

**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO**



**FACULTAD DE MEDICINA  
DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO**

**INSTITUTO MEXICANO DEL SEGURO SOCIAL  
UMAE HOSPITAL DE ESPECIALIDADES  
“DR. BERNARDO SEPÚLVEDA GUTIÉRREZ”  
CENTRO MEDICO NACIONAL SIGLO XXI**



---

---

**PREVALENCIA DE HIPERKALEMIA EN PACIENTES SOMETIDOS A  
TRASPLANTE RENAL EN LA UMAE, HOSPITAL DE ESPECIALIDADES  
“DR. BERNARDO SEPÚLVEDA GUTIÉRREZ” CENTRO MEDICO NACIONAL  
SIGLO XXI**

**T E S I S**

**PARA OBTENER EL GRADO DE  
ESPECIALISTA EN ANESTESIOLOGÍA**

**PRESENTA:**

**DR. DAVID ALEJANDRO MARTÍNEZ FRANCO**  
RESIDENTE DE TERCER AÑO DE ANESTESIOLOGÍA

**ASESOR DE TESIS:**

**DR. GUSTAVO SOTO PALMA**  
MÉDICO ADSCRITO DE ANESTESIOLOGÍA

**CIUDAD DE MÉXICO, FEBRERO 2020**



Universidad Nacional  
Autónoma de México



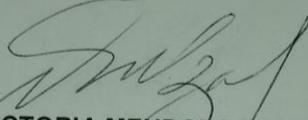
**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

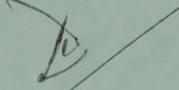
Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

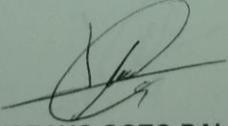
## HOJA RECOLECTORA DE FIRMAS



**DRA. VICTORIA MENDOZA ZUBIETA**  
JEFA DE LA DIVISIÓN DE EDUCACIÓN EN SALUD  
UMAE HOSPITAL DE ESPECIALIDADES CMN SXXI



**DR. ANTONIO CASTELLANOS OLIVARES**  
PROFESOR TITULAR DEL CURSO DE ESPECIALIZACIÓN EN  
ANESTESIOLOGÍA  
UMAE HOSPITAL DE ESPECIALIDADES CMN SXXI



**DR. GUSTAVO SOTO PALMA**  
MÉDICO ADSCRITO DE ANESTESIOLOGÍA  
UMAE HOSPITAL DE ESPECIALIDADES CMN SXXI

## DICTAMEN DE SIRELCIS



INSTITUTO MEXICANO DEL SEGURO SOCIAL  
DIRECCIÓN DE PRESTACIONES MÉDICAS



### Dictamen de Autorizado

Comité Local de Investigación en Salud **3601** con número de registro **17 CI 09 015 034** ante COFEPRIS y número de registro ante CONBIOÉTICA **CONBIOETICA 09 CEI 023 2017082**.  
HOSPITAL DE ESPECIALIDADES DR. BERNARDO SEPULVEDA GUTIERREZ, CENTRO MEDICO NACIONAL SIGLO XXI

FECHA **Miércoles, 16 de enero de 2019.**

**M.E. GUSTAVO SOTO PALMA**  
**PRESENTE**

Tengo el agrado de notificarle, que el protocolo de investigación con título:

**PREVALENCIA DE HIPERKALEMIA EN PACIENTES SOMETIDOS A TRASPLANTE RENAL EN LA UMAE, HOSPITAL DE ESPECIALIDADES "DR. BERNARDO SEPÚLVEDA GUTIÉRREZ" CENTRO MEDICO NACIONAL SIGLO XXI**

que sometió a consideración para evaluación de este Comité Local de Investigación en Salud, de acuerdo con las recomendaciones de sus integrantes y de los revisores, cumple con la calidad metodológica y los requerimientos de ética y de investigación, por lo que el dictamen es **A U T O R I Z A D O**, con el número de registro institucional:

No. de Registro  
R-2019-3601-009

ATENTAMENTE

**DR. CARLOS FREDY CUEVAS GARCÍA**  
Presidente del Comité Local de Investigación en Salud No. 3601

**IMSS**  
SEGURIDAD Y SALUD PARA TODOS

## AGRADECIMIENTOS

Gracias a mi padre y a mi madre por siempre haberme apoyado en este largo recorrido para obtener mi especialización médica. Gracias a mis hermanas por estar siempre presentes.

Gracias a mi novia Deborah por ser alguien que me impulsa a ser mejor cada día y por hacerme sentir que siempre puedo más.

Gracias al doctor Soto por tanta paciencia que me tuvo durante toda la realización del presente trabajo además de ser mi guía para poderlo realizar.

Gracias al doctor Castellanos y a la doctora Rojas por todos los consejos y por haberme dado las facilidades para realizar este proyecto.

## ÍNDICE

DICTAMEN DE SIRELCIS	3
AGRADECIMIENTOS	4
ÍNDICE	5
RESUMEN	6
SUMMARY	7
DATOS DE TESIS	8
MARCO TEÓRICO	9
JUSTIFICACIÓN	12
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	13
OBJETIVO GENERAL	13
OBJETIVOS ESPECÍFICOS	13
HIPÓTESIS	14
MATERIALES, PACIENTES Y MÉTODOS	14
RESULTADOS	17
DISCUSIONES	20
CONCLUSIONES	24
BIBLIOGRAFÍA	26

## RESUMEN

**INTRODUCCIÓN:** La hiperkalemia, es un problema relevante debido a sus implicaciones en la seguridad del paciente en relación con la posibilidad de resultados cardíacos adversos, por la incidencia de arritmias y paro cardiaco observado en los servicios de urgencias y en el quirófano, incrementando las tasas de morbimortalidad. El reto para el anestesiólogo es mantener la homeostasis orgánica en los periodos transoperatorios y postoperatorios inmediatos, aplicando el tratamiento más efectivo para corregir la gravedad del aumento de las concentraciones séricas de K y la hiperexcitabilidad de la membrana celular, que en ocasiones requiere de medidas urgentes. **OBJETIVO:** Describir la prevalencia de hiperkalemia en pacientes sometidos a trasplante renal en la UMAE Hospital de Especialidades CMN XXI. **MATERIAL Y MÉTODOS:** Se tomó una muestra por conveniencia con el total de pacientes sometidos a trasplante renal de Enero 2017 a Diciembre 2017 en la UMAE Hospital de Especialidades CMN SXXI. El análisis estadístico se realizó con medidas de estadística descriptiva. **RESULTADOS:** La prevalencia de hiperkalemia para el periodo preanestésico, transanestésico y postanestésico fue de 23.33%, 32.22% y 4.44% respectivamente. Las cifra de potasio sérico media para estos mismos periodos fue de 4.8 mEq/L, 4.9 mEq/L y 4.5 mEq/L respectivamente. Siendo estas prevalencias menores a las reportadas por la literatura en series de estudios previas. **DISCUSIONES:** Todos los tratamientos (solos o en combinación) logran una reducción sérica de potasio en un lapso de 30 a 60 minutos, pero sin demostrar mayor eficacia de alguna estrategia específica. Y esto se demuestra con la prevalencia de hiperkalemia en el periodo postanestésico inmediato. **CONCLUSIONES:** Es importante estandarizar el manejo de la hiperkalemia en el periodo transanestésico con el fin de garantizar mejores resultados para los pacientes.

*Palabras clave: Enfermedad Renal Crónica, Trasplante Renal, Hiperkalemia.*

## SUMMARY

**INTRODUCTION:** Hyperkalemia is a relevant problem due to its implications for patient safety in relation to the possibility of adverse cardiac outcomes, due to the incidence of arrhythmias and cardiac arrest observed in the emergency services and in the operating room, increasing rates of morbidity and mortality. The challenge for the anesthesiologist is to maintain organic homeostasis in the immediate transoperative and postoperative periods, applying the most effective treatment to correct the severity of the increase in serum K concentrations and the hyperexcitability of the cell membrane, which sometimes requires urgent measures. **OBJECTIVE:** To describe the prevalence of hyperkalemia in patients undergoing kidney transplantation at the UMAE Hospital de Especialidades CMN XXI. **MATERIAL AND METHODS:** A sample was taken for convenience with the total number of patients undergoing renal transplantation from January 2017 to December 2017 at the UMAE Specialty Hospital CMN SXXI. The statistical analysis was performed with descriptive statistics measures. **RESULTS:** The prevalence of hyperkalemia for the pre-anesthetic, transanesthetic and postanesthetic period was 23.33%, 32.22% and 4.44% respectively. The mean serum potassium figure for these same periods was 4.8 mEq / L, 4.9 mEq / L and 4.5 mEq / L respectively. These prevalences are lower than those reported by the literature in series of previous studies. **DISCUSSIONS:** All treatments (alone or in combination) achieve a serum potassium reduction in a period of 30 to 60 minutes, but without demonstrating greater efficacy of any specific strategy. And this is demonstrated by the prevalence of hyperkalemia in the immediate postanesthetic period. **CONCLUSIONS:** It is important to standardize the management of hyperkalemia in the transanesthetic period in order to guarantee better results for patients.

*Key words: Chronic Kidney Disease, Kidney Transplant, Hyperkalemia.*

## DATOS DE TESIS

<b>Datos del alumno</b>	
<b>(Autor)</b>	
<b>Apellido paterno</b>	Martínez
<b>Apellido materno</b>	Franco
<b>Nombre</b>	David Alejandro
<b>Teléfono</b>	449 114 88 96
<b>Universidad</b>	Universidad Nacional Autónoma de México
<b>Facultad</b>	Facultad de Medicina
<b>Carrera</b>	Especialidad en Anestesiología
<b>Número de cuenta</b>	517215122
<b>DATOS DEL ASESOR</b>	
<b>Apellido paterno</b>	Soto
<b>Apellido materno</b>	Palma
<b>Nombre</b>	Gustavo
<b>DATOS DE LA TESIS</b>	
<b>Título</b>	Prevalencia de hiperkalemia en pacientes sometidos a trasplante renal en la UMAE, Hospital de Especialidades "Dr. Bernardo Sepúlveda Gutiérrez" CMN SXXI
<b>Número de páginas</b>	32
<b>Año</b>	2019
<b>Registro</b>	R-2019-3601-009

## MARCO TEÓRICO

La enfermedad renal crónica se define como la presencia de daño renal, manifestado por la excreción anormal de albúmina o la disminución de la función renal, cuantificada por la tasa de filtración glomerular (TFG) medida o estimada, que persiste durante más de 3 meses (1-5).

Tanto las complicaciones como la probabilidad de progresión a enfermedad renal en etapa terminal que requiere terapia de reemplazo renal tienen más probabilidades de ocurrir en pacientes con enfermedad renal crónica severa. Además, la intervención temprana con mayor frecuencia reducirá las secuelas graves de la enfermedad renal crónica y retardará la progresión de la misma. Para facilitar la evaluación de la gravedad de la enfermedad renal crónica, la National Kidney Foundation desarrolló criterios para estratificar a los pacientes con enfermedad renal crónica:

Etapa 1: TFG normal 90 ml / min por 1.73 m<sup>2</sup> y albuminuria persistente.

Etapa 2: TFG entre 60 y 89 ml / min por 1,73 m<sup>2</sup>.

Etapa 3: TFG entre 30 y 59 ml / min por 1,73 m<sup>2</sup>.

Etapa 4: TFG entre 15 y 29 ml / min por 1,73 m<sup>2</sup>.

Etapa 5: TFG <15 ml / min por 1,73 m<sup>2</sup> o enfermedad renal en etapa terminal (6).

A pesar de que el deterioro es lento, a la larga conduce a daño renal irreversible, lo que obliga a instaurar algún tipo de tratamiento sustitutivo renal (7). Los pacientes con enfermedad renal crónica en etapa 1 o 2 progresan a etapas más avanzadas en aproximadamente 0.5% por año (8). Los resultados de la enfermedad renal crónica incluyen no solo la progresión de la misma sino también las complicaciones de una función renal reducida y un mayor riesgo de enfermedades cardiovasculares. Los pacientes con enfermedad renal crónica tienen muchas más probabilidades de morir, principalmente de enfermedades cardiovasculares, que de desarrollar insuficiencia renal terminal (9,10).

Entre las principales complicaciones asociadas con el daño irreversible están las enfermedades coronarias, como las alteraciones metabólicas (11-13). El aumento del riesgo cardiovascular asociado con la enfermedad renal en etapa terminal ha sido bien establecido, y las tasas de mortalidad cardiovascular estimadas son de 10 a 100 veces más altas entre los pacientes en diálisis que entre los individuos de la población en general y con la misma edad (14).

Los tratamientos sustitutivos de diálisis crónica o trasplante renal se inician cuando el paciente tiene menos de 15 ml/mm de filtración glomerular (medida con depuración de creatinina endógena en orina de 24 horas) y —como recomiendan las guías americanas, europeas y canadienses— cuando el paciente tiene síntomas de “intoxicación urémica”, retención de líquidos importante que no cede con diurético de asa, hiperkalemia, anemia crónica por debajo de 8 g de hemoglobina, acidosis metabólica refractaria, una o dos de estas complicaciones o ante edema pulmonar agudo (15,16).

A todos los enfermos con indicaciones de trasplante se les debe buscar un donador vivo seleccionado, o si no hay contraindicaciones inscribirlo a la lista de espera nacional de donación cadavérica. Mientras no se efectuó el trasplante, los enfermos tendrán que estar en programa de diálisis crónica:

- a) Hemodiálisis: tres sesiones a la semana, de tres a cuatro horas de duración.
- b) Diálisis peritoneal continua ambulatoria: 8 litros diarios, siete días a la semana.
- c) Diálisis continúa cíclica o automática, con el esquema prescrito por el nefrólogo respecto a litros, ciclos y número de días de tratamiento (17).

El trasplante renal con éxito es en la actualidad y desde hace años la terapia de elección para la mayoría de las causas de insuficiencia renal en la que está

indicado. Mejora la calidad de vida al prescindir de la dependencia de la diálisis y de las dietas rigurosas, aumenta la supervivencia de los pacientes y es el tratamiento más económico cuando se compara con la diálisis (18). El trasplante renal es la terapia de reemplazo de elección en la mayoría de los pacientes con enfermedad renal crónica en etapa avanzada (4 y 5 KDOQUI) y que requieren tratamiento dialítico. Un trasplante exitoso se asocia con mejoría en la supervivencia, mejoría en la calidad de vida y, sin lugar a dudas, en importantes disminuciones de costos en salud en comparación con cualquier modalidad de diálisis (19).

Los riñones excretan del 90% al 95% del potasio ingerido, y el intestino excreta el resto. Los riñones normales tardan entre 6 y 12 horas en excretar una carga aguda de potasio. A medida que disminuye la función renal, aumenta el riesgo de hiperkalemia. Se han observado tasas de hiperkalemia tan altas como 26% en pacientes con enfermedad renal crónica de 3 a 5 (tasa de filtración glomerular <60 ml / min) (20). Los pacientes con enfermedad renal crónica pueden estar predispuestos a la hiperkalemia por una variedad de razones. Las causas principales incluyen una tasa de filtración glomerular disminuida, combinada con una ingesta de potasio en la dieta frecuentemente alta en relación con la función renal residual, una excreción extracelular del potasio causado por la acidosis metabólica de la insuficiencia renal y el tratamiento con bloqueadores del sistema renina-angiotensina-aldosterona que inhiben la excreción renal de potasio (21-25).

La hiperkalemia es el trastorno iónico más frecuente, debido a que más de 90% del potasio se excreta por el riñón (26). Ésta es una complicación potencialmente mortal, en especial en concentraciones mayores de 7 mEq/L (27). Los riesgos asociados con la hiperkalemia moderada a grave incluyen arritmias cardíacas potencialmente fatales, lo que hace que la identificación y el manejo de la misma sean críticos (28). Los cambios en el electrocardiograma de la hiperkalemia pueden variar desde ondas T picudas, pérdida de ondas P, complejo QRS prolongado, elevación del segmento ST, latidos ectópicos y ritmo de escape,

ensanchamiento progresivo del complejo QRS, onda sinusoidal, fibrilación ventricular, asistolia, desviación del eje, bloqueos de rama y bloqueos fasciculares. Las alteraciones del electrocardiograma también se asocian con depresión del nodo sinusal, aparición de ritmos de escape y arritmias ventriculares malignas (29-31). La hiperkalemia no siempre se expresa con cambios en el electrocardiograma, por lo tanto, el electrocardiograma no es un indicador confiable de la gravedad de la hiperkalemia. Se puede observar una hiperkalemia profunda en ausencia de cambios clásicos en el electrocardiograma, pero la presencia de cambios en el electrocardiograma obliga al tratamiento (32-34).

### **JUSTIFICACIÓN**

La hiperkalemia, es un problema, por la incidencia de arritmias y paro cardiaco observado en los servicios de urgencias y en el quirófano, incrementando las tasas de morbimortalidad (38).

En pacientes con hemodiálisis la prevalencia de hiperkalemia pre hemodiálisis  $> 6$  meq/L varía de 4 a 6.3% (39). Cuando la concentración sérica es mayor de 6 meq/L, ésta se considera una urgencia médica que necesita ser tratada de manera rápida; por ejemplo, en pacientes en hemodiálisis por cada 1 meq/l de K que se eleva pre diálisis, existe incremento en el riesgo de 40% de muerte cardiaca súbita o de arritmia cardiaca (40).

En la UMAE, Hospital de Especialidades "Dr. Bernardo Sepúlveda Gutiérrez" Centro Médico Nacional Siglo XXI, se realizan aproximadamente 100 trasplantes renales al año, lo que ha llevado al hospital a ir a la vanguardia nacional y ocupar el tercer lugar a nivel de Latinoamérica (41). Según datos del primer semestre de 2017 tomados por CENATRA se tiene una cifra de 1499 de trasplantes renales realizados en este periodo, la mayoría (51%) fueron realizados en el IMSS. De esos trasplantes renales realizados la UMAE, Hospital de Especialidades "Dr. Bernardo Sepúlveda Gutiérrez" Centro Médico Nacional Siglo XXI ocupó el segundo lugar con un total de 94 trasplantes renales realizados (42).

El reto para el anestesiólogo es mantener la homeostasis orgánica en los periodos transoperatorios y postoperatorios inmediatos, aplicando el tratamiento más

efectivo para corregir la gravedad del aumento de las concentraciones séricas de K y la hiperexcitabilidad de la membrana celular, que en ocasiones requiere de medidas urgentes (43,44).

**Por lo tanto es muy importante conocer la prevalencia de hiperkalemia de los pacientes con enfermedad renal crónica que ingresan a quirófano para ser sometidos a trasplante renal.**

### **PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

**¿Cuál es la prevalencia de hiperkalemia en pacientes con insuficiencia renal crónica sometidos a trasplante renal en el Hospital de Especialidades "Dr. Bernardo Sepúlveda Gutiérrez" Centro Médico Nacional Siglo XXI?**

### **OBJETIVO GENERAL**

Describir la prevalencia de hiperkalemia en pacientes sometidos a trasplante renal en el Hospital de Especialidades "Dr. Bernardo Sepúlveda Gutiérrez" Centro Médico Nacional Siglo XXI.

### **OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

1. Describir las variables de edad y sexo de los pacientes sometidos a trasplante renal en el Hospital de Especialidades "Dr. Bernardo Sepúlveda Gutiérrez" Centro Médico Nacional Siglo XXI.
2. Describir las causas de enfermedad renal crónica de los pacientes sometidos a trasplante renal en el Hospital de Especialidades "Dr. Bernardo Sepúlveda Gutiérrez" Centro Médico Nacional Siglo XXI.
3. Conocer las cifras de potasio sérico en los periodos preanestésico, transanestésico y postanestésico inmediato de los pacientes sometidos a trasplante renal en el Hospital de Especialidades "Dr. Bernardo Sepúlveda Gutiérrez" Centro Médico Nacional Siglo XXI.

4. Describir el manejo transanestésico dado a la hiperkalemia en pacientes sometidos a trasplante renal en el Hospital de Especialidades “Dr. Bernardo Sepúlveda Gutiérrez” Centro Médico Nacional Siglo XXI.

## HIPÓTESIS

Debido a la naturaleza descriptiva del estudio, no se formula hipótesis.

## MATERIAL, PACIENTES, MÉTODOS

- **Diseño del estudio:** Descriptivo.
- **Tipo de estudio:** Transversal, Retrospectivo.
- **Universo de trabajo:** Pacientes programados para trasplante renal de Enero 2017 a Diciembre 2017 en el Centro Médico Nacional Siglo XXI en la UMAE, Hospital de Especialidades “Dr. Bernardo Sepúlveda Gutiérrez” Centro Médico Nacional siglo XXI.
- **Descripción de variables:**

Tabla 1. Variables Dependientes					
Variable	Categoría	Escala de medición	Unidad de análisis	Definición conceptual	Definición operacional
Hiperkalemia	Cualitativa	Nominal Dicotómica	Cifras de potasio séricas en gasometría medida en mEq/L.	El aumento de las cifras de potasio se considera cuando este sobrepasa los 5.5 mEq/L.	Se revisará en el expediente el resultado de la gasometría inicial tomada dentro de quirófano.
Tabla 2. Variables Independientes					
Variable	Categoría	Escala de medición	Unidad de análisis	Definición conceptual	Definición operacional
Edad	Cuantitativa	Discreta	Años transcurridos a partir del nacimiento del sujeto en estudio	Tiempo de vida de una persona medida en años	Número de años de vida que el paciente refiere tener a la valoración inicial
Sexo	Cualitativa	Nominal Dicotómica	Fenotipo que define el género al cual se pertenece	Género del paciente	Género del paciente en estudio
Tratamiento Anti Hiperkalémico	Cualitativa	Nominal	Tratamientos utilizados con el fin de disminuir la cifra de potasio sérica.	Tratamientos descritos para disminuir cifra de potasio sérica. En específico	Tratamientos constatados dentro de la hoja de registro transanestésico.

				furosemida, solución polarizante, gluconato de calcio, beta 2 agonistas y bicarbonato de sodio.	
<b>Causa de Enfermedad Renal Crónica</b>	Cualitativa	Nominal	Enfermedad diagnosticada.	Enfermedad que dentro de curso desencadenó la enfermedad renal crónica.	Enfermedad constatada en la hoja de solicitud de trasplante renal.

- **Tamaño de muestra:**

Se tomó una muestra por conveniencia con el total de pacientes sometidos a trasplante renal de Enero 2017 a Diciembre 2017 en el Centro Médico Nacional Siglo XXI en la UMAE, Hospital de Especialidades "Dr. Bernardo Sepúlveda Gutiérrez" Centro Médico Nacional siglo XXI.

- **Criterios de selección de muestra:**

- **Inclusión:**

- ✓ Pacientes sometidos a Trasplante Renal. de Enero 2017 a Diciembre 2017 en el Centro Médico Nacional Siglo XXI en la UMAE, Hospital de Especialidades "Dr. Bernardo Sepúlveda Gutiérrez" Centro Médico Nacional siglo XXI.
- ✓ Ambos sexos.
- ✓ Edad de 18 a 65 años.
- ✓ Pacientes que acepten participar en el estudio.

- **Exclusión:**

- × Mujeres embarazadas o lactando.
- × Pacientes con manejo antihiperkalémico prequirúrgico.
- × Pacientes sin terapia de sustitución de la función renal previa a la cirugía.
- × Pacientes sin análisis de laboratorio prequirúrgicos.

- **Eliminación:**

- × Que no acepten participar en el estudio.
- × Defunción

- **Procedimiento**

Se revisó el censo de pacientes sometidos a trasplante renal por parte de la unidad de trasplante renal del Hospital de Especialidades de CMN Siglo XXI, y se revisó el expediente archivado de los mismos.

En los pacientes que reúnan los criterios de inclusión, se les realizó una visita y se informó sobre el presente estudio explicando el objetivo, la intervención, así como los posibles riesgos y beneficios de forma clara y concisa. En los pacientes que estuvieron de acuerdo, se solicitó que firmaran el consentimiento informado autorizado por el Comité de Ética del Hospital de Especialidades de Centro Médico Nacional Siglo XXI.

Una vez aceptado pertenecer al proyecto, se procedió a hacer una revisión del expediente principalmente la nota preanestésica, la nota postanestésica y el registro transanestésico para llenar la información marcada en la hoja de recolección de datos.

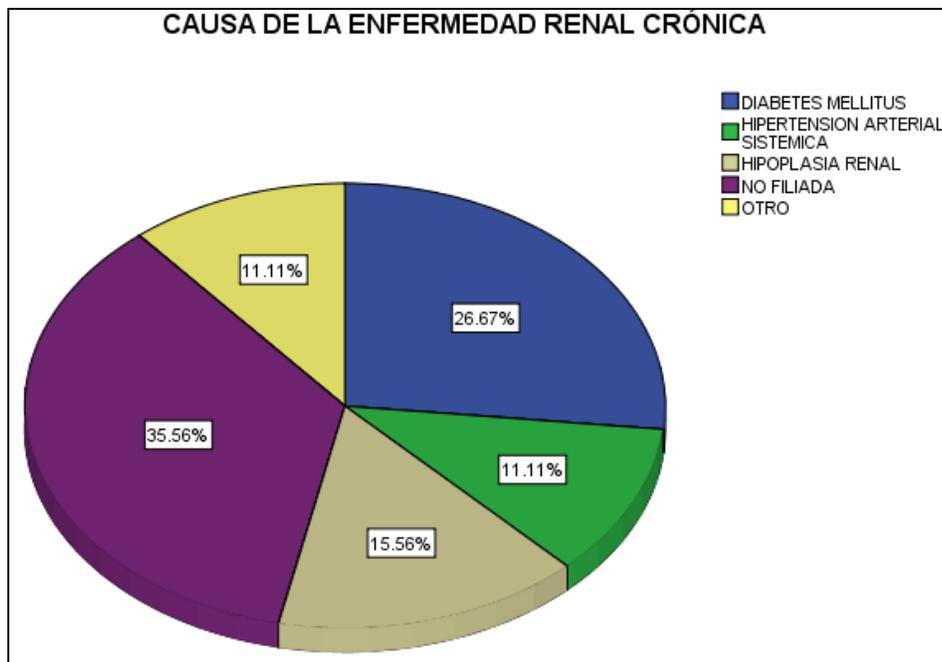
- **Análisis estadístico:** El análisis estadístico se realizó con medidas de estadística descriptiva, tomando en su caso medias, desviación estándar y rangos.
- **Recursos Humanos:**
  - Asesor: Dr. Gustavo Soto Palma, Médico Adscrito de Anestesiología, Hospital de Especialidades, Centro Médico Nacional Siglo XXI.
  - Dr. David Alejandro Martínez Franco, Residente de Anestesiología.
  - Personal del servicio de la Unidad de Trasplante Renal y del área de hospitalización.
- **Recursos Físicos**
  - Archivo clínico del Hospital de Especialidades, de CMN Siglo XXI.
  - Censo de trasplantados renales de la Unidad de Trasplante Renal.
  - Expedientes clínicos del Hospital de Especialidades, de CMN Siglo XXI.
  - Carta de Consentimiento Informado (Apéndice 1).
  - Hoja de recolección de Datos (Apéndice 2).

- Uso de computadora personal el institucional.
- **Recursos Financieros**
  - No requirió financiamiento económico.

## RESULTADOS

En el periodo comprendido entre el primero de enero del 2017 y el treinta y uno de diciembre de 2017 se realizaron en la UMAE Hospital de Especialidades "Dr. Bernardo Sepúlveda Gutiérrez" Centro Médico Nacional Siglo XXI un total de 176 trasplantes renales. Dentro de este estudio se tomó una muestra de un total de 90 casos, ya que del total de casos no se tuvo acceso a 82 expedientes clínicos y 4 casos más fueron realizados en pacientes menores de 18 años de edad.

De los 90 casos encontramos que 52 (57.78%) fueron hombres y 38 (42.22%) mujeres, con una media de edad de 35 años, teniendo en cuenta que la edad mínima fue de 18 años y la edad máxima de 62 años cumplidos al momento de realizarse el trasplante renal. La causa de la enfermedad renal crónica que llevó a realizarle el trasplante fue en su mayoría desconocida al momento (35.56%), seguido en orden de frecuencia por la diabetes mellitus tanto tipo 1 como tipo 2 (26.67%), hipoplasia renal (15.56%), hipertensión arterial (11.11%) y otras (11.11%) entre las cuales se encuentran glomerulonefritis no específicas, nefropatía lúpica y síndrome de Alport (figura 1).



**Figura 1. Causa de la enfermedad renal crónica**

La prevalencia de hiperkalemia dentro del periodo preanestésico (figura 2.A) fue de 23.33% (un total de 21 pacientes). Dentro de este mismo periodo se tiene una cifra de potasio sérico media de 4.8 mEq/L con una mediana de 4.7 mEq/L y una desviación estándar de 0.8 mEq/L. Cabe destacar la presencia de dos pacientes con valores mayor a 7.0 mEq/L (uno con 7.2 mEq/L y otro con 7.4 mEq/L) además de la presencia de hipokalemia en 3 pacientes (con valores de 3.3 mEq/L en dos de ellos y 3.0 mEq/L en el otro).

Dentro del periodo transanestésico (figura 2.B) la prevalencia de hiperkalemia fue de 32.22% (un total de 29 pacientes). Teniendo una cifra sérica de potasio media de 4.9 mEq/L con una mediana de 4.8 mEq/L y una desviación estándar de 0.9 mEq/L. El valor máximo de potasio sérico fue de 7.5 mEq/L. Se presentó hipokalemia en 2 pacientes (ambos con 3.3 mEq/L de potasio sérico).

Dentro de este mismo periodo se tuvo una media de pH 7.36, habiendo acidosis (definida como pH menor a 7.35) en 30 pacientes (33.33%).

La cifra de bicarbonato media fue de 19.8 mEq/L y fue menor a 21 mEq/L en el 66.66% de los pacientes.

Hablando del periodo postanestésico (figura 2.C) la prevalencia de hiperkalemia fue de 4.44% (un total de 4 pacientes). Dentro de este mismo periodo se tuvo una cifra de potasio sérico media y mediana de 4.5 mEq/L con una desviación estándar de 0.5 mEq/L. Cabe destacar que el valor máximo de potasio sérico fue de 6.0 mEq/L. se presentó hipokalemia en 4 pacientes (con un valor mínimo de potasio sérico de 2.8 mEq/L).

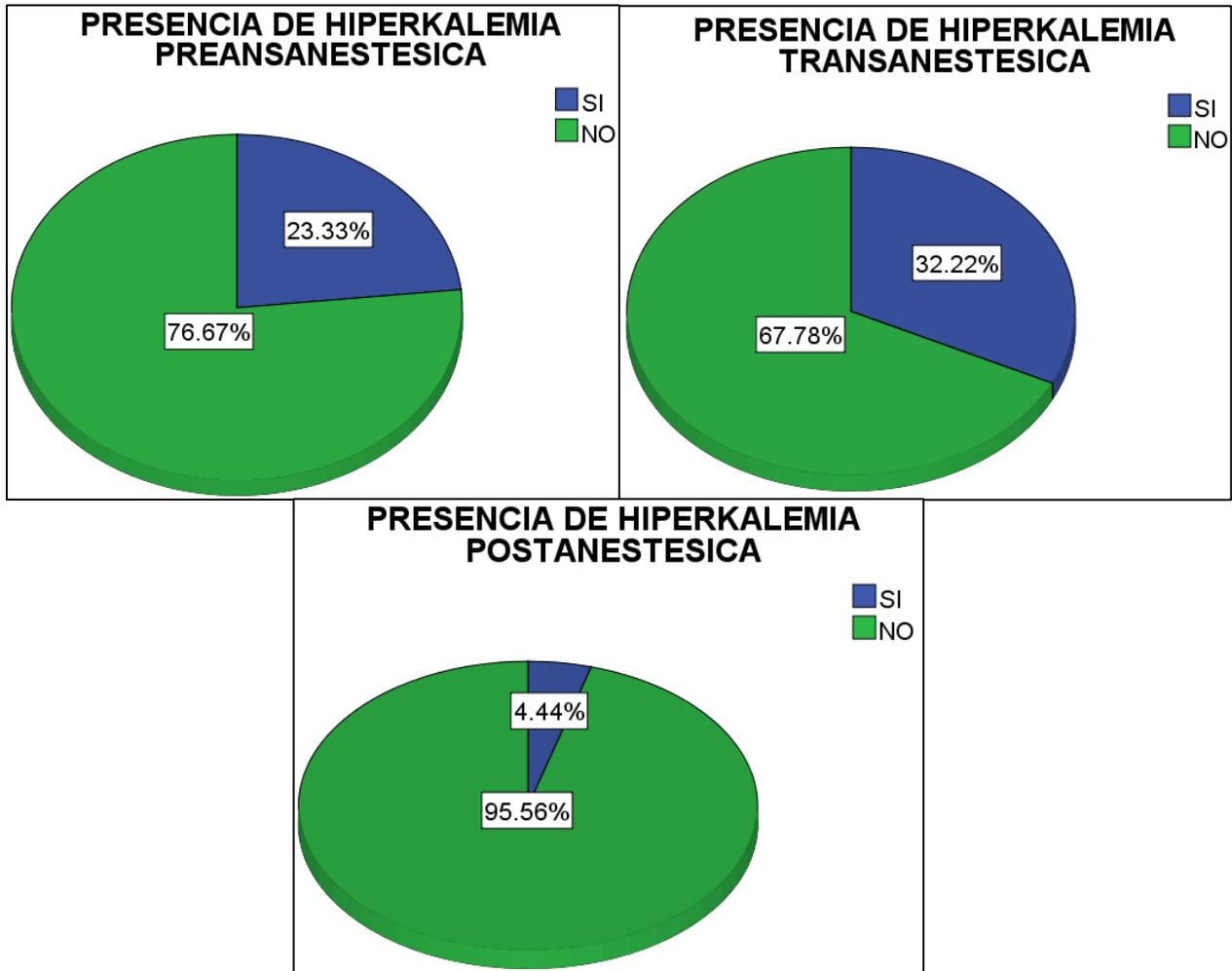


Figura 2. Presencia de hiperkalemia en diferentes periodos anestésicos: A: Preanestésico, B: Transanestésico, C: Postanestésico

El tratamiento antihiperkalémico usado fue mixto en varios de los casos utilizándose furosemida en el 98% de los pacientes (88 casos), seguido en orden de frecuencia por bicarbonato de sodio en el 21% (19 de los casos), en tercer lugar gluconato de calcio en el 19% (17 de los casos) e insulina en forma de solución polarizante en el 13% de los pacientes (12 de los casos). Cabe destacar que en ninguno de los casos se utilizó algún agonista de los receptores adrenérgicos Beta tipo 2.

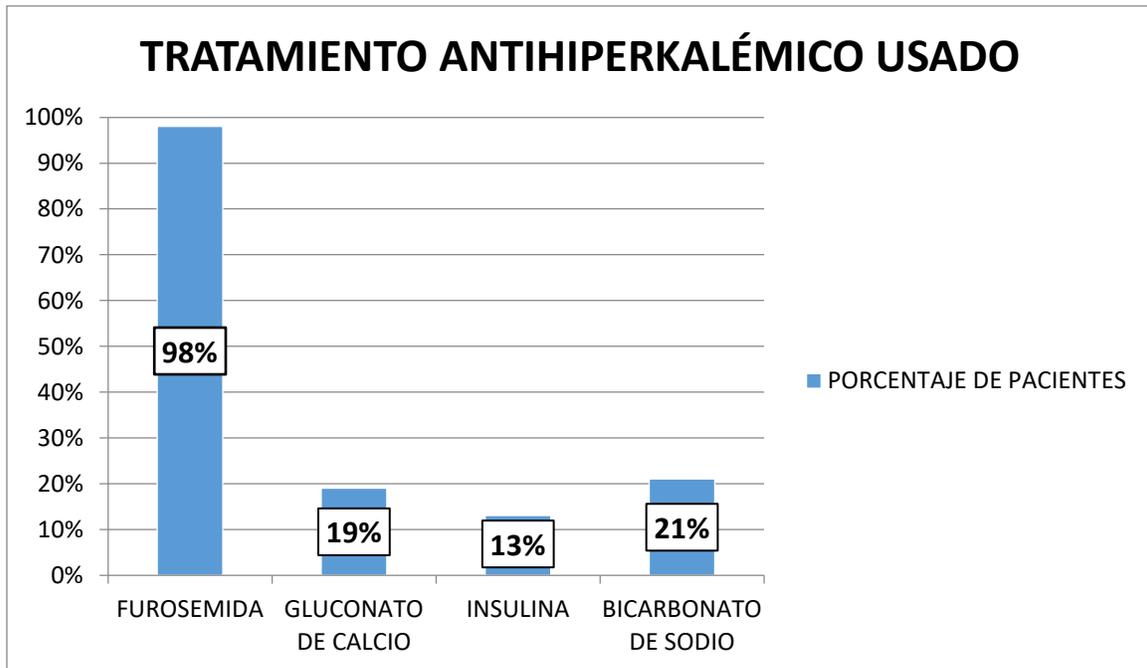


Figura 3. Tratamiento antihiperkalémico usado en periodo transanestésico.

## DISCUSIONES

Dentro del periodo comprendido en el estudio pudimos ver que se realizaron 176 trasplantes renales en la unidad, coincidiendo con los datos proporcionados por CENATRA, lo que ubica a la UMAE Hospital de Especialidades "Dr. Bernardo Sepúlveda Gutiérrez" Centro Médico Nacional Siglo XXI en el segundo lugar nacional en realización de trasplantes renales, solamente por detrás del CMN de Occidente (42).

Se estima que el IMSS otorga 80% de todas las diálisis a nivel nacional; el ISSSTE, 8%; SSA y privados, 5%, y el resto del sector, 7%, lo cual querría decir que sólo 74 400 enfermos de los 124 mil (en etapas 4 y 5 por diabetes) reciben tratamiento sustitutivo (45).

También es notable resaltar que la media de edad al momento del trasplante fue de 35 años, lo que lleva a que la causa principal de la enfermedad renal crónica sea desconocida al momento; y por debajo de esta causa se encuentren la hipoplasia renal, glomerulonefritis no específicas, nefropatía lúpica y síndrome de Alport; representando al 62.23% del total. Dejando de lado a enfermedades crónicas como la diabetes mellitus y la hipertensión arterial sistémica las cuales representaron un 37.77% a pesar de que mundialmente son las causas principales de enfermedad renal crónica (representando ambas el 73% de las causas de enfermedad renal crónica terminal en la población general) (15). Estos dos últimos padecimientos crónicos que se presentan en una media de edad más avanzada.

En cuanto a trasplantes de riñón en todo el sector, la mayoría se origina de donadores vivos relacionados (parientes) y en el menor de los casos de un donador cadavérico. Del total de los 124 mil enfermos con enfermedad renal crónica terminal, 60% podría permanecer de por vida en alguna de las dos modalidades de la diálisis, ya que no calificaría para recibir un trasplante y, por tanto, estos pacientes serían los menos afortunados; 20%, dadas las condiciones de salud más aceptables que las de otros, podría ser sometido a un trasplante anticipado sin requerir diálisis previa; y el resto, 20%, requerirá de diálisis como manejo preparatorio de al menos 6 meses, antes de ser sometido a un trasplante (45).

La prevalencia de hiperkalemia varía mucho en la literatura para personas en etapa terminal de enfermedad renal crónica y van desde 22% con una media de potasio sérico de 5.5 mEq/L (46) hasta 54.2% con una cifra de potasio sérico media de 5.1 mEq/L (47), en una cohorte francesa la prevalencia fue de 42% (48)

y en México se reporta una prevalencia de 40-50% (38). Contrasta con nuestra prevalencia de hiperkalemia en el periodo preanestésico que fue de 23.33% con una media de potasio sérica de 4.8 mEq/L. Por lo tanto la prevalencia fue menor en este centro, pudiendo ser resultado esto de que la mayoría de los pacientes son sometidos a tratamiento sustitutivo de la función renal previamente a la intervención quirúrgica mientras que las estadísticas reportadas son en la población con enfermedad renal crónica terminal en general, independientemente del tratamiento sustitutivo que estén llevando.

La prevalencia de hiperkalemia en el periodo transanestésico fue de 33.33% con una cifra de potasio sérica media de 4.9 mEq/L, ambas un poco mayores a las presentadas en el periodo preanestésico. Además de resaltar que la cifra de pH medio se mantuvo dentro de la normalidad (entre 7.35 y 7.45), descartando de esta manera la acidosis como causa de la hiperkalemia. Sin embargo la cifra de bicarbonato sérico medio fue de 19.8 mEq/L y fue menor a 21 mEq/L en el 66.66% de los pacientes, pudiendo ser ilustrativa de alguna acidosis metabólica compensada por vía respiratoria en la mayoría de los casos. Estos datos en específico traspasan los alcances marcados en los objetivos de este estudio.

El tratamiento de la hiperkalemia se orienta a disminuir los efectos tóxicos en las membranas celulares (gluconato de calcio), promover la entrada de potasio a la célula (insulina con glucosa, B2-agonistas, bicarbonato de sodio) y remover el potasio del cuerpo (diuréticos, resinas de intercambio y diálisis) (49). A pesar de que estas estrategias terapéuticas son comunes, en la práctica clínica existen pocos ensayos clínicos que evalúen sus efectos y eventos adversos (13).

Como pudimos ver en este estudio, el uso de furosemida está generalizado dentro del trasplante renal, usándose en el 98% de los casos revisados. Coincide lo anterior con el protocolo anestésico reportado dentro de la unidad (50). Hay que resaltar que el segundo tratamiento por orden de frecuencia fue el bicarbonato de sodio en infusión, recordando los datos previamente reportados dentro de este

estudio de que dos tercios de pacientes presentan cifras bajas de bicarbonato sérico en periodo transanestésico, puede que el tratamiento con bicarbonato de sodio haya sido usado para corregir esta alteración en lugar de ser usado para corregir una presunta hiperkalemia.

En tercer lugar por frecuencia estuvo el uso de gluconato de calcio que actúa principalmente como estabilizador de membrana a nivel cardiaco con el fin de prevenir alteraciones electrocardiográficas que pudieran desencadenar en alguna arritmia potencialmente mortal. En los modelos experimentales, hay una progresión ordenada de los cambios en el ECG inducidos por la hiperkalemia. Las ondas T picudas generalmente se observan a una concentración de potasio superior a 5,5 mEq / L y se ven mejor en las derivaciones II, III y V2 - V4, pero están presentes en solo el 22% de los pacientes con hiperkalemia. A medida que los niveles séricos de potasio aumentan a más de 6,5 mEq/L, aparece un complejo QRS ampliado y un intervalo PR prolongado. A medida que los niveles de potasio alcanzan de 8 a 9 mEq/L, la actividad del nódulo sinoauricular puede estimular los ventrículos sin evidencia de actividad auricular, produciendo un ritmo sinoventricular. A medida que la hiperkalemia empeora y los niveles de potasio alcanzan los 10 mEq/L el complejo QRS se ensancha y se mezcla en ondas T, produciendo el clásico electrocardiograma de onda sinusoidal (51,52). Puede ser objeto de otro estudio el evaluar los cambios electrocardiográficos de los pacientes sometidos a trasplante renal en relación con la cifra de potasio sérico.

La solución polarizante que contiene insulina de acción rápida y solución glucosada (las dosis de ambas varían) se utilizó solamente en el 13% de los pacientes. Hay tratamientos estandarizados como el uso de beta 2 agonistas como el salbutamol que no se utilizó en ninguno de los pacientes incluidos dentro del estudio, a pesar de ser de los que más rápido disminuyen la cifra de potasio sérico quizá debido a que no está exento de efectos secundarios cardiovasculares además de que el efecto antihiperkalémico es transitorio. Hay nuevos tratamientos como la solución hiperK-cocktail (1,000 mL de dextrosa a 10% + bicarbonato de

sodio [44.6 mEq] + 20 unidades de insulina regular) la cual ha mostrado también resultados prometedores e incluso una superioridad a la solución polarizante estándar en cuanto a mantenimiento de la normokalemia (4,53), sin embargo tampoco fue utilizado en ninguno de los casos, sería interesante evaluar su eficacia en este centro médico en un próximo estudio.

En general, la principal coincidencia con diversos ensayos es que todos los tratamientos (solos o en combinación) logran una reducción sérica de potasio en un lapso de 30 a 60 minutos, pero sin demostrar mayor eficacia de alguna estrategia específica (54). Y esto se demuestra con la prevalencia de hiperkalemia en el periodo postanestésico inmediato, la cual fue de 4.44% con una cifra de potasio sérico media de 4.5 mEq/L, además de que se presentó hipokalemia en 4 pacientes (con un valor mínimo de potasio sérico de 2.8 mEq/L).

Una limitante del estudio es que no se analizaron los efectos del tratamiento antihiperkalémico usado a mayor tiempo en el postoperatorio, dado que la mortalidad a 1 día es mayor después de un evento hiperkalémico que después de un evento normokalémico. Hay una relación inversa entre la gravedad de la enfermedad renal crónica y las probabilidades de mortalidad a 1 día después de un evento hiperkalémico, y la hiperkalemia más grave se asocia con mayores probabilidades de muerte (20).

## **CONCLUSIONES**

La media de edad para los pacientes sometidos a trasplante renal fue de 35 años sin diferencia estadística por algún sexo. La principal causa de enfermedad renal crónica fue desconocida al momento del trasplante en un 35.56% seguida de diabetes mellitus tanto tipo 1 como tipo 2 en un 26.67% de los casos.

La prevalencia de hiperkalemia para el periodo preanestésico, transanestésico y postanestésico fue de 23.33%, 32.22% y 4.44% respectivamente. Las cifra de potasio sérico media para estos mismos periodos fue de 4.8 mEq/L, 4.9 mEq/L y

4.5 mEq/L respectivamente. Siendo estas prevalencias menores a las reportadas por la literatura en series de estudios previas.

El manejo transanestésico fue múltiple en la mayoría de los casos. De los tratamientos el más utilizado fue la furosemida con un 98%, pudiendo ser esta para forzar diuresis en el periodo tras la reperfusión del injerto. En segundo lugar de frecuencia se ubicó el bicarbonato de sodio con un 21%, en tercer lugar el gluconato de calcio con 19% y en cuarto lugar la solución polarizante (insulina) con un 13%.

A pesar de que en nuestro centro se contó con una prevalencia menor a la demostrada por la literatura creemos que es importante estandarizar el manejo de la hiperkalemia en el periodo transanestésico con el fin de garantizar mejores resultados para los pacientes.

## BIBLIOGRAFÍA

1. Thomas, R., Kanso, A. and Sedor, J. Chronic Kidney Disease and Its Complications. *Primary Care: Clinics in Office Practice* 2008, 35(2), pp.329-344.
2. Levin A. KDOQI clinical practice guidelines and clinical practice recommendations for anemia in chronic kidney disease. *Am J Kidney Dis* 2006; 47:S11–5.
3. Levey AS, Eckardt KU, Tsukamoto Y, et al. Definition and classification of chronic kidney disease: a position statement from kidney disease: improving global outcomes (KDIGO). *Kidney Int* 2005; 67:2089–100.
4. Ramos-Peñafiel CO, Tovilla-Ruiz CK. Eficacia de hiperK-cocktail vs insulina regular en el tratamiento de la hiperkalemia. *Med Int Mex* 2015; 31.
5. Kossmann RJ. From CKD to ESRD: a tale of two transitions. *Adv Chronic Kidney Dis* 2011; 18:439-442.
6. Coresh J, Astor BC, Greene T, et al. Prevalence of chronic kidney disease and decreased kidney function in the adult US population: third National Health and Nutrition Examination Survey. *Am J Kidney Dis* 2003; 41:1–12.
7. Collins AJ, Foley RN, Chavers B, Gilbertson D, et al. US renal data system 2013 Annual Data Report. *Am J Kidney Dis* 2014; 63:7.
8. Hsu CY, Vittinghoff E, Lin F, et al. The incidence of end-stage renal disease is increasing faster than the prevalence of chronic renal insufficiency. *Ann Intern Med* 2004;141: 95–101.

9. Levey A, Atkins R, Coresh J, Cohen E, Collins A, Eckardt K et al. Chronic kidney disease as a global public health problem: Approaches and initiatives – a position statement from Kidney Disease Improving Global Outcomes. *Kidney International*. 2007;72(3):247-259.
10. Keith D, Nicholls G, Guillion C et al. Longitudinal follow-up and outcomes among a population with chronic kidney disease in a large managed care organization. *Arch Intern Med* 2004; 164: 659–663.
11. Chawla LS, Herzog CA, Costanzo MR, Tumlin J, et al. Viewpoint: Proposal for a functional classification system of heart failure in patients with end-stage renal disease: Proceedings of the Acute Dialysis Quality Initiative (ADQI) XI Workgroup. *J Am Coll Cardiol* 2014;63:1246-1252.
12. Levin A. Clinical epidemiology of cardiovascular disease in chronic kidney disease prior to dialysis. *Semin Dial* 2003;16:101-105.
13. Raymond CB, Sood AR, Wazny LD. Treatment of hyperkalemia in patients with chronic kidney disease—a focus on medications. *CANNT J* 2010;20:49-53.
14. Foley RN, Parfrey PS, Sarnak MJ. Clinical epidemiology of cardiovascular disease in chronic renal disease. *Am J Kidney Dis* 1998;32:S112–9.
15. National Kidney Foundation. Kidney Disease Quality Initiative DOQI. Clinical Practice guidelines for chronic kidney disease: evaluation classification, and stratification. Part 5. Evaluation of laboratory measurements for clinical assessment of kidney disease. *Am J Kidney Dis* 2002;39(2 suppl 1):S76-S92.

16. Cockroft DW, Gault MH. Prediction of creatinine clearance from serum creatinine. *Nephron* 1976;16:31-41.
17. Treviño BA. Enfermedad renal crónica y los diferentes tratamientos sustitutivos: diálisis peritoneal, hemodiálisis y trasplante renal. *Vox Medica* 2008;9(1-2 enero-febrero).
18. Martín P, Errasti P. Trasplante Renal. *An. Sist. Sanit. Navar.* 2006; 29 (Supl. 2): 79-92.
19. Martín De Francisco AI. Insuficiencia Renal Crónica: Alternativas Terapéuticas. En: Arias M, Campistol Jm, Morales Jm, Editores. *Manual De Trasplante Renal.* 1 Ed. Madrid: Grupo 2 Comunicación Médica; 2005. P. 11- 25.
20. Einhorn LM, Zhan M, Hsu VD, et al. The frequency of hyperkalemia and its significance in chronic kidney disease. *Arch Intern Med.* 2009;169(12):1156-1162.
21. Kraft MD, Btaiche IF, Sacks GS, Kudsk KA. Treatment of electrolyte disorders in adult patients in the intensive care unit. *Am J Health Syst Pharm.* 2005;62(16): 1663-1682.
22. Williams ME. Endocrine crises: hyperkalemia. *Crit Care Clin.* 1991;7(1):155-174.
23. Weir MR. Are drugs that block the renin-angiotensin system effective and safe in patients with renal insufficiency? *Am J Hypertens.* 1999;12(12, pt 3):195S-203S.

24. Palmer BF. Managing hyperkalemia caused by inhibitors of the renin-angiotensin-aldosterone system. *N Engl J Med.* 2004;351(6):585-592.
25. Reardon LC, Macpherson DS. Hyperkalemia in outpatients using angiotensin-converting enzyme inhibitors. *Arch Intern Med.* 1998;158(1):26-32.
26. Dussol B. Potassium physiology, hypokalaemia and hyperkalaemia. *Nephrol Ther* 2010;6:180-199.
27. Pepin J, Shields C. Advances in diagnosis and management of hypokalemic and hyperkalemic emergencies. *Emerg Med Pract* 2012;14:1-17.
28. Gilbert S, Weiner D, Gipson D, Eds; National Kidney Foundation. *Primer on Kidney Diseases.* 6th ed. Philadelphia, PA: Saunders Elsevier; 2014.
29. Lin, J. and Huang, C. Successful initiation of hemodialysis during cardiopulmonary resuscitation due to lethal hyperkalemia. *Critical Care Medicine* 1990, 18, 342-343.
30. Dittrich, K.I. and Walls, R.M. Hyperkalemia: ECG manifestations and considerations. *The Journal of Emergency Medicine* 1986, 4, 449-55.
31. Carbalhana, V., Burry, L. and Lapinsky, S.E. Management of severe hyperkalemia without hemodialysis: Case report and literature review. *Journal of Critical Care* 2006, 21, 316-321.
32. Cohen R, Ramos R, Garcia C, Mehmood S, Park Y, Divittis A et al. Electrocardiogram manifestations in hyperkalemia. *World Journal of Cardiovascular Diseases.* 2012;02(02):57-63.

33. Martinez-Vea, A., Bardaji, A., Garcia, C. and Oliver, J.A. Severe hyperkalemia with minimal electrocardiographic manifestations. *Journal of Electrocardiology* 1999, 32, 45-49.
34. Yu, A.S. Atypical electrocardiographic changes in severe hyperkalemia. *The American Journal of Cardiology* 1996, 77, 906-908.
35. Esposito C, Bellotti N, Fasoli G, Foschi A, Plati A, Dal Canton A. Hyperkalemia induced ECG abnormalities in patients with reduced renal function. *Clin Nephrol.* 2004;62(6):465-468.
36. Obialo CI, Ofili EO, Mirza T. Hyperkalemia in congestive heart failure patients aged 63 to 85 years with subclinical renal disease. *Am J Cardiol.* 2002;90(6):663-665.
37. Mandal AK. Hypokalemia and hyperkalemia. *Med Clin North Am.* 1997; 81(3):611- 639.
38. Ruiz-Mejía R y col. Hiperkalemia en enfermedad renal crónica. *Medicina Interna de México* 2017. Noviembre, 33(6):778-796.
39. Saran R, Bragg-Gresham JL, Rayner HC, et al. Nonadherence in hemodialysis: associations with mortality, hospitalization, and practice patterns in the DOPPS. *Kidney Int* 2003;64(1):254-262.
40. Buemi M, Aloisi E, Coppolino G, et al. The effect of two different protocols of potassium haemodiafiltration on QT dispersion. *Nephrol Dial Transplant* 2005;20(6):1148-1154
41. Gracida CJ, Espinoza RP, Cancino JDL, Ibarra VA, Cedillo UL, Villegas AF, Martínez AJ. Experiencia en trasplante renal en el Hospital de

Especialidades "Bernardo Sepúlveda" del Centro Médico Nacional Siglo XXI, IMSS. Rev Inv Clin (RIC). 2011; 63: 19-24.

42. Centro Nacional de Trasplantes. Estado Actual de Receptores, Donación y Trasplantes en México. [Internet]. [Consultado el 4 de Junio 2019]. Disponible en: <http://cenatra.salud.gob.mx/>
43. Villegas-Anzo F y cols. Manejo de hiperkalemia en trasplante renal. Revista Mexicana de Trasplantes 2013. 2(2):50-57.
44. Halabe CJ, Lifshitz GA. Valoración preoperatoria integral en el adulto. 2a ed. Uteha Editorial; 1996: 161-200.
45. Riccardelli TB. El trasplante renal en México: panorama de nuestra realidad en: Tamayo JA, Lastiri HS, La enfermedad renal crónica en México: Hacia una política nacional para enfrentarla. 1ª edición. México. CONACYT. 2016. Pp. 63-70.
46. Drion I, Joosten H, Dikkeschei LD, Groenier KH, Bilo HJ: eGFR and creatinine clearance in relation to metabolic changes in an unselected patient population. Eur J Intern Med 2009. 20: 722–727
47. Sarafidis P, Blacklock R, Wood E, Rumjon A, Simmonds S, Fletcher-Rogers J et al. Prevalence and Factors Associated with Hyperkalemia in Predialysis Patients Followed in a Low-Clearance Clinic. Clinical Journal of the American Society of Nephrology. 2012;7(8):1234-1241.
48. Moranne O, Froissart M, Rossert J, Gauci C, Boffa JJ, Haymann JP, M'rad MB, Jacquot C, Houillier P, Stengel B, Fouqueray B; NephroTest Study Group: Timing of onset of CKD-related metabolic complications. J Am Soc Nephrol 2009. 20: 164–171

49. Mushiyakh Y, Dangaria H, Qavi S, Ali N, et al. Treatment and pathogenesis of acute hyperkalemia. *J Community Hosp Intern Med Perspect* 2012;1.
50. Fernández JO, Cervantes HE, ET AL. Protocolo anestésico para trasplante renal del Hospital de Especialidades del Centro Médico Nacional Siglo XXI, *Revista Mexicana de Anestesiología* Vol. 40. No. 3 Julio-Septiembre 2017 pp 176-189.
51. Kim HJ. Combined effect of bicarbonate and insulin with glucose in acute therapy of hyperkalemia in end-stage renal disease patients. *Nephron* 1996;72:476-842.
52. Mattu A, Brady WJ, Robinson DA. Electrocardiographic manifestations of hyperkalemia. *Am J Emerg Med.* 2000;18(6):721-729.
53. Allon M. Disorders of potassium metabolism. In: Greenburg A, ed. *Primer on Kidney Diseases*. 3rd ed. San Diego, CA: Academic Press; 2001:98-107.
54. Mahoney BA, Smith WA, Lo DS, Tsoi K, et al. Emergency interventions for hyperkalaemia. *Cochrane Database Syst Rev* 2005;18:3235.