

UNIVERSIDAD JUÁREZ AUTÓNOMA DE TABASCO

División Académica de Ciencias de la Salud



**UTILIDAD DEL ELECTROCARDIOGRAMA EN EL DIAGNOSTICO
DE HIPERKALEMIA EN PACIENTES CON ENFERMEDAD RENAL
CRONICA EN EL ÁREA DE URGENCIAS DEL HGZ 46 DEL IMSS
EN VILLAHERMOSA TABASCO MEXICO**

Tesis para obtener el diploma de la:
Especialidad en MEDICINA DE URGENCIAS

Presenta:

DRA YURIDIA IRASEMA GORDILLO MARTINEZ

Directores:

M EN CB CLEOPATRA AVALOS DIAZ

DR. RAFAEL BLANCO DE LA VEGA PEREZ



Of. No. 0204/DACS/JAEP
19 de febrero de 2021

ASUNTO: Autorización impresión de tesis

C. Yuridia Irasema Gordillo Martínez
Especialidad en Medicina de Urgencias
Presente

Comunico a Usted, que ha sido autorizada por el Comité Sinodal, integrado por los profesores investigadores, Dra. Rita Rivera García, Dr. Miguel Ángel López Alvarado, M. en C. Cleopatra Avalos Díaz, Dra. Jorda Aleira Albarrán Melzer, Dra. Crystell Guadalupe Guzmán Priego, impresión de la tesis titulada: "**Utilidad del Electrocardiograma en el diagnóstico de hiperkalemia en pacientes con enfermedad renal crónica en el Área de Urgencias del HGZ 46 del IMSS en Villahermosa Tabasco México**", para sustento de su trabajo recepcional de la Especialidad en Medicina de Urgencias, donde fungen como Directores de Tesis la M. en C. Cleopatra Avalos Díaz y el E.M.U. Rafael Blanco de la Vega Pérez.

Atentamente

Dra. Mirian Carolina Martínez López
Directora

- C.c.p.- M. en C. Cleopatra Avalos Díaz.- Directora de tesis
- C.c.p.- E.M.U. Rafael Blanco de la Vega Pérez.- Director de tesis
- C.c.p.- Dra. Rita Rivera García.- sinodal
- C.c.p.- Dr. Miguel Ángel López Alvarado.- Sinodal
- C.c.p.- M. en C. Cleopatra Avalos Díaz.- Sinodal
- C.c.p.- Dra. Jorda Aleira Albarrán Melzer.- Sinodal
- C.c.p.- Dra. Crystell Guadalupe Guzmán Priego.- Sinodal

C.c.p.- Archivo
DC'MCML/MCE'XME/mgcc*



ACTA DE REVISIÓN DE TESIS

En la ciudad de Villahermosa Tabasco, siendo las 10:00 horas del día 10 del mes de febrero de 2021 se reunieron los miembros del Comité Sinodal (Art. 71 Núm. III Reglamento General de Estudios de Posgrado vigente) de la División Académica de Ciencias de la Salud para examinar la tesis de grado titulada:

"Utilidad del electrocardiograma en el diagnóstico de Hiperkalemia en pacientes con enfermedad renal crónica en el área de Urgencias del HGZ 46 del IMSS en Villahermosa, Tabasco, México"

Presentada por el alumno (a):

Gordillo Martínez Yuridia Irasema
Apellido Paterno Materno Nombre (s)

Con Matricula

1	8	1	E	4	0	0	1	3
---	---	---	---	---	---	---	---	---

Aspirante al Diploma de:

Especialista en Medicina de Urgencias

Después de intercambiar opiniones los miembros de la Comisión manifestaron **SU APROBACIÓN DE LA TESIS** en virtud de que satisface los requisitos señalados por las disposiciones reglamentarias vigentes.

COMITÉ SINODAL

M. en C. Cleopatra Avalos Díaz
E.M.U. Rafael Blanco de la Vega Pérez
Directores de Tesis

Dra. Rita Rivera García

Dr. Miguel Ángel Lopez Alvarado

Dra. Cleopatra Avalos Díaz

Dra. Jorda Ateira Albarran Melzer

Dra. Crystell Guadalupe Guzmán Priego



Carta de Cesión de Derechos

En la ciudad de Villahermosa Tabasco el día 12 del mes de febrero del año 2021, el que suscribe, **Yuridia Irasema Gordillo Martínez**, alumna de la **Especialidad en Medicina de Urgencias**, con número de matrícula 181E40013 adscrito a la División Académica de Ciencias de la Salud, manifiesta que es autor intelectual del trabajo de tesis titulada: **“UTILIDAD DEL ELECTROCARDIOGRAMA EN EL DIAGNOSTICO DE HIPERKALEMIA EN PACIENTES CON ENFERMEDAD RENAL CRONICA EN EL AREA DE URGENCIAS DEL HGZ 46 DEL IMSS EN VILLAHERMOSA TABASCO MEXICO”**, bajo la Dirección de M en CB Cleopatra Avalos Díaz y el Dr. Rafael Blanco de la Vega Perez, Conforme al Reglamento del Sistema Bibliotecario Capítulo VI Artículo 31. El alumno cede los derechos del trabajo a la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco para su difusión con fines académicos y de investigación.

Los usuarios de la información no deben reproducir el contenido textual, gráficos o datos del trabajo sin permiso expreso del autor y/o director del trabajo, el que puede ser obtenido a la dirección: yigm82@gmail.com. Si el permiso se otorga el usuario deberá dar el agradecimiento correspondiente y citar la fuente del mismo.

Yuridia Irasema Gordillo Martínez

Nombre y Firma

DIVISIÓN ACADÉMICA DE
CIENCIAS DE LA SALUD



JEFATURA DEL ÁREA DE
ESTUDIOS DE POSGRADO

Sello



DEDICATORIA

Mi tesis la dedico con todo mi amor y cariño a mi amado esposo Aldo Mateo por su sacrificio y esfuerzo, por creer en mi capacidad, aunque pasamos momentos difíciles siempre ha estado ahí brindándome su comprensión, cariño y amor.

A mis hijos Anke y Evan por ser mi fuente de motivación e inspiración para superarme día a día para poder superarme y tener un mejor futuro juntos.

A toda mi demás familia quienes me otorgaron palabras de aliento no me dejaban caer para que siguiera adelante y siempre sea perseverante y cumpla mis ideales.

A mis compañeros quienes sin esperar nada a cambio compartieron su conocimiento, alegrías y tristezas y a todas aquellas personas que durante estos tres años estuvimos apoyándonos y juntos logramos este sueño.



AGRADECIMIENTOS

Al concluir esta etapa maravillosa de mi vida quiero extender un enorme agradecimiento a quienes hicieron posible este sueño, aquellos que junto a mí caminaron en todo momento y siempre fueron mi inspiración, apoyo y fortaleza. Con mención especial a Dios.

Agradezco a cada uno de mis maestros, personas de gran conocimiento y sabiduría quienes se esforzaron por apoyarme y ayudarme a llegar a este punto, ya que el proceso no ha sido fácil, pero gracias a sus ganas de transmitir su conocimiento, dedicación y consejos de vida he logrado mis objetivos.



I. INDICE

	Página
II. ÍNDICE DE TABLAS Y FIGURAS	I
III. ABREVIATURAS	II
IV. GLOSARIO DE TERMINOS	III
V. RESUMEN.....	IV
VI. ABSTRACT	V
1. INTRODUCCION.....	1
2. MARCO TEORICO.....	3
2.1 MARCO CONCEPTUAL.....	3
2.1.1 Definición y epidemiología de Enfermedad Renal Crónica (ERC)	3
2.1.2 Clasificación de ERC.....	5
2.1.3 Complicaciones de ERC.....	5
2.1.4 Definición y epidemiología de Hiperkalemia	6
2.1.5 Fisiopatología de la Hiperkalemia.....	7
2.1.6 Clasificación de la Hiperkalemia	8
2.1.7 Efectos clínicos y electrocardiográficos de la Hiperkalemia	9
2.1.8 Manifestaciones electrocardiográficas de la Hiperkalemia	10
2.1.9 Tratamiento de Hiperkalemia.....	13
2.2 MARCO REFERENCIAL	17
3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	20
4. JUSTIFICACION	21
5. HIPOTESIS	22
5.1 Hipótesis Nula (Hi):	22



5.2 Hipótesis alterna (Ho):	22
6. OBJETIVOS	23
6.1 Objetivo general:.....	23
6.2 Objetivos específicos:	23
7. MATERIALES Y METODOS	24
7.1 Tipo de estudio:	24
7.2 Unidad de observación:	24
7.3 Universo de trabajo:.....	24
7.4 Tipo de muestra y tamaño de la muestra:.....	24
7.5 Criterios de Selección:.....	26
7.5.1 Criterios de inclusión:	26
7.5.2 Criterios de exclusión:	26
7.5.3 Criterios de eliminación:	26
7.6 Variables:.....	27
7.6.1 Variables dependientes:	27
7.6.2 Variables independientes:	27
7.7 Operacionalización de variables:	27
7.8 Procedimiento para capturar la información y análisis de datos	30
8. CONSIDERACIONES ETICAS.....	31
9. RESULTADOS	32
10. DISCUSION.....	38
11. CONCLUSIONES.....	39
12. PERSPECTIVAS	40
13. LITERATURA CIENTIFICA CITADA	41
14. ANEXOS.....	44



II. ÍNDICE DE TABLAS Y FIGURAS

Cuadro de clasificación de ERC.....	4
Cuadro de grados de Hiperkalemia.....	8
Cuadro de manifestaciones electrocardiográficas en hiperkalemia.....	10
Diagrama de flujo de tratamiento en hiperkalemia.....	17
Tabla de variables.....	27
Figura 1 Frecuencia de hiperkalemia de acuerdo al género.....	32
Figura 2 Frecuencia de edad.....	33
Figura 3 Frecuencia de comorbilidades.....	34
Figura 4 Cambios electrocardiográficos de acuerdo al grado de hiperkalemia...35	
Tabla 1 Frecuencia de cambios electrocardiográficos.....	36
Figura 5 Frecuencia de cambios electrocardiográficos.....	37



III. ABREVIATURAS

Ca⁺: ión calcio

DM: diabetes mellitus

EKG: electrocardiograma

ERC: enfermedad renal crónica

HAS: hipertensión arterial sistémica

K⁺: ión potasio

KDIGO: Kidney Disease Improving Global Outcomes

Na⁺: ión sodio

NaHCO₃: Bicarbonato de sodio

OMS: organización mundial de la salud

REDTJAL: Registro Estatal de Diálisis y Trasplante de Jalisco

TFG: tasa de filtrado glomerular



IV. GLOSARIO DE TERMINOS

DEFINICION CONCEPTUAL DE LAS VARIABLES:

- GRADO DE HIPERKALEMIA: cantidad de potasio presente en la sangre
- POTASIO SERICO INICIAL: es la cantidad de potasio presente en la sangre, antes del inicio del tratamiento.
- ESTADO NEUROLOGICO: es la presencia o ausencia de las funciones mentales.
- CAMBIOS ELECTROCARDIOGRAFICOS: presencia de ondas T hiperagudas

DEFINICIÓN OPERACIONAL:

La medición de la cantidad de potasio en sangre se realizara tomando muestra sanguínea al paciente, mediante un tubo de muestra y procesado en el laboratorio del hospital HGZ 46.

Estado neurológico: se realizara exploración neurológica valorando las funciones mentales superiores



V. RESUMEN

Título: Utilidad del electrocardiograma en el diagnóstico de hiperkalemia en pacientes con enfermedad renal crónica en el área de urgencias del HGZ 46 del IMSS en Villahermosa Tabasco, México. **Introducción:** La enfermedad renal crónica es frecuente a nivel mundial; causa alteraciones importantes, principalmente hiperkalemia; hasta en un 50%, originando alteraciones cardiacas que lleven al paciente a la muerte. **Objetivo:** Evaluar la utilidad del electrocardiograma en el diagnóstico de hiperkalemia en pacientes con enfermedad renal crónica atendidos en el área de urgencias del HGZ 46 del IMSS en Villahermosa Tabasco, México de junio 2019 a junio 2020. **Material y método:** Estudio retrospectivo, cualitativo y analítico realizado en el área de urgencias del HGZ No. 46 del IMSS. Villahermosa, Tabasco en pacientes portadores de enfermedad renal crónica e hiperkalemia. Muestreo estratificado, con grado de confianza 95% y error del 5%. Población de estudio de 66 pacientes. Se usó Statistical Package for the Social Sciences® (SPSS). Realizando de comprobación de hipótesis mediante Xi cuadrada. **Resultados:** De una población de 66 pacientes se obtuvo media de potasio sérico de 6.78mEq/L, mayor frecuencia en género masculino y en portadores de Hipertensión Arterial Crónica, siendo la edad media de 57 años de edad. El cambio electrocardiográfico más frecuente fue la onda T picuda en un 48.8%. **Conclusiones:** Los pacientes con ERC e hiperkalemia, pueden presentar alteraciones electrocardiográficas. En este estudio no se encontró correlación entre la presencia de cambios electrocardiográficos y la concentración sérica de potasio. **Palabras Claves:** electrocardiograma, hiperkalemia, enfermedad renal crónica.



VI. ABSTRACT

Title: Usefulness of the electrocardiogram in the diagnosis of hyperkalemia in patients with chronic kidney disease in the emergency department of the HGZ 46 of the IMSS in Villahermosa Tabasco, Mexico. **Introduction:** Chronic kidney disease is common worldwide; causes significant changes, mainly hyperkalemia; up to 50%, causing cardiac alterations that lead the patient to death. **Objective:** To evaluate the usefulness of the electrocardiogram in the diagnosis of hyperkalemia in patients with chronic kidney disease treated in the emergency department of the HGZ 46 of the IMSS in Villahermosa Tabasco, Mexico from June 2019 to June 2020. **Material and method:** Retrospective, qualitative and analysis carried out in the emergency area of HGZ No. 46 of the IMSS. Villahermosa, Tabasco in patients with chronic kidney disease and hyperkalemia. Stratified sampling, with a 95% confidence level and a 5% error. Study population of 66 patients. Statistical Package for the Social Sciences® (SPSS) was used. Performing hypothesis testing using Xi squared. **Results:** From a population of 66 patients, a mean serum potassium of 6.78mEq / L was obtained, a higher frequency in males and in carriers of Chronic Arterial Hypertension, the mean age being 57 years of age. The most frequent electrocardiographic change was the pointed T wave in 48.8%. **Conclusions:** Patients with CKD and hyperkalemia may present electrocardiographic abnormalities. In this study, no correlation was found between the presence of electrocardiographic changes and serum potassium concentration.

Key Words: electrocardiogram, hyperkalemia, chronic kidney disease.



1. INTRODUCCION

La Enfermedad Renal Crónica es la disminución de la función renal basada en la reducción de la tasa de filtrado glomerular o por la presencia de marcadores de daño renal, o ambas, de al menos 3 meses de duración. Causa múltiples alteraciones, dentro de las más frecuentes se encuentran las alteraciones Hidroelectrolíticas (alteraciones del metabolismo del potasio). Con incidencia y prevalencia de hiperkalemia en la población general del 2 - 3%, incrementándose en pacientes con enfermedad renal crónica hasta un 50%.

Normalmente hay un equilibrio entre pérdidas y ganancias de potasio para una adecuada transmisión nerviosa, contracción muscular y cardíaca, tonicidad intracelular, secreción de aldosterona, función renal, metabolismo de carbohidratos y síntesis protéica. Sin embargo los pacientes con hiperkalemia (que se define como incremento de potasio sérico $> 5.1 \text{ mEq/L}$) pueden presentar debilidad muscular que progresa a parálisis flácida, parestesias, con presentación clínica benigna hasta que ocurren trastornos del ritmo cardíaco o de la conducción que contribuye a las arritmias letales, por lo que es una afección médica grave con alta tasa de mortalidad. La hiperkalemia produce mayor despolarización cardíaca, excitabilidad (ondas T máximas en "tienda de campaña", ampliación del intervalo PR y QT, taquicardia sinusal) e inestabilidad miocárdica y arritmias, llevando a fibrilación ventricular y asistolia. Sin embargo puede producir depresión miocárdica, manifestándose con bradicardia, bloqueo auriculoventricular (1er, 2º y 3er grado) y asistolia. Por lo que el tratamiento se debe instaurar lo más pronto posible. Para



esto la hiperkalemia debe sospecharse y buscarse intencionadamente en pacientes con enfermedad renal crónica lo más pronto posible. Ya que en el servicio de urgencias se cuenta con electrocardiografo quisimos buscar la forma más rápida de llegar al diagnóstico de hiperkalemia por lo que el objetivo de este estudio fue valorar la utilidad del electrocardiograma para el diagnóstico de hiperkalemia en pacientes con enfermedad renal crónica en el área de urgencias.

Universidad Juárez Autónoma de Tabasco.
México.



2. MARCO TEORICO

2.1 MARCO CONCEPTUAL

2.1.1 Definición y epidemiología de Enfermedad Renal Crónica (ERC)

La Enfermedad Renal Crónica (ERC) se define como la disminución de la función renal basada en la reducción de la tasa de filtrado glomerular (TFG) < 60 ml/min/1.73m², o por la presencia de marcadores de daño renal (histopatológicos, bioquímicos, estudios de imagen y biopsia renal) por ejemplo: albuminuria que se define como la presencia de albúmina en orina > 30 mg/24hr, anormalidades en el sedimento urinario, trastornos hidroelectrolíticos secundarios a trastorno tubular, o antecedente de trasplante renal), o ambas, de al menos 3 meses de duración, sin importar la causa subyacente.¹

De acuerdo a la Organización Mundial de la Salud (OMS), la Organización Panamericana para la Salud (OPS) y al reporte anual del sistema de datos renales de Estados Unidos (USRDS) 2014, se estima que el 10% de la población mundial cursa con ERC¹, la OMS estima que la enfermedad renal crónica ocupa el 12º lugar de mortalidad, 17º en morbilidad y es responsable de unas 850,000 defunciones anuales, el INEGI en México, la ubica en el 10º puesto de la mortalidad mexicana.²

El estado de Jalisco de acuerdo al Sistema de datos renales de los Estados Unidos (no hay registros nacionales) ocupa el segundo lugar en incidencia y el séptimo lugar en prevalencia de la Enfermedad Renal Crónica a nivel mundial; la prevalencia en México (de acuerdo a información del Registro Estatal de Diálisis y Trasplante



de Jalisco (REDTJAL) del 2012 es de 1,568 pacientes por cada 1,000,000 de habitantes/año (14%), por lo que en México la ERC es una de las principales causas de hospitalización y atención de urgencias; el 80% de los pacientes son atendidos en el Instituto Mexicano del Seguro Social (IMSS); mientras que la incidencia en México de acuerdo a la Encuesta Nacional de Salud y Nutrición (ENSANUT 2012) es de 467 casos de ERC por cada 1,000,000 habitantes, en los últimos seis años se incrementó la incidencia en un 38% y en el 59% de los casos, la Diabetes Mellitus fue la principal causa de ERC. ³

En el 2017, se reportó una prevalencia de ERC de 12.2% y 51.4 muertes por cada 100,000 habitantes en México. ³

La ERC es un problema de salud mundial generalmente no se diagnostica en los estadios iniciales; dentro de sus principales factores de riesgo para su desarrollo y progresión se encuentran: un número bajo de nefronas al nacimiento, pérdida de número de nefronas con la edad, daño renal crónico y/o agudo a la exposición de tóxicos o enfermedades (obesidad y Diabetes Mellitus 2). ⁴

La ERC en México está teniendo un gran impacto en las finanzas de las instituciones y en la economía de las familias; en 2014, el gasto en salud anual medio por persona para esta patología se estimó en 8,966 dólares estadounidenses (USD) en la secretaría de salud, y de 9,091 USD en el Instituto Mexicano del Seguro Social. ⁽⁵⁾

En el estado de Tabasco, en un estudio realizado en el 2015, se reportó una tasa de mortalidad para ERC de 6.7/1000 habitantes y una tasa de prevalencia para ERC



de 17/1000 habitantes. La edad mínima de los pacientes con ERC fue de 56 años mientras que la máxima fue de 85 años, obteniendo una media de 73.12 años. ⁵

2.1.2 Clasificación de ERC

La enfermedad renal crónica se clasifica de acuerdo a la Kidney Disease Improving Global Outcomes (KDIGO 2012) en 5 etapas (cuadro 1) ⁶

GRADO	DESCRIPCION	TFG (ml/min/1.73m ²)
1	Filtración glomerular normal o elevada	> 90
2	Ligeramente disminuido	60-89
3a	Ligera o moderadamente disminuido	45-59
3b	Moderada o gravemente disminuido	30-44
4	Gravemente disminuido	15-29
5	Fallo renal/Terapia de sustitución renal	< 15

Modificado de Sellarés VI. Enfermedad Renal Crónica. Nefrología al día/Sociedad Española de Nefrología. 2017. ⁶

2.1.3 Complicaciones de ERC

La enfermedad renal crónica causa múltiples complicaciones entre las que se encuentran: ⁶

- *Síndrome urémico*: anorexia, náuseas, astenia, déficit en la concentración, retención hidro-salina, edema, parestesias e insomnio.
- *Sistema Nervioso central*: Encefalopatía urémica, polineuropatía periférica, neuropatía autonómica.



- *Hematológicas*: Anemia, disfunción plaquetaria, déficit inmunitario.
- *Cardiovasculares*: Hipertensión arterial, Insuficiencia cardiaca congestiva, arritmias, angina hemodinámica.
- *Gastrointestinal*: anoréxica, náuseas, vómito.
- *Sistema locomotor*: enfermedad osteo-metabólica, debilidad muscular.
- *Sistema endocrino*: dislipidemias, hiperglicemia, hiperinsulinemia, ginecomastia.
- *Trastornos Hidroelectrolíticos y Acido-Base*: hiperkalemia, hiperfosfatemia, hipermagnesemia, hiponatremia, hipocalcemia y acidosis metabólica. ⁶

Dentro de las alteraciones Hidroelectrolíticas presentes en paciente con enfermedad renal crónica, las alteraciones del metabolismo del potasio son las más comunes, particularmente en pacientes con TFG baja (≤ 15 ml/min/1.73m²), etapa KDIGO 5. ⁷

2.1.4 Definición y epidemiología de Hiperkalemia

Se calcula que la incidencia y prevalencia de la hiperkalemia en la población general es del 2 - 3%, sin embargo, este porcentaje se incrementa en pacientes con enfermedad renal crónica hasta un 50%, principalmente en paciente portadores de DM, estadios avanzados de ERC, trasplantados renales y pacientes bajo tratamiento con inhibidores del sistema renina-angiotensina-aldosterona; mientras que la prevalencia de hiperkalemia en pacientes con hemodiálisis va de 4-6.3%. ⁷



En un hombre de 70 Kg hay en promedio 3,500mmol de potasio (K^+), lo normal es de 3000 – 4000 milimol (mmol), de los cuales el 98% se encuentra dentro de las células distribuido principalmente en el músculo liso y estriado y el 2% fuera de estas en pequeñas cantidades en el sistema óseo, eritrocitos, hígado y piel; siendo el riñón principal encargado del mantenimiento de esta, con una pequeña contribución del tracto gastrointestinal. ⁷

2.1.5 Fisiopatología de la Hiperkalemia

El riñón es el principal órgano responsable de mantener la homeostasis del K^+ total del cuerpo, y puede excretar grandes cantidades por lo que la hiperkalemia no es tan frecuente en pacientes con adecuada función renal. Puede modificarse por algunas condiciones normales como la actividad física y patológicas (acidosis metabólica y ERC), y su secreción renal está influenciada por el incremento de aldosterona y la tasa de suministro distal de sodio (Na^+) y agua. ⁸

El glomérulo del riñón sano filtra el K^+ y lo reabsorbe casi por completo en el túbulo contorneado proximal, manteniendo una excreción urinaria dependiente de la secreción en la nefrona distal (última porción del túbulo contorneado distal, túbulo conector y conducto colector); este metabolismo del K^+ mantiene un ritmo circadiano que consiste en una menor excreción por la noche y en las primeras horas de la mañana, incrementándose por la tarde. ⁹

El K^+ es el catión más abundante en el líquido intracelular, por lo que se debe mantener una homeostasis adecuada a través de la membrana celular para la función celular normal; casi todas las células poseen $Na^+ - K^+ - ATPasa$, que bombea Na^+ fuera de la célula y K^+ al interior de la misma, produciéndose de esta manera un



gradiente de K^+ a través de la membrana celular que es parcialmente responsable de mantener la diferencia de potencial a través de la membrana. ⁹

Estableciendo así un potencial eléctrico que es el potencial de membrana en reposo de -90 milivoltios (mV), por lo tanto, cualquier alteración en la concentración extracelular de potasio puede ocasionar variaciones en la función electrofisiológica de los miocitos. ⁹

A pesar de los cambios que se producen en el riñón y en el tracto gastrointestinal para mantener la homeostasis del K^+ , en los pacientes con ERC tiene la capacidad de mantener una concentración sérica dentro de rangos normales a pesar de la reducción importante de la masa renal debido a una tasa adaptativa de secreción de K^+ por las nefronas restantes, sin embargo, esta se pierde totalmente cuando la TFG es $\leq 15 \text{ ml/min/1.73m}^2$. ⁹

En pacientes con terapia sustitutiva de la función renal de tipo hemodiálisis se eliminan aproximadamente 80 – 100 miliequivalentes (mEq) de K^+ en cada sesión (aproximadamente 300 mEq/semana), por lo que se incrementa la respuesta adaptativa de la secreción gastrointestinal, principalmente en colon, para estabilizar el contenido de K^+ en el organismo. ⁹

El rango normal estándar de K^+ sérico se considera de 3.5 a 5.0 miliequivalentes por litro (mEq/L), mientras que la hiperkalemia se define como los niveles séricos de potasio por encima del límite superior ($>5 \text{ mEq/L}$). ¹⁰

2.1.6 Clasificación de la Hiperkalemia

La hiperkalemia se clasifica en tres grados:



- Leve: 5.1 a 6.0 mEq/L.
- Moderada: 6.1 a 7.0 mEq/L.
- Severa: mayor a 7.1 mEq/L. ¹¹

Fuente: Carrasco DoV. Hiperkalemia. Rev Med La Paz, 24. Enero – Junio 2018;; p.63-69

2.1.7 Efectos clínicos y electrocardiográficos de la Hiperkalemia

Aunque los pacientes con hiperkalemia pueden presentar raramente debilidad que progresa a parálisis flácida, parestesias o reflexiones tendinosas profundas deprimidas, la presentación clínica suele ser benigna hasta que ocurren trastornos del ritmo cardíaco o de la conducción que contribuye a las arritmias letales. ¹¹

La hiperkalemia es uno de los trastornos hidroelectrolíticos más frecuente en pacientes con ERC; es una afección médica grave caracterizada por debilidad muscular, parálisis y arritmias cardíacas secundarias al aumento de K⁺ extracelular que se traduce en alteraciones electrofisiológicas que provocan a su vez, alta tasa de mortalidad; sin embargo, la gravedad de la presentación clínica no sólo depende de alteraciones concomitantes de electrolitos, medicamentos y de los niveles de K⁺ sérico, sino también de la rapidez de la presentación y presencia de otras comorbilidades. ¹¹

La hiperkalemia produce efectos despolarizantes en el corazón con los consiguientes cambios electrocardiográficos. En las primeras etapas de la hiperkalemia puede presentarse sólo el incremento en la velocidad de conducción, signos de hiperexcitabilidad: ondas T máximas en “tienda de campaña” (altas,



estrechas, simétricas), ampliación del intervalo PR y QT, taquicardia sinusual, bradicardia, ritmo idioventricular y bloqueo auriculo-ventricular de 1er, 2º y 3er grado.¹¹

Si se presenta un incremento agudo de K^+ , se observa patrón de infarto pseudo-miocárdico (elevación masiva del segmento ST-T debido a la alteración en la repolarización), síndrome de pseudo-Brugada (QRS ancho, elevación del punto J, inversión de la onda T), con hallazgos electrocardiográficos mínimos o atípicos, incluida la modificación inespecífica del segmento ST, prolongación del segmento PR, pérdida de ondas P, ensanchamiento de QRS y del segmento ST, en última instancia, un ritmo de onda sinusoidal (que finalizará en fibrilación ventricular). Por el contrario, la hiperkalemia moderada ($< 6\text{mEq/L}$) puede tener resultado de asistolia debido al potencial de acción acortado y prolongación de la despolarización diastólica con EKG potencialmente mortales; aquí es muy importante destacar que la correlación entre la elevación de K^+ y los cambios electrocardiográficos (EKG) es sumamente pobre.¹¹

2.1.8 Manifestaciones electrocardiográficas de la Hiperkalemia

Las manifestaciones electrocardiográficas que se relacionan con los niveles séricos de K^+ son:

- *K^+ sérico de 5 mEq/l:* aparecen ondas T en tienda de campaña.
- *K^+ sérico de 6 mEq/l:* ondas T picudas.



- *K⁺ sérico de 7 mEq/l*: ondas T picudas, depresión del segmento ST y PR prolongado.
- *K⁺ sérico de 8 mEq/l*: cese de la función auricular, bloqueo intraventricular.
- *K⁺ sérico de 9 mEq/l*: fibrilación ventricular. ¹¹

Fuente: Carrasco DoV. Hiperkalemia. Rev Med La Paz, 24. Enero – Junio 2018; p.63-69

El aplanamiento (< 2.5 mV) e inicio de la prolongación de la onda P ¹¹ se presenta cuando la concentración de potasio está próximo a 6,5 mEq/l, y desaparece si la concentración oscila entre 7 y 9 mEq/l. ¹²

Ensanchamiento de los complejos QRS a más de 140 – 180 milisegundos (mseg) ó imagen de bloqueo de rama que presenta con niveles séricos de potasio entre 6 y 6.5 mEq/l; a los 10 mEq/l, los complejos QRS “se funden con las siguientes ondas T formando un patrón QRS – ST, T arritmico”. ¹²

Ondas T altas, picudas y de base ancha (por lo general > 10mV en precordiales y > 6mm en derivaciones de los miembros) con una base más estrecha de lo normal, predominantes en V2-V4, cuando la concentración de K⁺ es de 5,5 a 6,5 mEq/l; el segmento ST desaparece con concentraciones séricas de potasio de 6 mEq/l. ¹²

Las arritmias, y el paro sinusal pueden ocurrir con una concentración de K⁺ de 7,5 mEq/l, el paro cardiaco puede ocurrir cuando la concentración de potasio alcanza 10 a 12 mEq/l y la fibrilación ventricular (puede ocurrir cuando la concentración de potasio alcanza 10 a 12 mEq/l). ¹²



La hiperkalemia produce cambios en el electrocardiograma, sin embargo, estos se ven influenciados por la rapidez de instauración de esta; por ejemplo, con una concentración sérica de K^+ de 6 – 7 mEq/L de instauración aguda se presentan cambios electrocardiográficos, no siendo así con concentraciones mayores, pero con hiperkalemia crónica.¹²

La hiperkalemia es una emergencia médica muy frecuente en las salas de urgencias que amenaza la vida de los pacientes con arritmias letales, por lo que el manejo requiere de la monitorización electrocardiográfica, controles séricos de K^+ y del tratamiento adecuado con medias antihiperkalémicas.¹³

El tratamiento va a depender de la concentración de K^+ sérico, determinado así por los signos y síntomas asociados, la gravedad y causa subyacente. El tratamiento agudo está indicado cuando se presentan cambios electrocardiográficos marcados y debilidad muscular severa comenzando con la estabilización del miocardio para contrarrestar la presentación de arritmias; al estabilizarse el paciente, el tratamiento se dirige a reducir la cantidad sérica de K^+ .¹³

El tratamiento debe ser individualizado con base en el tipo de insuficiencia renal (aguda o crónica), y el grado de hiperkalemia, con base en el resultado del EKG y las concentraciones de potasio sérico.¹³

El tratamiento será más agresivo de acuerdo a si las cifras de potasio sérico son más elevadas aunado a cambios electrocardiográficos; y la severidad del estado del paciente. Básicamente el tratamiento debe llevarse a cabo basándose en 3



acciones: antagonizar las alteraciones de la conducción cardíaca, redistribuir y eliminar el potasio. ¹³

2.1.9 Tratamiento de Hiperkalemia

Hay múltiples tratamientos para disminuir la hiperkalemia (medidas antihiperkalémicas):

1.- Bloqueo de la toxicidad del potasio en el corazón (Disminuye la excitabilidad de la membrana): El calcio (Ca^+) Intravenoso en forma de sal, incrementa el potencial de umbral cardíaco, la velocidad de propagación de impulsos y estabiliza la membrana miocelular, provocando una normalización casi inmediata de las alteraciones electrocardiográficas pero no altera la concentración plasmática de K^+ . Se administran sales de calcio (1000-3000 mg de gluconato de calcio ó 1000 mg de cloruro cálcico). ¹⁴ Para ello se puede utilizar gluconato de calcio al 10% (10 a 30 ml) o cloruro calcio al 5% (5 a 15 ml) intravenoso, en administración lenta (no en bolo) durante 5 minutos, la dosis puede repetirse en 5 minutos cuando no se consigue el efecto esperado (ondas T con voltaje ≤ 10 mV), se pueden administrar dosis posteriores a menos que exista hipercalcemia. Su comienzo de acción es inmediato (2-3 minutos) y la duración de acción, antagonizando la cardiotoxicidad de la hiperkalemia, no es superior a una hora (puede durar entre 30 – 60 minutos) por lo que es preciso iniciar otras medidas. ¹⁴

Debe tenerse precaución cuando se administre el calcio en pacientes que reciben digital puesto que la toxicidad de éste puede ser precipitada. El Ca^+ puede causar daño tisular, es decir necrosis en piel, en caso de extravasación, ¹⁴ por lo que se



prefiere el gluconato de calcio ya que el cloruro de calcio puede ocasionar necrosis tisular. ¹⁵

2. Transferencia intracelular de potasio buscando favorecer la redistribución del potasio al interior de la célula: Antagonismo y redistribución: Bicarbonato y solución de glucosa-insulina. ¹⁵

· *Bicarbonato sódico hipertónico*: Esta solución favorece la entrada del potasio a la célula a través de la alcalinización que provoca en el pH plasmático. Se estima que una variación de 0.1 unidades de pH hacia el rango alcalino determina una disminución del potasio plasmático de 1 a 1.2 mEq/l; para conseguir este efecto se administra 30 a 150 mEq de bicarbonato sódico Intravenoso y aparece en 15 minutos, manteniéndose posteriormente durante unas 2 horas (hrs). ¹⁵

· *Solución Insulina-Dextrosa (solución Polarizante, promueve la entrada de K⁺ al medio intracelular)*: La insulina se une al receptor de insulina en el músculo esquelético y activa la adenosina trifosfatasa de sodio-potasio y conduce a la transferencia de K⁺ del espacio extracelular al intracelular. Se prepara una dilución con una proporción de 5 Unidades de insulina regular (rápida o cristalina) por cada 25 – 50 gramos (g) de glucosa. ^{15, 16} El comienzo de acción se estima alrededor de 30 a 45 minutos, y su duración está próxima a las 6 horas. En un paciente diabético hiperglucémico, debe administrarse insulina sola. ¹⁶

El principal efecto secundario de esta solución es la hipoglucemia, hasta en un 75% de los pacientes, para limitar esta se puede usar 10 UI de insulina en 50-60 g de



dextrosa o administrar dosis de insulina con base a peso (0.1 U/Kg de peso, con un máximo de 10 UI) sin afectar la reducción de las cifras de potasio. ¹⁶

Agonistas B-2: el salbutamol es eficaz, independientemente de la vía de administración (nebulizada o IV), sin embargo, si la administración es parenteral conlleva a más efectos secundarios cardiovasculares principalmente, que la administración nebulizada. Dosis: 10 - 20 mg en aerosol ó 0.5 mg en 100 ml de solución glucosa al 5% disminuyen 0.4 a 1.22 milimol por litro (mmol/L) con inicio de acción a los 30 minutos y efecto máximo entre los 60 y 90 minutos después de la administración, siendo la dosis más alta más eficaz. Efectos secundarios: Taquicardia, hiperglicemia, incremento de lactato plasmático. ¹⁶

3. Favorecer la eliminación del exceso de potasio (Excreción): diuréticos de asa o tiazídicos y los análogos de la aldosterona; los diuréticos de asa inhiben el canal NKCC2 en las células gruesas del asa ascendentes del asa de Henle, este canal es un cotransportador de sodio-potasio-cloruro que reabsorbe hasta un 25% de sodio y cloruro filtrados; el efecto kaliurético es secundario al incremento en el flujo tubular y por incremento en la acción de la bomba $\text{Na}^+\text{-K}^+$ ATPasa que aumenta la excreción de potasio en los túbulos distales y conducto colector. Se administra 40 – 80 miligramos (mg) de furosemida por vía intravenosa cada 2-4 hrs; con efecto al conseguir la diuresis o a dosis de 0.2 - 0.4 mg/kg. ¹⁶

Los diuréticos tiazídicos son efectivos cuando la TFG es $> 30 \text{ ml/min/1.73m}^2$, y los diuréticos de asa se pueden usar en paciente con menor TFG.

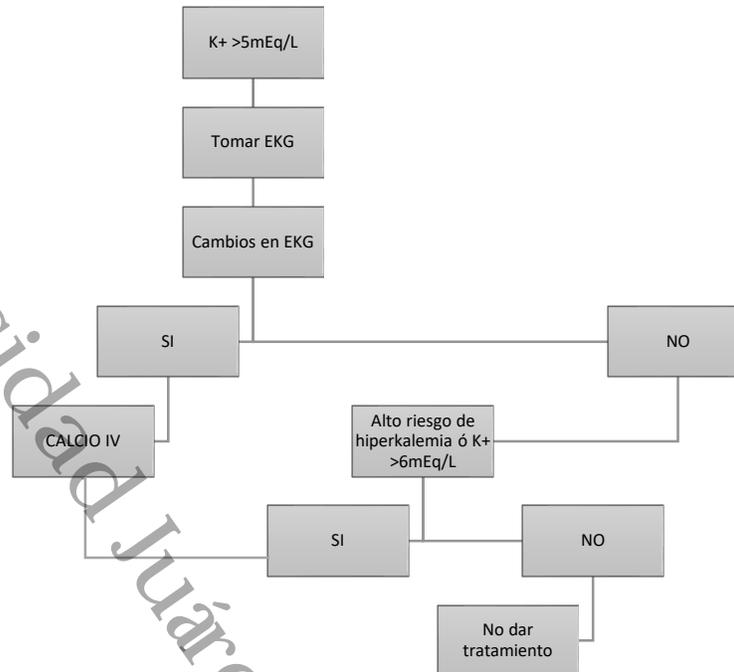


Las medidas antihiperkalémicas antes mencionadas son las más frecuentemente utilizadas sin embargo no son las únicas.¹⁶ Es frecuente el uso de combinación de medidas antihiperkalémicas, como:

- *Solución Hiperk-cocktail*: solución dextrosa al 10% 1000 ml + 3 ámpulas de bicarbonato de sodio al 8.9% (44.6 mEq) + 20 UI de insulina regular en infusión a una velocidad de 75 ml/hr.¹⁷

La infusión de bicarbonato está justificada con base a un primer estudio realizado por Fraley y Adler¹⁷ quienes reportaron que el uso de 88 – 132 mmol de bicarbonato en infusión en 1 litro de glucosa al 5%, disminuyó el potasio sérico y un segundo estudio realizado por Blumberg y cols.¹⁶ donde se evaluó la eficacia de la infusión de bicarbonato durante varias horas, observando que la disminución de la cifras de potasio se presentó a las 4 hrs explicándose por el mecanismo de acción del bicarbonato aunado a la expansión del líquido extracelular y de la dilución del potasio extracelular.¹⁸

El bicarbonato en infusión como medida antihiperkalémica se debe en parte a la administración conjunta de glucosa ya que estimula la secreción de insulina.¹⁷ La combinación de insulina + bicarbonato y glucosa fue más efectiva en la disminución de las cifras de potasio en pacientes con enfermedad renal crónica KDIGO 5 que la insulina y glucosa solas.^{19,20}



Modification de Catherine M. Clase JJC. potassium homeostasis and management of dyskalemia in kidney diseases: conclusions from a kidney disease: improving global outcomes (kdigo) controversies conference. Ontario, Canada;; 2019

2.2 MARCO REFERENCIAL

Biff F. Palmer y cols., realizaron una revisión retrospectiva de 90 pacientes que presentaban criterios para cambios electrocardiográficos, donde solo 16 pacientes (17.7%) presentaban estos, demostrando pobre correlación entre las manifestaciones cardíacas y la concentración plasmática de K^+ , el trazo electrocardiográfico puede ser normal, ya que la sensibilidad del electrocardiograma es baja. ⁷

Peralta y cols., en Uruguay realizaron un estudio cuyo objetivo fue describir los trastornos electrocardiográficos en pacientes internados en el Servicio de Clínica Médica del Hospital Nacional (Itauguá, Paraguay), fue un estudio observacional,



transversal, prospectivo de una base de datos secundaria. Ellos relacionaron los electrocardiogramas y niveles séricos del potasio en hombres y mujeres mayores de edad, con un potasio sérico ≥ 5.5 mEq/L en el periodo de agosto-diciembre de 2018, incluyendo 43 pacientes de los cuales 51% eran del género masculino con edad media de 60 ± 13 años y 49% del género femenino con edad media de 57 ± 14 años. Eran portadores de Enfermedad Renal Crónica en 91%. Encontraron los siguientes resultados: Valor medio de potasio sérico de 6.5 ± 0.8 mEq/L; en 18 sujetos (42%) se detectó alguna alteración electrocardiográfica compatible con Hiperkalemia. Los hallazgos más comunes fueron Onda T picuda (21%), índice T/R 0.75 (14%) y bradicardia sinusal (5%), llegando a las siguientes conclusiones: los trastornos electrocardiográficos se detectaron en 42% y el hallazgo más frecuente fue la onda T picuda en 21%.²¹

Durfey N y cols., realizaron un estudio de cohortes retrospectivo, observacional donde recopilaron registros de pacientes adultos con potasio sérico ≥ 6.5 mEq/L de la base de datos del laboratorio del Hospital Warwick de Rhode Island del 15 de agosto de 2010 al 30 de enero de 2015, incluyendo a 188 pacientes con hiperkalemia dentro del rango antes mencionado, obteniendo los siguientes resultados: todos los pacientes (100%) tuvieron al menos una alteración electrocardiográfica secundaria a hiperkalemia, dentro de los cambios más frecuentes fueron prolongación del QRS, bradicardia y/o ritmo de unión sin encontrar correlación estadísticamente significativa entre las onda T picudas y los anteriores. Concluyendo que con base a sus hallazgos apoyan el uso del EKG para



estratificar el riesgo del paciente con hiperkalemia severa para eventos adversos a corto plazo. ²²

Con base en lo anteriormente descrito se puede determinar la importancia de investigar en torno a la utilidad de un método diagnóstico sencillo y accesible, como lo es el electrocardiograma para identificar la hiperkalemia en pacientes con enfermedad renal crónica de forma oportuna.

Universidad Juárez Autónoma de Tabasco.
México.



3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La hiperkalemia es un trastorno electrolítico frecuente en pacientes internados y potencialmente fatal. En los estudios realizados en pacientes con enfermedad renal crónica (ERC), la prevalencia varía desde valores de 7.7% hasta tan altos como 54% en ERC terminal, donde el riesgo de presentar hiperkalemia está relacionado con el estadio de la ERC.²³

En el estado de Tabasco y específicamente en el HGZ 46 tenemos una alta prevalencia de pacientes con ERC, los cuales suelen presentar complicaciones graves como la hiperkalemia, la cual a su vez causa arritmias letales, de ahí la importancia de tener recursos diagnósticos no invasivos y accesibles que detecten con oportunidad la hiperkalemia.

Con base en lo anterior, surge la siguiente pregunta de investigación:

¿Cuál es la utilidad del electrocardiograma para identificar la hiperkalemia en pacientes con enfermedad renal crónica?



4. JUSTIFICACION

La ERC en México está teniendo un gran impacto en las finanzas de las instituciones y en la economía de las familias; el IMSS atiende al 73% de la población mexicana que requiere diálisis o trasplante, en 2014, el gasto en salud anual medio por persona para esta patología representó el 15% del gasto total anual del programa de seguro de enfermedades y maternidad, se estimó en 13,250 millones de pesos.

¹ Según reportes sabemos que solo el 2% de potasio corporal total es medible por laboratorio, es por esto que múltiples estudios sugieren el uso del electrocardiograma (EKG) para detectar los cambios electrocardiográficos que produce la hiperkalemia de forma oportuna y establecer el tratamiento correspondiente previniendo complicaciones.²³ Las tasas de mortalidad de los pacientes con hiperkalemia superior a 7 mEq/L alcanzan hasta el 67% si no se corrige de forma inmediata.²⁴

En el estado de Tabasco, específicamente en el HGZ 46 no se cuentan con estudios relacionados con hiperkalemia en pacientes con ERC, por lo que consideramos que este estudio aportará una base de datos para ampliar el conocimiento en este tipo de pacientes y así mismo verificar la utilidad del EKG como instrumento diagnóstico, no invasivo, sencillo y oportuno.

Nuestro estudio es factible ya que se cuenta con los recursos humanos, materiales y financieros para su desarrollo. Es viable, ya que cuenta con las normativas y políticas del IMSS, contamos con el apoyo de las autoridades institucionales para el desarrollo del proyecto.



5. HIPOTESIS

5.1 Hipótesis Nula (H_0):

El electrocardiograma es de utilidad en el diagnóstico de hiperkalemia en pacientes con enfermedad renal crónica.

5.2 Hipótesis alterna (H_a):

El electrocardiograma NO es de utilidad en el diagnóstico de hiperkalemia en pacientes con enfermedad renal crónica.



6. OBJETIVOS

6.1 Objetivo general:

Determinar la utilidad del electrocardiograma en el diagnóstico de hiperkalemia en pacientes con Enfermedad Renal Crónica en el área de urgencias del Hospital General de Zona 46 del IMSS en Villahermosa, Tabasco, México del 1 de Junio de 2019 al 30 de Junio de 2020.

6.2 Objetivos específicos:

- Identificar los factores sociodemográficos de la población de estudio con hiperkalemia leve, moderada y severa.
- Describir la prevalencia y el tipo de alteraciones electrocardiográficas secundarias a las alteraciones severas del K^+ sérico
- Relacionar los cambios electrocardiográficos con el grado de hiperkalemia.



7. MATERIALES Y METODOS

7.1 Tipo de estudio:

Estudio retrospectivo, cualitativo y analítico.

7.2 Unidad de observación:

El área de urgencias del Hospital General de Zona No. 46 “Bartolomé Reynés Berezaluce” del Instituto Mexicano del Seguro Social, Villahermosa, Tabasco.

7.3 Universo de trabajo:

Expedientes de pacientes portadores de enfermedad renal crónica que tengan algún grado de hiperkalemia, que se atendieron en el servicio de urgencias de cualquier turno del HGZ 46 del IMSS de Villahermosa, Tabasco, México.

7.4 Tipo de muestra y tamaño de la muestra:

Para determinar el tamaño de la muestra final se tomará en cuenta un aproximado de la cantidad de población de 108 pacientes con daño renal al año que ingresan al Hospital de segundo nivel de atención número 46 del IMSS, ubicado en una zona urbana de la ciudad de Villahermosa, Tabasco, México.

El tamaño de la muestra fue obtenida utilizando la fórmula estadística relacionada con poblaciones finitas, en donde se utilizó un nivel de confianza del 95%, un margen de error del 5% y en cuanto a la variables la positiva se consideró como del 50% y la negativa del 50%.

La fórmula es la siguiente: $n = z^2 Npq / e^2 (N-1) + z^2 pq$

En donde:



n = tamaño de la muestra.

z = nivel de confianza 95%, entonces, 95% entre 2 = 47.5% entre 100 = 0.475 =

$z = 1.96$.

N = Población = 108

p = probabilidad fracaso = 50%, entonces; 50% entre 100 = 0.5

q = probabilidad de éxito = 50%, entonces; 50% entre 100 = 0.5.

e = error = 5%, entonces, 5% entre 100 = 0.05.

Sustituyendo en la fórmula se obtienen los siguientes resultados:

$$n = (1.96)^2 * 108 (.05)(.05) / (.05)^2 * (473) + (1.96)^2 (.05)(.05)$$

$$n = 4.552296 / 1.834604$$

$$n = 66$$

Por la fórmula se obtiene una muestra de 66 pacientes, que se sustituirán por expedientes que tengan las variables de interés. La muestra será obtenida mediante muestreo no probabilístico accidental, incluyendo a los pacientes que acudieron a revisión durante un periodo de 12 meses.



7.5 Criterios de Selección:

7.5.1 Criterios de inclusión:

1. Expedientes de pacientes con enfermedad renal crónica que acudieron al servicio de urgencias del HGZ 46 del IMSS de Villahermosa Tabasco, México del 1 de Junio de 2019 al 30 de Junio de 2020.
2. Expedientes de pacientes con enfermedad renal crónica que se les realizó un EKG de 12 derivaciones y toma de potasio sérico al ingreso del 1 de Junio de 2019 al 30 de Junio de 2020.
3. Expedientes de pacientes mayores de 18 años de edad de ambos géneros.

7.5.2 Criterios de exclusión:

1. Expedientes con datos incompletos.
2. Pacientes con hiperkalemia por otras causas.
3. Pacientes que no cuenten tengan expediente completo.
4. Menores de 18 años.
5. Pacientes bajo tratamiento con fármacos ahorradores de potasio.

7.5.3 Criterios de eliminación:

1. Pacientes en quienes se descartó ERC.
2. Pacientes con fallecimiento en las primeras 24hrs de ingreso.
3. Pacientes que solicitaron alta voluntaria.
4. Pacientes que fueron trasladados a otra unidad hospitalaria antes de la obtención del potasio sérico.



7.6 Variables:

La medición se realizará de manera independiente, las variables en estudio serán cuantitativas continuas y cualitativas nominales. Una vez con los resultados se elaborará una base de datos y se analizará mediante estadística descriptiva.

7.6.1 VARIABLES DEPENDIENTES:

- Pacientes con Enfermedad renal crónica.
- Electrocardiograma en el diagnóstico de hiperkalemia.

7.6.2 VARIABLES INDEPENDIENTES:

- Grado de hiperkalemia (leve, moderada o severa).
- Potasio sérico en pacientes con enfermedad renal crónica.
- Factores individuales.

7.7 Operacionalización de variables:

VARIABLE	TIPO DE VARIABLE	ESCALA DE MEDICIÓN	MEDICION	DEFINICION OPERACIONAL
Edad	Cuantitativa	nominal	años	Todo paciente mayor de 18 años de edad
Sexo	Cualitativa	Nominal	Femenino, Masculino	Genero del paciente
Escolaridad	Cuantitativa	Nominal	Primaria/secundaria=1 secundaria/ preparatoria=0 otra=3	Grado académico del paciente
Ocupación	Cualitativa	Nominal	Empleado público/privado/independiente=0 Profesional=1	Tipo de empleo del paciente



			Empresario=2 Jubilado=3 Otro=4	
Bioquímica sanguínea:	cuantitativa	ordinal	niveles de potasio sérico (mEq/L), creatinina sérica (mg/dl), sodio sérico (mEq/L), glicemia (mg/dl).	Muestra de sangre venosa procesada en laboratorio
Gasometría venosa/arterial	cuantitativa	ordinal	pH sanguíneo, bicarbonato (mEq/L), presión parcial de dióxido de carbono - PaCO ₂ - (mmHg).	Muestra de arterial o venosa procesada en laboratorio
Grado de hiperkalemia	Cualitativa	Nominal	Leve (5.1 – 6 mEq/L) Moderado (6.1 – 7 mEq/L) Severo (≥ 7.1 mEq/L)	Nivel de potasio sérico en sangre
Determinación de k⁺ sérico al ingreso a urgencias	Cuantitativa	Nominal	mEq/L	Nivel de potasio sérico reportado al ingreso al HGZ 46
Cambios electrocardiográficos	Cuantitativo	Nominal	Ritmo normal, fibrilación.	Cualquier alteración presente en el electrocardiograma
Estado neurológico	Cualitativo	Razón	Consciente, inconsciente	Nivel de conciencia del paciente
Insuficiencia renal crónica (0/1)	cuantitativa	Razón	definida por la disminución de la tasa de filtrado glomerular (TFG), considerándose para ello si ≤ 60 ml/min por 1.73 m ² . La TFG estimada por medio de la fórmula abreviada de modification of diet in renal disease (MDRD) que es equivalente a: 186 x [creatinina plasmática (mg/dl)]	Grado de TFG
Factores de riesgo cardiovascular	Cualitativo	Nominal	hipertensión arterial (0/1), diabetes (0/1), dislipemia (0/1), tabaquismo (0/1).	Enfermedades cardiacas y vasculares presentes en el paciente
Comorbilidades	Cualitativo	Nominal	Diabetes Mellitus: Hipertensión Arterial: Otros:	Cualquier enfermedad de la que sea portador el paciente, además de ERC
Presencia de ECG durante la alteración de K⁺ (0/1).	Cualitativo	Nominal	Presencia=0 Ausencia=1.	Contar con electrocardiografo
Ritmo basal (0-6)	Cualitativo	Nominal	0, sinusal; 1, fibrilación/flutter auricular; 2, otros.	Tipo de ritmo cardiaco presente en el electrocardiograma



Arritmia clínica (0/1).	Cualitativo	Nominal	Presencia=0 Ausencia=1.	Alteración del ritmo presente en el paciente
Tipo de arritmia clínica (1-6)	Cualitativo	Nominal	1, bloqueo AV completo; 2, taquicardia ventricular (TV) polimórfica; 3, TV monomórfica; 4, fibrilación ventricular; 5, asistolia.	Alteración en el ritmo de la que sea portador el paciente y/o encontrado en el electrocardiograma
Frecuencia cardiaca	cuantitativa	Ordinal	medida en latidos por minuto (lpm).	Numero de latidos cardiacos en un minuto
Ondas e intervalos del ECG durante la alteración	Cualitativo	Nominal	voltaje onda P (milímetros-mm-, medido en la derivación DII), intervalo PR (milisegundos -ms-, medido en la derivación DII), duración compleja QRS (ms, medido en la derivación con mayor ensanchamiento), bloqueo de rama (0/1), eje QRS (0 normal, 1 desviado hacia la izquierda, 2 desviado hacia la derecha), punto J desnivel (0 isoelectrico, 1 infradesnivel, 2 supradesnivel), voltaje desviado punto J (mm, medido en la derivación con mayor alteración), intervalo QT corregido (ms, medido en la derivación V5-6), onda T polaridad (0 positiva, 1 negativa, 2 aplanada, medido en derivaciones diferentes de aVR y V1), onda T amplitud (mm, medida en la derivación con mayor voltaje), onda U (0/1).	Medición de cada onda, segmento e intervalo del electrocardiograma, medido en tiempo y voltaje.
Presentación de fenocopia de Brugada en pacientes con hiperkalemia (0/1).	Cualitativo	Nominal	Presencia=0 Ausencia=1.	Presencia de alteración de brigada en el electrocardiograma.



Tratamiento (medicamentos)	Cualitativo	Nominal	Glibenclamida=1 Metformina=2 Insulina=3 Furosemida=4 Otros=5	Tipo de medicación que recibe el paciente
-----------------------------------	-------------	---------	--	---

7.8 Procedimiento para capturar la información y análisis de datos

Las variables serán transcritas a la base de datos con el programa estadístico Statistical Package for the Social Sciences® (SPSS), el cálculo del tamaño de la muestra se tomó de acuerdo a la fórmula de población finita. Las variables cualitativas se expresarán en frecuencia y porcentajes, las cuantitativas en medias y desviación estándar. Se realizará análisis de comprobación de hipótesis mediante Xi cuadrada.



8. CONSIDERACIONES ETICAS

El presente protocolo respeta los lineamientos emitidos en el Código de Nuremberg, la Declaración de Helsinki, las pautas internacionales para la investigación médica relacionada a seres humanos por la OMS, el Consejo de Organizaciones Internacionales con seres humanos y en México por lo establecido en el Reglamento de la Ley General de la Salud, en Materia de Investigación para la Salud: Título segundo, capítulo I, Artículo 17, sección II, investigación con riesgo mínimo.

La investigación que se presenta se basa en dos principios:

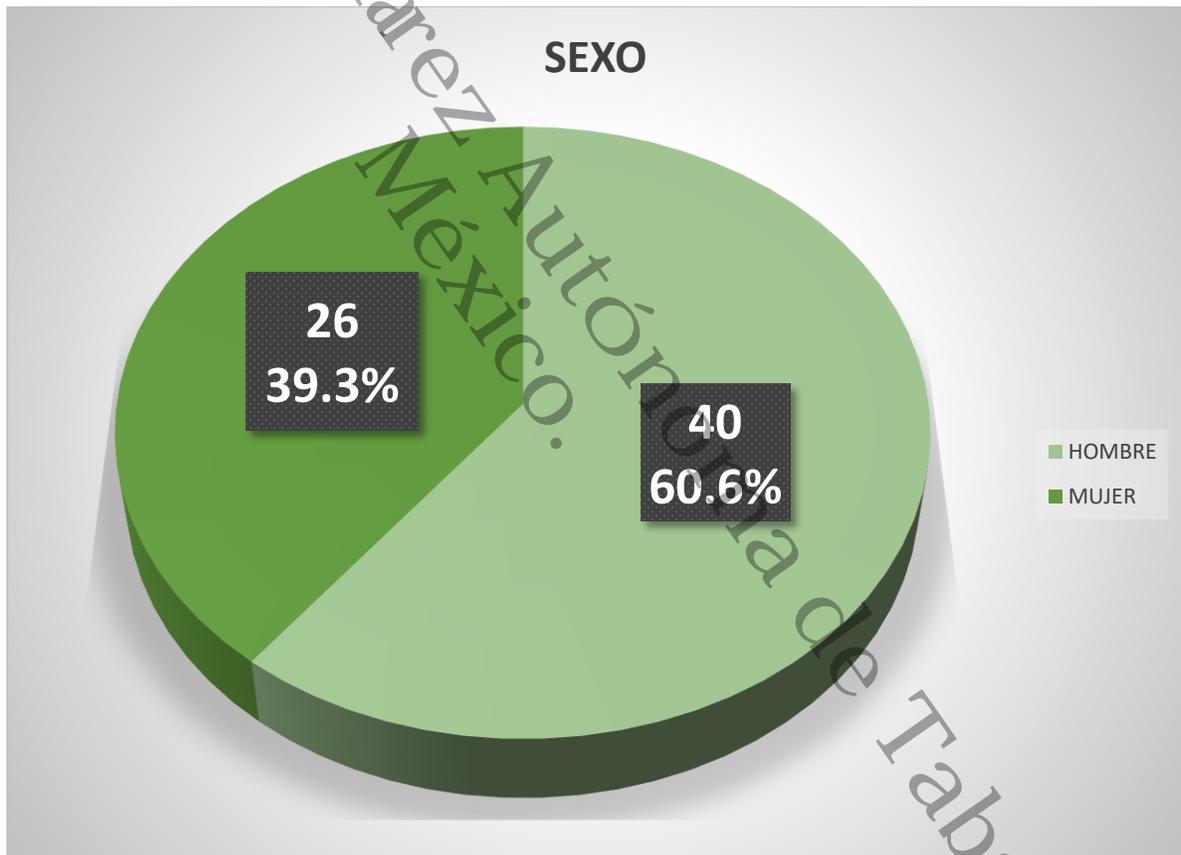
El primero, el principio de beneficencia, considerando la dimensión de la garantía de no explotación la cual menciona que el participar en estudio de investigación no debe situar a las personas en desventaja o exponerlas a situaciones para la que no han sido preparados explícitamente. Segundo, el principio de no maleficencia, el cual menciona que debe abstenerse intencionadamente de realizar acciones que puedan causar daño o perjudicar a otros. Es un imperativo ético válido para todos, no sólo en el ámbito biomédico sino en todos los sectores de la vida humana.

Se respetó la confidencialidad de los datos personales inscritos en el expediente electrónico.



9. RESULTADOS

En el servicio de urgencias durante el año de estudio hubo una población de 108 pacientes con enfermedad renal crónica, de los cuales 66 pacientes presentaban además hiperkalemia por lo que fueron ingresados en este estudio, de los cuales fueron 40 pacientes del género masculino (60.61%) y del género femenino 26 pacientes (39.39%). Ver gráfica 1.

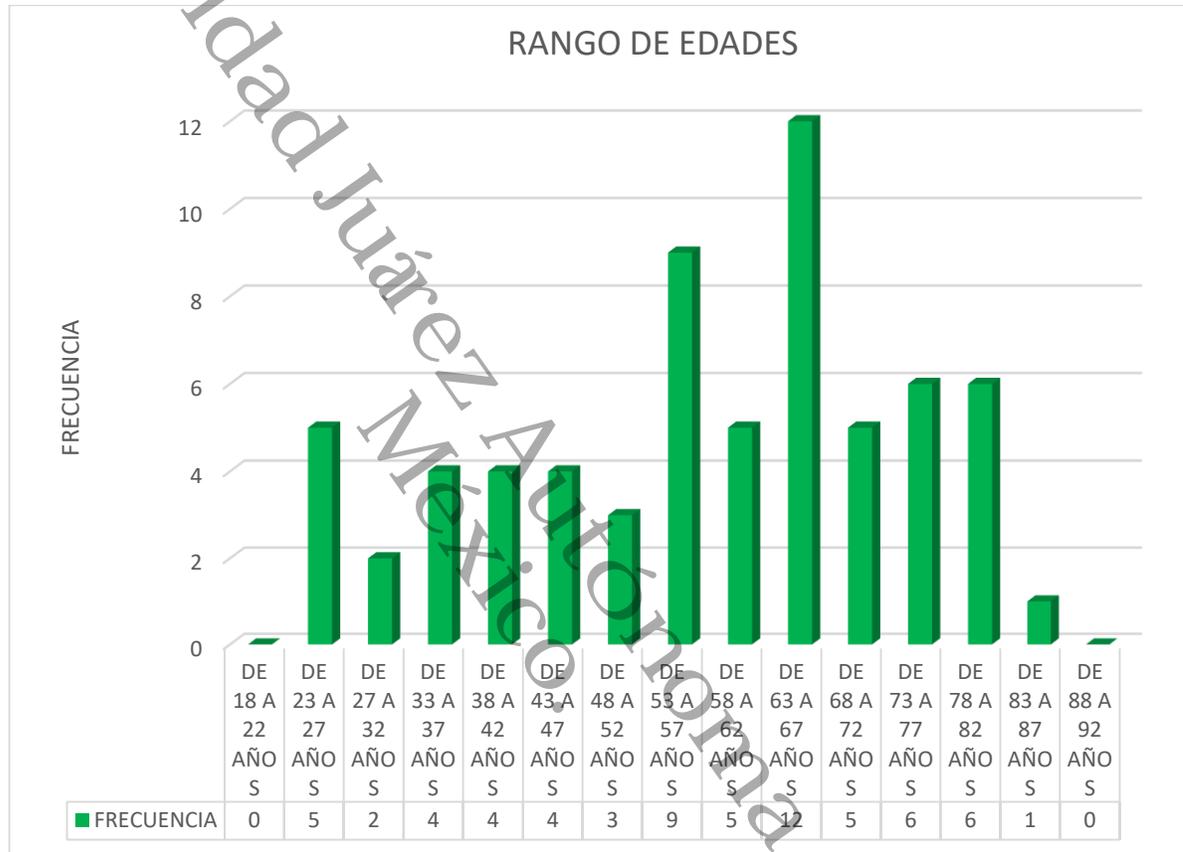


Gráfica 1

Fuente: Expedientes electrónicos de SIOC (Sistema Integral de Optimización de Camas).



En la población de estudio (66 pacientes) se incluyeron expedientes de pacientes mayores de 18 años, de los cuales la edad media fue de 57 años. Ver gráfica 2.

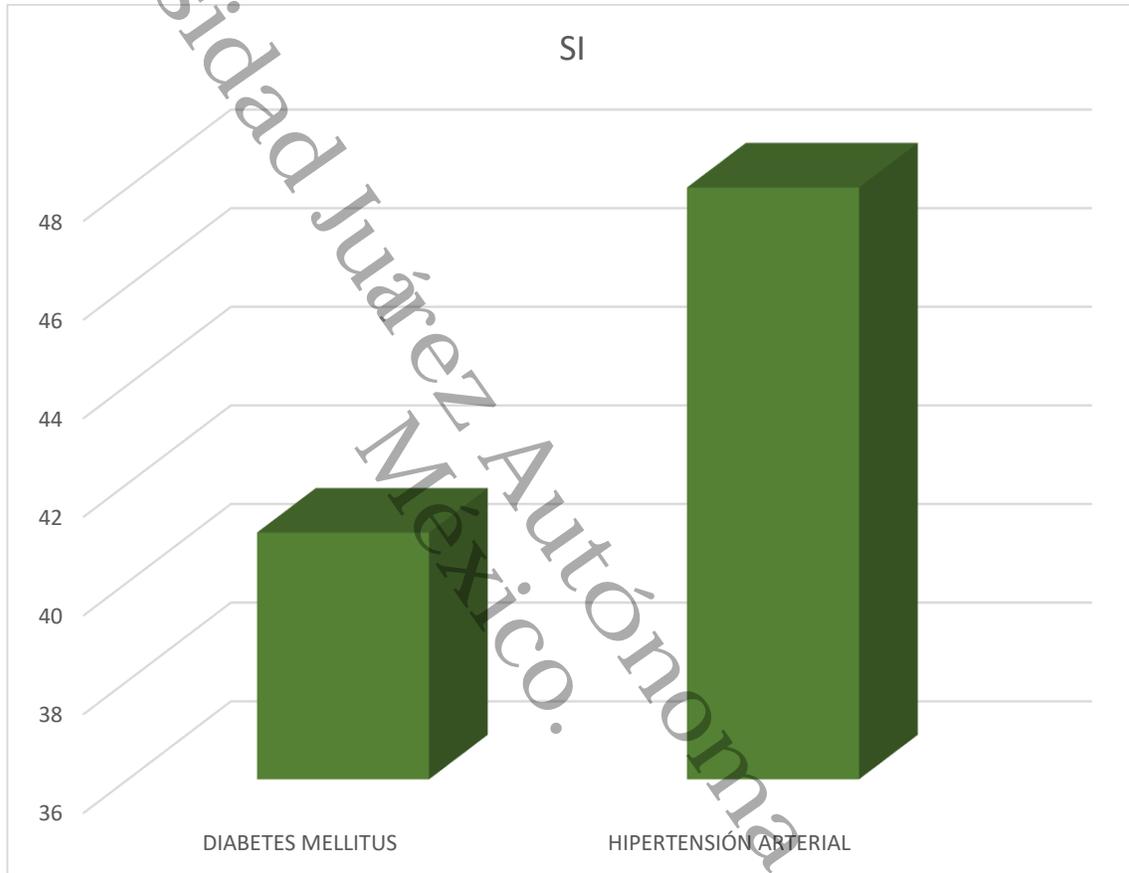


Gráfica 2

Fuente: Expedientes electrónicos de SIOC (Sistema Integral de Optimización de Camas).



Del total de la población, 41 pacientes (62.12%) eran portadores de Diabetes Mellitus, 48 pacientes (72.73%) eran portadores de Hipertensión Arterial Crónica, 31 pacientes (46.97%) eran portadores de ambas enfermedades. Ver gráfica 3.

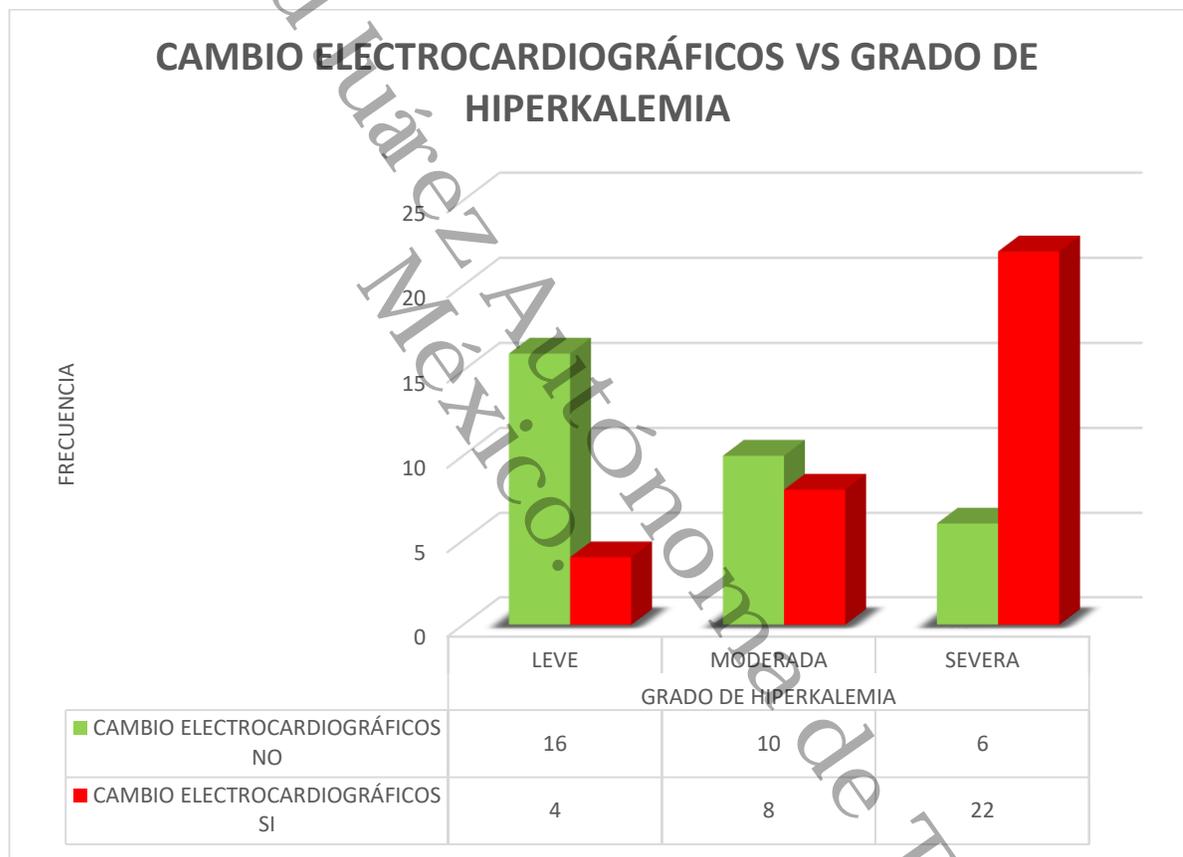


Gráfica 3

Fuente: Expedientes electrónicos de SIOC (Sistema Integral de Optimización de Camas).



Al analizar las muestras de potasio sérico al ingreso y clasificándolo según el grado de hiperkalemia se encontró una media del potasio sérico fue de 6.78mEq/L. Presentando mayor frecuencia los cambios electrocardiográficos en hiperkalemia severa. Ver gráfica 4.



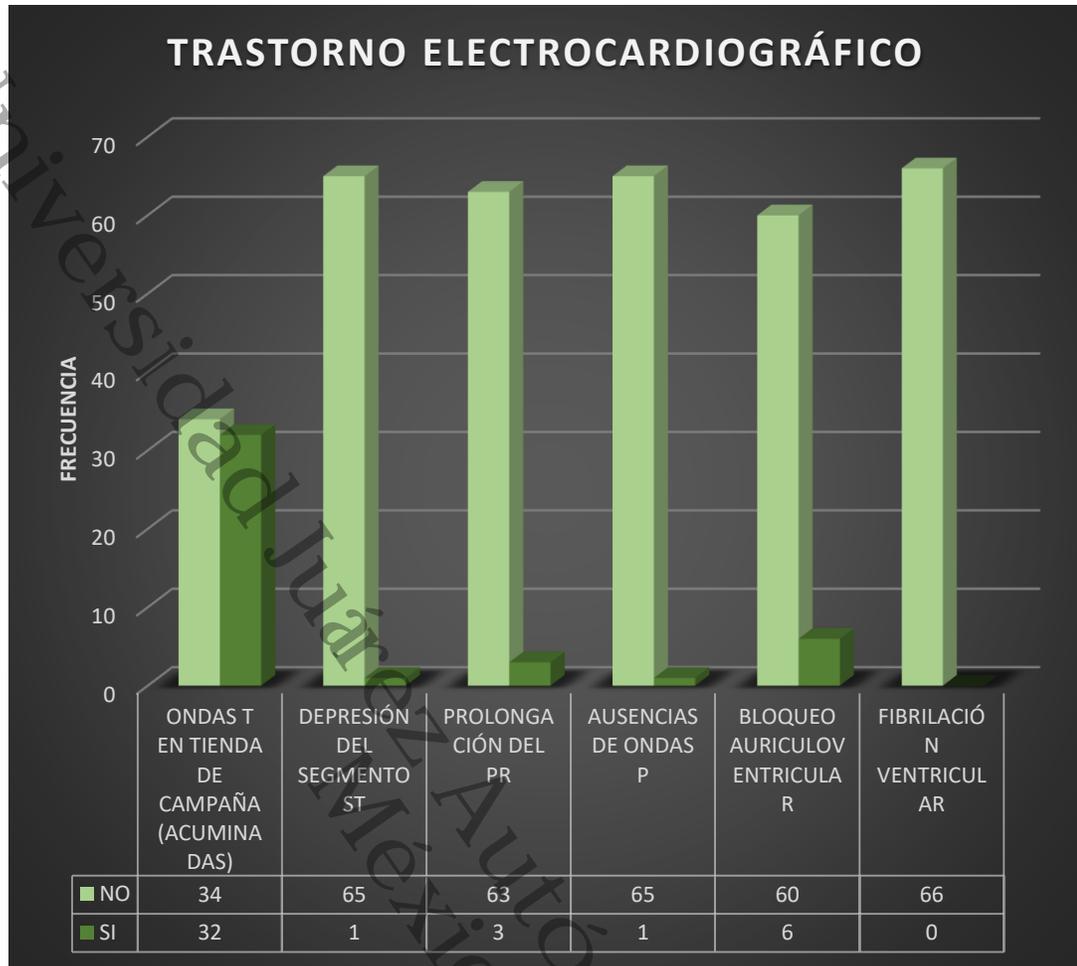
Gráfica 4

Fuente: Expedientes electrónicos de SIOC (Sistema Integral de Optimización de Camas).



El cambio electrocardiográfico más frecuente fue la onda T picuda la cual se presentó en 32 pacientes representando el 48.48%, seguido por la presencia de Bloqueo Auriculoventricular en 6 pacientes (9.09%), prolongación del PR en 3 pacientes (4.55%), depresión del segmento ST y ausencia de onda P en 1 paciente respectivamente (1.52%), sin presentarse en ningún paciente la Fibrilación Ventricular. Ver tabla 1 y gráfica 5

TRASTORNO ELECTROCARDIOGRÁFICO	FRECUENCIA	%
ONDAS T EN TIENDA DE CAMPAÑA (ACUMINADAS)	32	48.48%
DEPRESIÓN DEL SEGMENTO ST	1	1.52%
PROLONGACIÓN DEL PR	3	4.55%
AUSENCIAS DE ONDAS P	1	1.52%
BLOQUEO AURICULOVENTRICULAR	6	9.09%
FIBRILACIÓN VENTRICULAR	0	0.00%



Gráfica 5

Fuente: Expedientes electrónicos de SIOC (Sistema Integral de Optimización de Camas).

No se detectó que a mayor grado de hiperkalemia mayor fuera la frecuencia de alguna alteración electrocardiográfica.



10. DISCUSION

La frecuencia de cambios electrocardiográficos en este estudio fue de 34 pacientes (51.51%) que coincide con la literatura que menciona que solo la mitad de los pacientes con hiperkalemia (potasio sérico mayor de 5mEq/L) tienen cambios en el trazo del electrocardiograma. Se encontró que a mayor grado de hiperkalemia mayor es la frecuencia en los cambios electrocardiográficos, algunos autores mencionan que hay una correlación positiva entre el nivel o grado de hiperkalemia y la presencia de los cambios electrocardiográficos, sin embargo en el último estudio de Gregor Lindner y cols. (25) menciona que no hay correlación entre el grado de hiperkalemia y las alteraciones en el electrocardiograma.

En la hiperkalemia, la onda T es picuda, simétrica, angosta (o en aspecto de tienda de campaña) y con un voltaje mayor de 10mm o 1mV, aparece precozmente en derivaciones precordiales izquierdas. Sin embargo se requiere un electrocardiograma previo del paciente para corroborar que no existía este cambio electrocardiográfico antes de la presencia de hiperkalemia (en pacientes con cardiopatía hipertensiva, isquemia e hipertrofia ventricular izquierda), así como considerar subjetivo este cambio. La sensibilidad del electrocardiograma para realizar el diagnóstico de hiperkalemia en pacientes con enfermedad renal crónica es alto en pacientes con niveles séricos de potasio elevados ≥ 7 mEq/L que para niveles séricos inferiores a este, donde la sensibilidad del electrocardiograma desciende hasta un 50% aproximadamente.



11. CONCLUSIONES

Las alteraciones electrocardiográficas se encontraron en el 51.51% de los pacientes, dentro de estos cambios los más frecuentes fueron la presencia de onda T picuda en 32 pacientes representando el 48.48%, seguido por la presencia de Bloqueo Auriculoventricular en 6 pacientes (9.09%), prolongación del PR en 3 pacientes (4.55%), depresión del segmento ST y ausencia de onda P en 1 paciente respectivamente (1.52%), sin presentarse en ningún paciente Fibrilación Ventricular. A mayor grado de hiperkalemia o mayor nivel sérico de potasio mayor fue la frecuencia de las alteraciones electrocardiográficas.



12. PERSPECTIVAS

A partir de los datos recabados en este estudio, sería interesante realizar futuras investigaciones para dar seguimiento a los pacientes con ERC portadores de hiperkalemia así como la presencia de alteraciones electrocardiográficas para evaluar la sobrevida y calidad de esta ya que la mortalidad en estos pacientes es muy alta a causa del desequilibrio hidroelectrolítico.

Realizar futuras investigaciones con población más grande o realizar un estudio multicéntrico para mejorar la calidad de los resultados.

Las limitaciones de este estudio es que no hubo cegamiento en las interpretaciones de los EKG, no se realizó seguimiento de la evolución de los pacientes que se incluyeron en este.

Recomendamos a los médicos conocer las limitaciones que presenta el EKG ante el diagnóstico de hiperkalemia, tomando en cuenta la toma y manipulación de las muestras sanguíneas para evitar pseudohiperkalemia, ya que la ausencia de alteraciones electrocardiográficas no descarta su presencia en el paciente.



13. LITERATURA CIENTIFICA CITADA

1. Prevención, Diagnóstico y Tratamiento de la Enfermedad Renal Crónica. 2019 Guía de Evidencias y Recomendaciones: Guía de Práctica Clínica. CENETEC;. México, [consultado el 17/07/2020]. Disponible en <http://imss.gob.mx/profesionales-salud/gpc>
2. Ruiz-Mejía R, Ortega-Olivares LM, Naranjo-Carmona CA, Suárez-Otero R. 2017 Tratamiento de la hipercalemia en pacientes con enfermedad renal crónica en terapia dialítica. Med Int Méx. nov;33(6):778-796. [consultado el 17/07/2020]. Disponible en: <https://doi.org/10.24245/mim.v33i6.1312>
3. Cortés-Sanabria L, Ayala-cortés R. A., Calderón-García C. E., Silva-Ocegueda A. 2017 Retos y perspectivas de la enfermedad renal crónica en México: a propósito del día mundial del riñón. Sal Jal. 2017;4(1):6-9. [consultado el 17/07/2020]. Disponible en <https://www.medigraphic.com/pdfs/saljalisco/sj-2017/sj171b.pdf>
4. Romagnani P, Remuzzi G, Glassock R, Levin A, Jager KJ, Tonelli M, Massy Z, 2017 Wanner C, Anders HJ. Chronic kidney disease. Nat Rev Dis Primers. Nov 23;3:17088. [consultado el 17/07/2020]. Disponible en <https://sci-hub.tw/10.1038/nrdp.2017.88>
5. Lara Belmar Vega, Emilio Rodrigo Galabía, Jairo Bada da Silva, Marta Bentanachs González, Gema Fernández Freshedo, Celestino Pinera Haces 2019. Epidemiología de la hiperpotasemia en la enfermedad renal crónica. Revista de la Sociedad Española de Nefrología; 39(3):277-286. Consultado el 03/11/2020 <https://doi.org/10.1016/j.nefro.2018.11.011>
6. Sellarés VI. 2017 Enfermedad renal cronica. nefrologia al dia/ sociedad española de nefrologia.:: p. 335-351.
7. Biff F. Palmer, Deborah J. Clegg 2017. Diagnosis and treatment of hyperkalemia. Cleveland clinic journal of medicine volume 84, number 12. [consultado el 17/07/2020]. Disponible en <https://www.ccm.org/content/84/12/934>
8. Sergio Irizar-santana, Carlos Alberto Kawzno-Soto 2016. HIPERKALEMIA. Rev Med UAS vol.6.; p.142-165. [consultado el 18/07/2020]. Disponible en <http://hospital.uas.edu.mx/revmeduas/pdf/v6/n3/hiperkalemia.pdf>
9. Biff F. Palmer, Deborah J. Clegg 2019 Physiology and pathopsychology of potassium homeostasis: core curriculum. AJKD Vol XX | Iss XX | Month 2019. [consultado el 17/07/2020]. Disponible en <https://sci-hub.tw/10.1053/j.ajkd.2019.03.427>
10. Luca Di Lullo, Claudio Ronco, Antonio Granata. 2019 Hipercalemia Crónica en Pacientes Cardioresnales: Factores de Riesgo, Diagnóstico y Nuevas Opciones de



Tratamiento. CARDIORENAL MEDICINA; p. 9:8–21. [consultado el 18/07/2020].
Disponible en DOI: [10.1159 / 000493395](https://doi.org/10.1159/000493395)

11. Vera Carrasco, Oscar. (2018). HIPERKALEMIA. *Revista Médica La Paz*, 24(1), 63-69. [consultado el 18/07/2020]. Disponible en <http://www.scielo.org.bo/scielo.php>
12. Erick Alexánderson Rosas. 2017 Electrocardiografía clínica. Ed. El manual Moderno., pp: 198-201
13. Abuelo JG (2017). Tratamiento de la hipercalemia severa: confrontar 4 falacias. *Informes internacionales sobre riñones*, 3 (1), 47–55. [consultado el 18/07/2020]. Disponible en <https://sci-hub.tw/10.1016/j.ekir.2017.10.001>
14. Catherine M. Clase JJC. 2019. Potassium homeostasis and management of dyskalemia in kidney diseases: conclusions from a kidney disease: improving global outcomes (kdigo) controversies conference. Ontario, Canadá; [consultado el 18/07/2020]. Disponible en [https://www.kidney-international.org/article/S0085-2538\(19\)31012-9/fulltext](https://www.kidney-international.org/article/S0085-2538(19)31012-9/fulltext)
15. Dépret, F., Peacock, WF, Liu, KD y col. (2019) Manejo de la hipercalemia en el paciente agudo. *Ana. Cuidados Intensivos* 9, 32. [consultado el 18/07/2020]. Disponible en <https://doi.org/10.1186/s13613-019-0509-8>.
16. Chothia, M. Y., Halperin, M. L., Rensburg, M. A., Hassan, M. S., & Davids, M. R. (2014). Bolus administration of intravenous glucose in the treatment of hyperkalemia: a randomized controlled trial. *Nephron. Physiology*, 126(1), 1–8. [consultado el 18/07/2020]. Disponible en <https://sci-hub.tw/10.1159/000358836>
17. Ramos-Peñafiel CO, Tovilla-Ruiz CK, Galván-Flores F, Castañeda-Rodríguez R y col. 2015 Eficacia de hiperKcocktail vs insulina regular en el tratamiento de la hipercalemia. *Med Int Méx*; 31:50-56. [consultado el 17/07/2020]. Disponible en <https://www.medigraphic.com/pdfs/medintmex/mim-2015/mim151h.pdf>
18. Ocharan-corcuera j. 2011 Hiperpotasemia in hemodialysis. elsevier; p. 21-27. [consultado el 18/07/2020]. Disponible en <https://sci-hub.tw/10.1016/j.dialis.2010.12.001>
19. HJ. K. 1996 Combined effect of bicarbonate and insulin with glucose in acute therapy of hyperkalemia in end-stage renal. *Nephron*; p. 72:476-842. [consultado el 18/07/2020]. Disponible en <https://sci-hub.tw/10.1159/000188917>
20. Kim G. H. (2019). Pharmacologic Treatment of Chronic Hyperkalemia in Patients with Chronic Kidney Disease. *Electrolyte & blood pressure : E & BP*, 17(1), 1–6. [consultado el 18/07/2020]. Disponible en <https://sci-hub.tw/10.5049/EBP.2019.17.1.1>
21. Ruth Peralta, Leny Milena Cudas Martínez, Cristhian Rodrigo Cubilla Zaracho, Nora Mariela Oviedo Barni. marzo 2019 Manifestaciones electrocardiográficas en pacientes con hiperpotasemia del Servicio de Clínica Médica del Hospital Nacional en 2018. *Rev. virtual Soc. Parag. Med. Int.*; 6 (1):54-62 Doi:10.18004/rvspmi/2312-3893/2019.06(01)54-062



22. Durfey N, Lehnhof B, Bergeson A, Durfey SNM, Leytin V, McAteer K, et al. 2017 Severe hyperkalemia: Can the electrocardiogram risk stratify for short-term adverse events?. West J Emerg Med.;18(5):963–71 doi: 10.5811 / westjem.2017.6.33033
23. Pfortmüller CA, Leichtle AB, Fiedler GM, Exadarktylos, Lindner G. 2013, Hyperkalemia in the emergency department: etiology, symptoms and outcomes of a life threatening electrolyte disorder. Eur J Intern Med; 24 (5): e 59-60
24. Amador Cadena-Naranjos Daniel, Javier Hernández Ana María. 2016 Detección de Enfermedad Renal Crónica Oculta Mediante Fórmula de Cockcroft-Gault en Pacientes con Enfermedades Crónicas degenerativas en el primer nivel de atención en Comalcalco, Tabasco, México. Salud en Tabasco Vol.2 No.1 y 2, Enero-Abril, Mayo-Agosto
25. Gregor Lindner, E. A. Burdmann 2020. Acute hiperkalemia in the emergency department: a summary from a Kidney Disease: Improving Global Outcomes conference. European Journal of Emergency Medicine 2020, 27:329–337



14. ANEXOS



ANEXO 1. FORMATO DE RECOLECCION DE DATOS:

Titulo de trabajo de investigación		Fecha	
Utilidad del electrocardiograma en el diagnóstico de Hiperkalemia en pacientes con enfermedad renal crónica en el área de urgencias.			
EDAD:		SEXO:	
		Hombre	Mujer
Comorbilidades:	Diabetes Mellitus:		
	Hipertensión Arterial:		
	Otros:		
Medicamentos:	Glibenclamida:		
	Metformina:		
	Insulina:		
	Furosemida:		
	Otros:		
Grado de Hiperkalemia:	Leve	Moderada	Severa
K ⁺ sérico al ingreso:	mEq/L		
K ⁺ sérico a las 4hrs	mEq/L		
K ⁺ sérico a las 8hrs	mEq/L		
Cambios en EKG:	Si	No	
Cuales:			
Relación EKG/Grado:	Si	No	



ANEXO 2. TABLA DE CONTINGENCIA (CHI CUADRADA POR PRESENTAR DOS VARIABLES SOLAMENTE Y MAS DE 30 PX)

GRADO	SI	NO
LEVE		
MODERADO		
SEVERO		

Universidad Juárez Autónoma de Tabasco.
México.



ANEXO 3. Carta de autorización para el acceso a expediente clínico.

Villahermosa, Tabasco a 28 de Julio de 2020



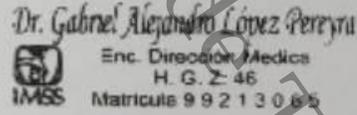
ASUNTO: OFICIO DE AUTORIZACIÓN PARA ACCESO A REALIZACION DE PROTOCOLO DE INVESTIGACION

INSTITUTO MEXICANO DEL SEGURO SOCIAL. DELEGACIÓN TABASCO

HOSPITAL GENERAL DE ZONA 46. DR. BARTOLOMÉ REYNÉS BEREZALUCE.
DR. GABRIEL ALEJANDRO LOPEZ PEREYRA.
DIRECTOR DE LA UNIDAD

Mediante la presente otorgo a usted Dra. Yuridia Irasema Gordillo Martínez, residente de tercer año de la especialidad de medicina de urgencias con matrícula 99286871, autorización para realizar su protocolo de investigación y acceder a los sistemas de expediente clínico de esta unidad, con motivo del protocolo denominado "Utilidad del electrocardiograma en el diagnóstico de Hiperkalemia en pacientes con enfermedad renal crónica en el área de urgencias del HGZ 46 del IMSS en Villahermosa, Tabasco, México" en el periodo del 01 de Junio de 2019 al 30 de junio de 2020, los datos recolectado quedaran resguardados en una base de datos exclusiva para el uso del estudio y no serán distribuidos a otras personas respetando la confidencialidad del paciente.

Saludos cordiales y de ante mano gracias.



ATTE. DR. GABRIEL ALEJANDRO LOPEZ PEREYRA

10-100