesis adicionales, además de generar próximamente otros tipos de análisis como modelos explicativos de medidas recales entre otros

10. Conclusiones

En ausencia de un estándar de tratamiento, encontramos que es posible que aquellos pacientes con quemaduras eléctricas, independientemente del ASCQ, que alcanzaron una producción urinaria superior a 2 cc/kg/hora en cada uno de los primeros tres días después de la lesión, tuvieron un riesgo significativamente menor de desarrollar lesión renal aguda. La reducción de la diuresis durante el día del ingreso probablemente esté asociada con el desarrollo de LRA temprana.

Ni el tiempo de inicio de tratamiento en la unidad de quemados, ni el volumen de la reanimación hídrica inicial están asociados con el desarrollo de LRA temprana en lesiones eléctricas. La reanimación guiada por objetivos fisiológicos como la diuresis debe ser uno de los objetivos a alcanzar en los cuidados críticos de pacientes con quemaduras eléctricas.

11. Referencias

1. Rong Xiang Xu, Bradford S. Weeks. Burns. Regenerative medicine and therapy. Karger Publishers. 2004
2. Burn injuries. P.A.Markoa, J. Layona, L.Carusoa, D.W. Mazingob, A.Gabriellia. Curr Opin Anaesthesiol, 2003; 16:183–191.

3. Lund T, Onarheim H, Reed RK. Pathogenesis of edema formation in burn injuries. *World J Surg*. 1992 Jan-Feb;16(1):2-9. Review. PubMed PMID: 1290261.
4. Vertel RM, Knochel JP. Nonoliguric acute renal failure. *JAMA* 1967;200:598–602.
5. Cameron JS. Disturbances of renal function in burnt patients. *Proc R Soc Med* 1969;62:49–50.
6. Davies DM, Pusey CD, Rainford DJ, et al. Acute renal failure in burns. *Scand J Plast Reconstr Surg* 1979;13:189–92.
7. Aikawa N, Wakabayashi G, Ueda M, et al. Regulation of renal function in thermal injury. *J Trauma* 1990;30:S174–S178.
8. Leblanc M, Thibeault Y, Querin S. Continuous haemofiltration and haemodiafiltration for acute renal failure in severely burned patients. *Burns* 1997;23:160–5.
9. Jeschke MG, Barrow RE, Wolf SE, et al. Mortality in burned children with acute renal failure. *Arch Surg* 1998;133:752–6.
10. Holm C, Horbrand F, von Donnersmarck GH, et al. Acute renal failure in severely burned patients. *Burns* 1999;25:171–8.
11. Tremblay R, Ethier J, Querin S, et al. Veno-venous continuous renal replacement therapy for burned patients with acute renal failure. *Burns* 2000;26:638–43.
12. Chrysopoulou MT, Jeschke MG, Dziewulski P, et al. Acute renal dysfunction in severely burned adults. *J Trauma* 1999;46:141–4.
13. Kim GH, Oh KH, Yoon JW, et al. Impact of burn size and initial serum albumin level on acute renal failure occurring in major burn. *Am J Nephrol* 2003;23:55–60.
14. Maull-Rodriguez. Electrical Injuries. Cap 47. Complicaciones in trauma and Critical Care.
15. Price T, Cooper MA: *Electrical and Lightning Injuries, Rosen's Emergency Medicine, Concepts and Clinical Practices*, 6th Edition, 2006
16. Koumbourlis CA. Electrical injuries. *Crit Care Med* 2002; 30(11), (suppl) S424 – s431
17. Faggiano G, De Donno G. High-tension electrical burns *Annals of Burns and Fire Disasters* Vol 11(3) sept 1998.

18. Hussman J, Kucan JO, Russell RC, Bradley T, Zamboni WA. Electrical injuries-morbidity, outcome and treatment rationale. *Burns* 1995;21:530–5.
19. Haberal MA. An eleven-year survey of electrical burn injuries. *J Burn Care Rehabil* 1995;16:43–8.
20. Ferreiro I, Melendez J, Regalado J, Bejar FJ, Gabilondo FJ. Factor influencing the sequale of high-tension electrical injuries. *Burns* 1998;24:649–53.
21. Rai J, Jeschke M, Barrow RE, Herndon D. Electrical injuries: a 30-year review. *J Trauma* 1999;46:933–6.
22. Garcia-Sanchez V, Gomez-Morell P. Electrical burns: high and low tension injuries. *Burns* 1999;25:357–60.
23. Arnoldo BD, Purdue GF, Kowalske K, Helm PA, Burries A, Hunt JL. Electrical injuries: a 20-year review. *J Burn Care Rehabil* 2004;25:479–84.
24. Cancio LC, Jimenez-Reyna JF, Barillo DJ, Walker SC, Mc-Manus AT, Vaughan GM. One hundred ninety-five cases of high-voltage electrical injury. *J Burn Care Rehabil* 2005;26:331–40.
25. Maghsoudi H, Adyani Y, Ahmadian N. Electrical and lightning injuries. *J Burn Care Res* 2007;28:255–61.
26. Handschin AE, Jung FJ, Guggenheim M, et al. Surgical treatment of high-voltage electrical injuries. *Handchir Mikrochir. Plast Chir* 2007;39:345–9.
27. Noble J, Gomez M, Fish JS, Quality of life and return to work following electrical burns. *Burns* 2006, 32:159–62.
28. Ahrenholz DH, Schubert W, Solem LD. Creatine kinase as a prognostic indicator in electrical injury. *Surgery*. 1988 Oct;104(4):741-7.
29. Kopp J., Loos B., Spilker G., Horch R.E. Correlation between serum creatinine kinase levels and extent of muscle damage in electrical burns. *Burns* 2004;30(7):680-683
30. Bosch X, Poch E, Grau JM. Rhabdomyolysis and acute kidney injury. *N Engl J Med*. 2009 Jul 2;361(1):62-72.
31. Steinvall I, Bak Z, Sjoberg F: Acute kidney injury is common, parallels organ dysfunction or failure, and carries appreciable mortality in patients with major burns: a prospective exploratory cohort study. *Crit Care* 2008, 12:R124.

32. Navarrete-Aldana N, Rodriguez N. Epidemiologic Characteristics of death by burn injury from 2000 to 2009. Population-based study in a middle-income country. In: Proceedings of the american burn association 47th annual meeting. *J Burn Care Res.* 2015 Jul-Aug;36 Suppl 1:S242.
33. Lopes JA, Jorge S, Neves FC, Caneira M, da Costa AG, Ferreira AC, Prata MM: An assessment of the RIFLE criteria for acute renal failure in severely burned patients [letter]. *Nephrol Dial Transplant* 2007, 22:285.
34. Culnan DM, Farner K, Bitz GH, Capek KD, Tu Y, Jimenez C, Lineaweaver WC. Volume Resuscitation in Patients With High-Voltage Electrical Injuries. *Ann Plast Surg.* 2018 Mar;80(3 Suppl 2):S113-S118
35. Handschin AE, Vetter S, Jung FJ, Guggenheim M, Künzi W, Giovanoli P. A case-matched controlled study on high-voltage electrical injuries vs thermal burns. *J Burn Care Res.* 2009 May-Jun;30(3):400-7. PubMed PMID: 19349896.
36. Chertow GM, Burdick E, Honour M, et al. Acute kidney injury, mortality, length of stay, and costs in hospitalized patients. *J Am Soc Nephrol* 2005; 16:3365–3370.
37. Hoste EA, Kellum JA. Acute renal failure in the critically ill: impact on morbidity and mortality. *Contrib Nephrol* 2004; 144: 1–11.
38. Klenzak J, Himmelfarb J. Sepsis and the kidney. *Crit Care Clin* 2005; 21:211–222.
39. Lameire N. The pathophysiology of acute renal failure. *Crit Care Clin* 2005;21: 197–210.
40. Colpaert K, Hoste EA. Acute kidney injury in burns: a story of volume and inflammation. *Crit Care.* 2008;12:192. doi: 10.1186/cc7106
41. Coca SG, Bauling P, Schiffner T, Howard CS, Teitelbaum I, Parikh CR: Contribution of acute kidney injury toward morbidity and mortality in burns: a contemporary analysis. *Am J Kidney Dis* 2007, 49:517-523
42. Kellum JA, Levin N, Bouman C, et al. Developing a consensus classification system for acute renal failure. *Curr Opin Crit Care* 2002; 8: 509–514
43. Kidney Disease: Improving Global Outcomes (KDIGO) Acute Kidney Injury Work Group. KDIGO Clinical Practice Guideline for Acute Kidney Injury. *Kidney inter., Suppl.* 2012; 2: 1–138.

44. Bellomo R, Ronco C, Kellum JA, et al. Acute renal failure - definition, outcome measures, animal models, fluid therapy and information technology needs: the Second International Consensus Conference of the Acute Dialysis Quality Initiative (ADQI) Group. *Crit Care* 2004; 8:R204–212
45. Uchino S, Bellomo R, Goldsmith D, et al. An assessment of the RIFLE criteria for acute renal failure in hospitalized patients. *Crit Care Med* 2006;34: 1913–1917
46. Mehta RL, Kellum JA, Shah SV, et al. Acute kidney injury network: report of an initiative to improve outcomes in acute kidney injury. *Crit Care* 2007;11:R31.
47. Praught ML, Shlipak MG: Are small changes in serum creatinine an important risk factor? *Curr Opin Nephrol Hypertens* 2005, 14:265-270
48. Bache SE, Taggart I, Gilhooly C. Late-onset rhabdomyolysis in burn patients in the intensive care unit. *Burns*. 2011 Nov;37(7):1241-7. Epub 2011 Jun 23.
49. Mustonen KM, Vuola J. Acute renal failure in intensive care burn patients (ARFin burn patients). *J Burn Care Res*. 2008 Jan-Feb;29(1):227-37.
50. Mosier MJ, Pham TN, Klein MB, Gibran NS, Arnoldo BD, Gamelli RL, Tompkins RG, Herndon DN. Early acute kidney injury predicts progressive renal dysfunction and higher mortality in severely burned adults. *J Burn Care Res*. 2010 Jan-Feb;31(1):83-92
51. Sandor BJ. Electrical Burn injuries. *Ann Burns Fire Disasters*. 1998 Sept:11(3)
52. Melli G, Chaudhry V, Cornblath DR. Rhabdomyolysis: an evaluation of 475 hospitalized patients. *Medicine (Baltimore)*. 2005 Nov;84(6):377-85.
53. Oda J, Tanaka H, Yoshioka T, Iwai A, Yamamura H, Ishikawa K, et al. Analysis of 372 patients with Crush syndrome caused by the Hanshin-Awaji earthquake. *J Trauma*. 1997 Mar;42(3):470-5; discussion 475-6. PubMed PMID: 9095115.
54. Sever MS, Vanholder R, Lameire N. Management of crush-related injuries after disasters. *N Engl J Med*. 2006 Mar 9;354(10):1052-63. Review.
55. Homsí E, Fernanda M, Barreiro L, et al. Prophylaxis of acute renal failure in patients with rhabdomyolysis. *Ren Fail*. 1997;19:283–288.
56. Feinfeld DA, Cheng JT, Beysolow TD, Briscoe AM. A prospective study of urine and serum myoglobin levels in patients with acute rhabdomyolysis. *Clin Nephrol*. 1992;38:193–195.

57. Brown CV, Rhee P, Chan L, Evans K, Demetriades D, Velmahos GC. Preventing renal failure in patients with rhabdomyolysis: do bicarbonate and mannitol make a difference? *J Trauma*. 2004 Jun;56(6):1191-6. PubMed PMID: 15211124.
58. Ward MM. Factors predictive of acute renal failure in rhabdomyolysis. *Arch Intern Med*. 1988 Jul;148(7):1553-7. PubMed PMID: 3382301.
59. Fernandez WG, Hung O, Bruno GR, Galea S, Chiang WK. Factors predictive of acute renal failure and need for hemodialysis among ED patients with rhabdomyolysis. *Am J Emerg Med*. 2005 Jan;23(1):1-7. PubMed PMID: 15672329.
60. Walsh MB, Miller SL, Kagen LJ. Myoglobinemia in severely burned patients: correlations with severity and survival. *J Trauma* 1982;22(1):6–10.
61. Kasaoka S, Todani M, Kaneko T, Kawamura Y, Oda Y, Tsuruta R, et al. Peak value of blood myoglobin predicts acute renal failure induced by rhabdomyolysis. *J Crit Care*. 2010 Dec;25(4):601-4. PubMed PMID: 20537502.
62. Lappalainen H, Tiula E, Uotila L, Manttari M. Elimination kinetics of myoglobin and creatine kinase in rhabdomyolysis: implications and follow up. *Crit Care Med*. 2002;30:2212–2215.
63. Stollwerck PL, Namdar T, Stang FH, Lange T, Mailänder P, Siemers F. Rhabdomyolysis and acute renal failure in severely burned patients. *Burns*. 2011 Mar;37(2):240-8. Epub 2010 Oct 20. PubMed PMID: 20965664
64. Rodríguez-Capote K, Balion CM, Hill SA, Cleve R, Yang L, El Sharif A. Utility of urine myoglobin for the prediction of acute renal failure in patients with suspected rhabdomyolysis: a systematic review. *Clin Chem*. 2009 Dec;55(12):2190-7.
65. Grover DS, Atta MG, Eustace JA, Kickler TS, Fine DM. Lack of clinical utility of urine myoglobin detection by microconcentrator ultrafiltration in the diagnosis of rhabdomyolysis. *Nephrol Dial Transplant*. 2004;19:2634–2638.
66. *Total Burn Care*. Editor: Herndon D. Fifth Edition. Elsevier. 2018
67. *Advanced burn life support providers manual*. Chicago, IL: American Burn Association; 2018.
68. Gille J, Schmidt T, Dragu A, et al. Electrical injury - a dual center analysis of patient characteristics, therapeutic specifics and outcome predictors. *Scand J Trauma Resusc Emerg Med*. 2018;26(1):43.


69. Luz DP, Millan LS, Alessi MS, Uguetto WF, Paggiaro A, Gomez DS, Ferreira MC. Electrical burns: a retrospective analysis across a 5-year period. *Burns*. 2009 Nov;35(7):1015-9
70. González-Castro LF, Ávila-Vargas SV , Quezada-Rueda JT , Vivas-García SM. Fisiopatología de las quemaduras eléctricas: artículo de revisión. *Rev Chil Anest* 2019; 48: 115-122
71. ISBI Practice Guidelines Committee; Steering Subcommittee; Advisory Subcommittee. ISBI Practice Guidelines for Burn Care. *Burns*. 2016 Aug;42(5):953-1021.
72. Gentges J, Schieche C. Electrical injuries in the emergency department: an evidence-based review. *Emerg Med Pract*. 2018 Nov;20(11):1-20.
73. National Kidney Foundation: K/DOQI Clinical Practice Guidelines for Chronic Kidney Disease: Evaluation, Classification and Stratification. *Am J Kidney Dis* 2002, 39: 2 Suppl 1:S76-S92.
74. Hsueh YY, Chen CL, Pan SC. Analysis of factors influencing limb amputation in high-voltage electrically injured patients. *Burns*. 2011 Jun;37(4): 673-7.
75. Little RJA , Rubin DB . Statistical analysis with missing data . 2nd ed. Hoboken, NJ : Wiley, 2002 .
76. Nguyen NL, Gun RT, Sparnon AL, et al. The importance of initial management: a case series of childhood burns in Vietnam. *Burns*. 2002;28(2):167-172.
77. Jeschke MG, Barrow RE, Wolf SE, et al. Mortality in burned children with acute renal failure. *Arch Surg*. 1998;133(7):752-756.
78. Barrow RE, Jeschke MG, Herndon DN. Early fluid resuscitation improves outcomes in severely burned children. *Resuscitation*. 2000 Jul;45(2):91-6
79. Laura Lindahl et al. Initial fluid resuscitation guided by the Parkland formula leads to high fluid volumes in the first 72 h, increasing mortality and the risk for kidney injury. *Burns Open* 2023; 7(3):51-58
80. Navarrete N. Schulz J.T. Electrical burn injuries in Colombia, South America: A major source of morbidity and mortality. *Ann Burns Fire Disasters*. Accepted 21/12/2023

81. Boyd AN, Hartman BC, Sood R, Walroth TA. A voltage-based analysis of fluid delivery and outcomes in burn patients with electrical injuries over a 6-year period. *Burns*. 2019 Jun;45(4):869-875.
82. WMA - The World Medical Association-Declaración de Helsinki de la Amm – Principios éticos para las investigaciones médicas en seres humanos [Internet]. [cited 2024 Mar 18]. Available from: <https://www.wma.net/es/policias-post/declaracion-de-helsinki-de-la-amm-principios-eticos-para-las-investigaciones-medicas-en-seres-humanos/>
83. Resolución número 8430 DE 1993, Octubre 4. En ejercicio de sus atribuciones legales en especial las conferidas por el Decreto 2164 DE 1992 y la Ley 10 de 1990. Título ii. de la investigación en seres humanos. capítulo 1. de los aspectos éticos de la investigación en seres humanos.
84. Ghavami Y, Mobayen MR, Vaghardoost R. Electrical burn injury: a five-year survey of 682 patients. *Trauma Mon*. 2014;19(4):e18748. doi:10.5812/traumamon.18748.

12. Anexos

Anexo 1. Carta Comité de ética

Evaluación del Comité independiente de Ética en investigación clínica, Hospital Simón Bolívar. Estudio CIEIC 045.

 ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ D.C. SALUD Hospital Simón Bolívar	APROBACION DE PROYECTOS DE INVESTIGACION	Código: FO-300-009
	SUBGERENCIA CIENTIFICA	Versión: 0

- CIEIC- 32-13
Bogotá D.C., 12 de febrero de 2013

Doctor
Norberto Navarrete Aldana
Maestría Epidemiología
Universidad Javeriana


Respetuosamente le informo que se ha evaluado y aprobado, incluyendo aval Bioético, el trabajo de estudio: "Lesión Renal Aguda Temprana en pacientes Adultos con lesiones eléctricas. Score de Predicción". Entendido que en este estudio de investigación usted será responsable de este trabajo, debe entregar informe parcial e informe final de su participación.

Tutor Institucional: Norberto Navarrete Aldana
Código Protocolo: CIEIC-045

Cordialmente,


Dr. Jorge A. Rodríguez Ortiz
M.D. Ginecoobstetra
Especialista en Ética Clínica
El Rosario - M. C. CABARE
JORGE A. RODRIGUEZ O.
Presidente
Comité Independiente de Ética en Investigación Clínica.

CC: Archivo.

Recibido: Firma: 

Fecha: 12/02/13

12:15 hrs