



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO E INVESTIGACIÓN

FACULTAD DE MEDICINA

**DETERMINACIÓN DE LA TASA DE FILTRACIÓN GLOMERULAR MEDIANTE
EL MODELO BASADO EN EL VOLUMEN RENAL OBTENIDO POR
ANGIOTOMOGRAFÍA COMPARADO CON LA GAMMAGRAFÍA EN
POTENCIALES DONADORES RENAL**

**PARA OBTENER EL DIPLOMA EN LA ESPECIALIDAD DE
RADIOLOGÍA E IMAGEN**

**TESIS
QUE PRESENTA
DRA. FANY MENDOZA SÁNCHEZ**

**TUTOR:
DRA. MIRIAM ZAVALA PÉREZ
JEFE DEL ÁREA DE TOMOGRAFÍA COMPUTADA
UMAE HOSPITAL DE ESPECIALIDADES "DR. BERNARDO SEPÚLVEDA
GUTIÉRREZ"
CENTRO MÉDICO NACIONAL SIGLO XXI**

MEXICO, D.F.

12 DE NOVIEMBRE DEL 2014



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



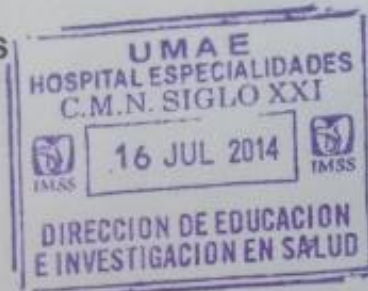
UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

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 RECOLECCIÓN FIRMAS



DRA. DIANA G. MENEZ DÍAZ

JEFE DE LA DIVISIÓN DE EDUCACIÓN EN SALUD

HOSPITAL DE ESPECIALIDADES "DR. BERNARDO SEPÚLVEDA
GUTIÉRREZ" CENTRO MÉDICO NACIONAL SIGLO XXI

DR. FRANCISCO JOSÉ AVELAR GARNICA

PROFESOR TITULAR DEL CURSO DE ESPECIALIZACIÓN EN
RADIOLOGÍA E IMAGEN

HOSPITAL DE ESPECIALIDADES "DR. BERNARDO SEPÚLVEDA
GUTIÉRREZ" CENTRO MÉDICO NACIONAL SIGLO XXI

DRA. MIRIAM ZAVALA PÉREZ

JEFE DEL ÁREA DE TOMOGRAFÍA COMPUTADA

HOSPITAL DE ESPECIALIDADES "DR. BERNARDO SEPÚLVEDA
GUTIÉRREZ" CENTRO MÉDICO NACIONAL SIGLO XXI



Dirección de Prestaciones Médicas
Unidad de Educación, Investigación y Políticas de Salud
Coordinación de Investigación en Salud



"2014, Año de Octavio Paz".

Dictamen de Autorizado

Comité Local de Investigación y Ética en Investigación en Salud 3601
HOSPITAL DE ESPECIALIDADES DR. BERNARDO SEPULVEDA GUTIERREZ, CENTRO MEDICO NACIONAL SIGLO XXI,
D.F. SUR

FECHA **09/05/2014**

DR.(A). MIRIAM ZAVALA PÉREZ

P R E S E N T E

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

DETERMINACIÓN DE LA TASA DE FILTRACIÓN GLOMERULAR MEDIANTE EL MODELO BASADO EN EL VOLUMEN RENAL OBTENIDO POR ANGIOTOMOGRAFÍA COMPARADO CON LA GAMMAGRAFÍA EN POTENCIALES DONADORES RENALES.

que sometió a consideración de este Comité Local de Investigación y Ética en 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:

Núm. de Registro

R-2014-3601-61

ATENTAMENTE

DR.(A). CARLOS FREDY CUEVAS GARCÍA

Presidente del Comité Local de Investigación y Ética en Investigación en Salud No. 3601

IMSS

SEGURIDAD Y SOLIDARIDAD SOCIAL

AGRADECIMIENTOS

Dar las gracias se convierte en una tarea difícil cuando hay tanto que agradecer y a tantas personas a quienes debo mi eterna gratitud.

Primeramente, a Dios, porque en donde él esta no falta nada.

A mi mamá, por ser mi motor; por su apoyo y consejos, pero sobre todo por su amor incondicional, sin ti nada de esto hubiera sido posible.

A mi papá, por enseñarme a luchar aun cuando todo se ha dado por perdido.

A mis hermanos, por ser mis compañeros y amigos de vida; sin ustedes nada sería igual.

A Salvador, por su amor, amistad, por cada uno de sus consejos y palabras de aliento, por ayudarme a hacer más fácil esta etapa de mi vida.

A mis maestros, el nombrar a cada uno de ustedes sería interminable, pero saben que los llevo en mi corazón y que siempre estaré agradecida por cada una de sus invaluable enseñanzas.

A todas aquellas personas que de alguna manera han tocado mi vida, y sobre todo para aquellos que han decidido quedarse y ser parte de ella, gracias por estar ahí y brindarme su amistad pero sobre todo por su valiosa compañía.

ÍNDICE

I.	RESUMEN	6
II.	INTRODUCCIÓN.	10
III.	ANTECEDENTES.	11
IV.	MARCO TEÓRICO.	12
V.	JUSTIFICACIÓN.	22
VI.	PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.	23
VII.	HIPÓTESIS.	24
VIII.	OBJETIVOS.	24
IX.	MATERIAL Y MÉTODOS.	25
	○ DISEÑO DEL ESTUDIO.	
	○ PERIODO.	
	○ UNIVERSO DE TRABAJO.	
	○ CRITERIOS DE SELECCIÓN.	
	○ VARIABLES.	
	○ SELECCIÓN DE LA MUESTRA.	
	○ PROCEDIMIENTOS.	
	○ ANALISIS ESTADÍSTICO.	
X.	CONSIDERACIONES ÉTICAS.	30
XI.	RECURSOS PARA EL ESTUDIO.	31
XII.	RESULTADOS	32
XIII.	DISCUSIÓN	39
XIV.	CONCLUSIONES	40
XV.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	41

RESUMEN.

TÍTULO. Determinación de la tasa de filtración glomerular mediante el modelo basado en el volumen renal obtenido por angiotomografía comparado con la gammagrafía en potenciales donadores renales

ANTECEDENTES. Los estudios radiológicos son una parte fundamental en cualquier paciente candidato para la donación renal. Históricamente esto se realizaba con arteriografía renal que se complementaba con una urografía excretora. Posteriormente el ultrasonido abdominal paso a formar parte fundamental del protocolo del donador renal. En años recientes, la tomografía en sus modalidades de uro-TC con angio-TC con reconstrucción tridimensional ha mejorado notablemente la evaluación de los donadores renales ⁽⁴⁾.

Actualmente la tomografía computada puede determinar la filtración glomerular mediante la medición del volumen renal midiendo la cinética del contraste yodado no iónico minutos después de ser administrado; conociendo que la vía de excreción es a través de la filtración glomerular, con la secreción tubular, reabsorción y metabolismo; método que Dawson y Peters denominaron tasa de filtración glomerular por unidad de volumen (TFGUV) ⁽⁵⁾.

Herts, Brian y cols realizaron un estudio con un grupo de 244 potenciales donadores renales (enero del 2004 a diciembre 2006), donde crearon un modelo para la determinación de la tasa de filtración glomerular en pacientes sanos a través del cálculo del volumen renal obtenido por la angiotomografía renal, tomando en cuenta las variables volumen renal, creatinina sérica, peso y edad; excluyendo las variables raza, sexo y talla ya que no tuvieron significancia predictiva en la valoración del volumen renal. Se realizó comparación con la ecuación de MDRD donde el rendimiento del modelo basado en el volumen renal fue nominalmente superior en relación a la ecuación MDRD en la estimación de la TFG ⁽¹⁾.

OBJETIVOS. Determinar la tasa de filtración glomerular mediante el modelo basado en el volumen renal obtenido por angiotomografía comparado con la gammagrafía en potenciales donadores renales.

Comparar la tasa de filtración glomerular obtenido por la gammagrafía renal en potenciales donadores renales.

Determinar si el modelo basado en el volumen renal es un método confiable para obtener la tasa de filtración glomerulares en los potenciales donadores renales.

PACIENTES, MATERIAL Y MÉTODOS.

DISEÑO DE ESTUDIO. Transversal. Comparativo.

ANÁLISIS ESTADÍSTICO. Se realiza revisión del archivo clínico y radiológico del hospital de especialidades “Dr. Bernardo Sepúlveda Gutiérrez” del CMN Siglo XXI del periodo de Enero 2013 a Marzo 2014 de pacientes potenciales donadores renales, donde se obtienen las imágenes crudas de angiotomografía obtenidas en el tomógrafo multicorte marca Toshiba modelo Aquillion de 64 detectores administrando medio de contraste yodado a una concentración de 370 I/ml utilizando el protocolo de “bolus tracking” en aorta abdominal a nivel de T12 para la fase angiográfica, con retraso de 20 segundos posterior a la inyección de medio de contraste, la fase venosa 60 segundos posterior, y una fase excretora a los 7 minutos. Los factores técnicos tomográficos utilizados con un pico de voltaje del tubo de 120/150 KVP/mAs con un espesor de corte de 1.25, tiempo de rotación de 0.5 segundos y un pitch de 6.6.

Se realiza el post – proceso por medio de reconstrucciones volumétricas en la estación de trabajo vítrea obteniendo el volumen cortical renal. Posteriormente se calcula la tasa de filtración glomerular mediante el modelo basado en el volumen renal para la determinación de la tasa de filtración glomerular ⁽¹⁾ (implicando las variables edad, peso, creatinina sérica y volumen cortical renal) y se compara con el resultado obtenido por el gammagrama renal mediante el coeficiente de correlación de Pearson.

RESULTADOS. Se determinó la tasa de filtración glomerular mediante el modelo basado en el volumen renal obtenido por angiotomografía en el intervalo de tiempo establecido de 82 potenciales donadores renales. La tasa de filtración glomerular por gammagrama renal de los 82 pacientes fue en promedio de 110.50 ml/min, mientras que el promedio de la tasa de filtración glomerular obtenida mediante el método basado en el volumen renal fue de 105.34ml/min. El coeficiente de Pearson obtenido fue de 0.008.

CONCLUSIÓN. En nuestra institución, el gammagrama renal es considerado el método de estudio para determinar la tasa de filtración glomerular en pacientes sanos como los son los potenciales donadores renales; sin embargo, es un estudio que no está ampliamente disponible en otras unidades hospitalarias. Con la realización de este estudio se determina que existe una correlación positiva entre la tasa de filtración glomerular obtenida por el gammagrama renal y la tasa de filtración glomerular calculada por el método basado en el volumen renal mediante la angiotomografía; por lo que podemos concluir que la angiotomografía renal es un método que podría ser considerado útil para determinar la tasa de filtración glomerular en los potenciales donadores renales.

1. Datos del alumno	1. Datos del alumno
(Autor)	
Apellido paterno:	Mendoza
Apellido materno:	Sánchez
Nombre:	Fany
Teléfono:	2225239771
Universidad:	Nacional Autónoma de México
Facultad o escuela:	Facultad de Medicina
Carrera:	Posgrado de Radiología e Imagen
Número de cuenta:	512214632
2. Datos del asesor	2. Datos del asesor
Apellido paterno:	Zavala
Apellido materno:	Pérez
Nombre (s):	Miriam
3. Datos de la tesis	3. Datos de la tesis
Título:	DETERMINACIÓN DE LA TASA DE FILTRACIÓN GLOMERULAR MEDIANTE EL MODELO BASADO EN EL VOLUMEN RENAL OBTENIDO POR ANGIOTOMOGRAFÍA COMPARADO CON LA GAMMAGRAFÍA EN POTENCIALES DONADORES RENALES.
Número de páginas:	43
Año:	2015
NÚMERO DE REGISTRO:	R – 2014 – 3601 - 61

I. INTRODUCCION.

En la actualidad, se ha observado un incremento en el número de trasplantes renales provenientes de donadores vivos; en donde los estudios radiológicos son una parte fundamental en la evaluación de cualquier paciente candidato ⁽¹⁾.

La tendencia actual es disminuir los estudios invasivos y con ello la morbilidad para estos pacientes sanos, así como los costos para las instituciones. Los estudios deben evaluar: función renal, anatomía del riñón, anormalidades renales y alteraciones intraabdominales asociadas ⁽²⁾.

La angiotomografía con reconstrucción tridimensional ha mejorado la evaluación de los donadores renales; con la aplicación de software de post - proceso de imágenes (MPR, VR, MIP, 3D) es una herramienta útil en el protocolo de estudio permitiendo actualmente la estimación de la tasa de filtración glomerular a través de la medición del volumen renal lo que permitiría reducir el número de estudios a realizar en los donadores renales y con ello los costes que ello implicaría ^(1,2).

En el presente trabajo se estudian 82 casos de pacientes potenciales donadores renales del hospital de especialidades del Centro Médico Nacional Siglo XXI “Dr. Bernardo Sepúlveda Gutiérrez”, en donde se hace una correlación de la tasa de filtración glomerular calculada por angiotomografía y la calculada por la gammagrafía renal, para con ello determinar la utilidad de la angiotomografía en la determinación de la función renal.

II. ANTECEDENTES.

Los estudios radiológicos son una parte fundamental en cualquier paciente candidato para la donación renal. Históricamente esto se realizaba con arteriografía renal que se complementaba con una urografía excretora. Posteriormente el ultrasonido abdominal paso a formar parte fundamental del protocolo del donador renal. En años recientes, la tomografía en sus modalidades de uro-TC con angio-TC con reconstrucción tridimensional ha mejorado notablemente la evaluación de los donadores renales ⁽⁴⁾.

Actualmente la tomografía computada puede determinar la filtración glomerular mediante la medición del volumen renal midiendo la cinética del contraste yodado no iónico minutos después de ser administrado; conociendo que la vía de excreción es a través de la filtración glomerular, con la secreción tubular, reabsorción y metabolismo; método que Dawson y Peters denominaron tasa de filtración glomerular por unidad de volumen (TFGUV) ⁽⁵⁾.

Herts, Brian y cols realizaron un estudio con un grupo de 244 potenciales donadores renales (enero del 2004 a diciembre 2006), donde crearon un modelo para la determinación de la tasa de filtración glomerular en pacientes sanos a través del cálculo del volumen renal obtenido por la angiotomografía renal, tomando en cuenta las variables volumen renal, creatinina sérica, peso y edad; excluyendo las variables raza, sexo y talla ya que no tuvieron significancia predictiva en la valoración del volumen renal. Se realizó comparación con la ecuación de MDRD donde el rendimiento del modelo basado en el volumen renal fue nominalmente superior en relación a la ecuación MDRD en la estimación de la TFG ⁽¹⁾.

III. MARCO TEÓRICO.

GENERALIDADES

FUNCIÓN RENAL, FISIOLÓGÍA

Normalmente, los riñones reciben el 20% del gasto cardiaco (1200 ml/min) con el flujo plasmático renal (FPR), una media de 600 ml/min. Los riñones limpian el plasma y el organismo de productos de deshecho. El aclaramiento, o la tasa de desaparición de una sustancia puede medirse así:

Aclaramiento (ml/min) = $\frac{\text{Concentración en la orina (mg/ml)} \times \text{Flujo orina (ml/min)}}{\text{Concentración plasmática (mg/ml)}}$

Concentración plasmática (mg/ml)

El aclaramiento del plasma se produce por filtración glomerular y secreción tubular. Si una sustancia experimenta una extracción de primer paso del 100%, puede usarse para medir el FPR. Sin embargo, puesto que la extracción de las sustancias que se usan para medir la función renal es inferior al 100%, se utiliza el término flujo plasmático renal eficaz (FPRE) para describir la medida.

Aproximadamente, el 20% del FPR (120 ml/min) se filtra a través de la membrana semipermeable de los glomérulos. El gradiente de presión que crea el FPR y la resistencia en los vasos dirige la filtración desde el espacio vascular hacia los túbulos renales. El material más grande, como los compuestos unidos a la proteínas, no se filtran, mientras que las moléculas pequeñas con carga polar se filtrarán. El ultrafiltrado que resulta está formado por agua y cristaloides, pero no tiene coloides o células. La molécula de inulina se considera el estándar de oro para medir la filtración glomerular. Hacia las arteriolas eferentes mientras se produce la secreción activa en las células del epitelio tubular. Las moléculas que no pueden filtrarse pueden aclararse en la luz tubular mediante secreción tubular

activa. De forma global, la secreción tubular es responsable del 80% del aclaramiento renal del plasma.

Cuando la orina pasa a lo largo de los túbulos, las sustancias esenciales, como la glucosa, los aminoácidos y el sodio, quedan retenidos. El filtrado se concentra ya que el 65% del agua filtrada en el glomérulo se reabsorbe en los túbulos contorneados proximales. La bomba de sodio activa en el asa de Henle establece un gradiente osmótico que permite que el agua se difunda pasivamente hacia atrás hacia el intersticio. La orina concentrada que queda pasa por los túbulos renales a través de las papilas de las pirámides medulares hacia los cálices. Los cálices desembocan en la pelvis renal, y la orina pasa por los uréteres hasta la vejiga ⁽⁹⁾.

TASA DE FILTRACIÓN GLOMERULAR

El filtrado glomerular se ha considerado el mejor marcador global de la función renal ⁽¹⁰⁾.

La filtración glomerular (FG) se mide tradicionalmente como la depuración renal de una sustancia en particular o marcador desde el plasma ⁽¹¹⁾.

En las condiciones correctas, la medición de la cantidad del indicador, tanto en plasma como en orina, puede permitir un cálculo exacta de la FG. Por lo tanto podemos definir a la FG como el volumen de plasma que se puede depurar completamente del indicador en una unidad de tiempo ⁽¹²⁾.

La medición de la FG es extremadamente importante porque ⁽¹³⁾:

- ▶ Ayuda a que las pruebas encaminadas a valorar el funcionamiento renal sean mejores para detectar alteraciones en la FG.
- ▶ Los pacientes con enfermedad renal tienen pocos signos y síntomas en estadios tempranos de la enfermedad y la evaluación con parámetros de laboratorio es la única vía para la detección de la enfermedad.

- ▶ La detección de anomalías en la FG de manera temprana permite la aplicación de tratamientos.
- ▶ Es importante para medir la progresión de la enfermedad renal y valorar la eficacia de los tratamientos.
- ▶ Ayuda a decidir cuándo es necesaria la terapia de reemplazo renal.
- ▶ Permite el apropiado ajuste de dosis de medicamentos.

La FG puede variar de acuerdo con la edad, sexo, raza, masa corporal y es afectada por condiciones fisiológicas y patológicas que alteran el funcionamiento de la nefrona tales como el embarazo, la ingesta de proteínas, uso de antiinflamatorios no esteroideos, antihipertensivos, estados mórbidos que comprometan la perfusión renal y la enfermedad renal ^(14,15).

De manera individual la FG permanece constante la mayor parte del tiempo; sin embargo, varía considerablemente de persona a persona ⁽¹⁶⁾. Desafortunadamente la FG no puede ser medida de manera directa y requiere de la estimación de la depuración urinaria de un marcador de filtración.

La FG en adultos jóvenes es de aproximadamente 120 - 130 ml/min/1.73 m² de superficie corporal y declina progresivamente con la edad ⁽¹⁶⁾. La sustancia ideal para la medición de la FG requiere de una serie de características para evaluarla de manera precisa:

- ▶ Debe de difundir en el espacio extracelular.
- ▶ No debe fijarse a proteínas plasmáticas y sí filtrarse libremente.
- ▶ No debe ser reabsorbido ni secretado a nivel tubular.
- ▶ No debe de ser degradado a nivel tubular.
- ▶ Debe de ser segura.
- ▶ No debe afectar la velocidad de filtración.
- ▶ Debe ser fácil de medir en plasma y en orina.

Las principales sustancias endógenas que se han usado para la medición de la FG son: la urea, creatinina, y cistatina C ⁽¹⁷⁾.

La creatinina es el producto final del catabolismo del músculo y es el más común índice de medición de la FG, Depuración de creatinina = U.V. (volumen/min) las ventajas de la medición de la creatinina sérica es barata, fácil y siempre disponible; sin embargo, tiene importantes limitaciones para su uso, ya que su concentración sanguínea puede variar con la edad, género, ejercicio físico, masa corporal, enfermedad hepática y otras enfermedades ^(11, 16).

La creatinina es libremente filtrada en el glomérulo y activamente secretada por transportadores catiónicos en la nefrona proximal, 5 a 10% de la excreción urinaria de creatinina es causada por la secreción tubular, por lo que en condiciones normales, la depuración de creatinina sobreestima la FG en aproximadamente 10 a 20 ml/min/1.73 m².

MÉTODOS PARA CALCULAR LA TASA DE FILTRACIÓN GLOMERULAR

La depuración de inulina es el método más ampliamente aceptado para estimar la tasa de filtración glomerular (TFG) ⁽¹⁸⁾; sin embargo, éste es un método que, por su complejidad, no puede llevarse a cabo de manera rutinaria en la práctica clínica. Esto ha llevado a la búsqueda de otros marcadores que permitan calcular con mayor facilidad y de manera precisa la TFG, sobre todo en la clínica.

Los niveles séricos de creatinina no se consideran adecuados como medida única para evaluar la función renal, especialmente para la detección de estadios tempranos de insuficiencia renal crónica y en casos de enfermedad renal avanzada, debido básicamente al componente de secreción tubular ⁽¹⁹⁾.

La depuración de creatinina en orina de 24 horas ha sido una herramienta ampliamente utilizada, pero en algunos pacientes (niños, ancianos, personas con

trastornos pélvicos) a menudo existen errores por recolecciones incompletas de las muestras de orina. La depuración bajo condiciones de “diuresis de agua” permite mantener un flujo urinario constante y la recolección adecuada de las muestras de orina en tiempos cortos y precisos.

Por otra parte, han sido desarrolladas diversas fórmulas para estimar la depuración renal. Una de las usadas más ampliamente es la propuesta en 1976 por Cockcroft y Gault, y más recientemente la ecuación desarrollada por Levey como parte del estudio MDRD (Modification of Diet in Renal Disease); sin embargo, dichas fórmulas han mostrado resultados variables según la población estudiada ⁽¹⁸⁾.

La más usada es la ecuación de Cockcroft-Gault, la cual estima la depuración de creatinina y es la siguiente:

$$\text{Depuración Cr.} = (140 - \text{edad}) \times \text{Peso corporal (kg)} / 72 \times \text{CrS (mg/dl)}.$$

La fórmula MDRD es la siguiente:

$$\text{FG ml/min } 1.73 \text{ m}^2 = 186 \times (\text{CrS})^{-1.154} \times (\text{edad})^{-0.230}$$

La ecuación de MDRD subestima la FG en un 6.45 ± 9.5 ml/min si es comparada con la FG obtenida mediante la depuración de Iohexol ⁽¹⁸⁾.

La fórmula derivada del estudio MDRD ha sido evaluada en diversos estudios y ha mostrado resultados contradictorios en los diferentes grupos estudiados. Además, ha resultado ser menos precisa en pacientes sanos, pacientes diabéticos sin proteinuria y pacientes con insuficiencia renal pero con niveles de creatinina sérica normal ⁽²⁰⁾.

Se han utilizado otros marcadores, dentro de los cuales destaca el 125I-iothalamato, el cual ha demostrado ser un marcador fiable de la función renal comparada con la inulina, y es utilizado principalmente en estudios de

investigación; sin embargo, actualmente este marcador no se encuentra disponible en nuestro medio ^(18,19).

Algunos marcadores exógenos han sido propuestos como alternativas; entre ellos, agentes de contraste radiactivos como el 51 Cretilendiaminotetracético (EDTA), el 125I-iothalamato y el tecnecio 99m-ácido dietileno triaminopentacético (Tc-99m DTPA) ⁽¹⁸⁾.

Las ventajas de medir la TFG usando estos marcadores radioisotópicos incluyen el hecho de que la medición del compuesto, incluso en concentraciones muy bajas, es extremadamente precisa y que, además, cantidades muy pequeñas y no tóxicas pueden ser utilizadas.

EVALUACIÓN DE LA FUNCIÓN RENAL EN PACIENTES SANOS

Las fórmulas de Crockroft – Gault y MDRD fueron diseñadas en pacientes con enfermedad renal crónica por lo que no están validadas en población sana como son los potenciales donadores renales ⁽¹⁸⁾.

En esta población se ha considerado útil la determinación de la tasa de filtración glomerular mediante los siguientes métodos ⁽²⁾:

- ▶ Creatinina plasmática: Con valor limitado; una cifra comprobada igual o superior a 1.5 mg/dl puede dar por descartada la donación.
- ▶ Aclaramiento de creatinina en orina de 24 horas: Precisa recolección de orina de 24 horas que debería efectuarse en ausencia de fiebre, menstruación, infecciones urinarias y ejercicio físico forzado previo; valorar la posibilidad de recolección incompleta o excesiva de orina por la excreción de creatinina (debe quedar dentro del rango 15-25 mg/kg). Debe realizarse al menos en dos ocasiones para minimizar los errores de determinación. Es el procedimiento básico empleado por la gran mayoría de los centros, dada su disponibilidad general; sin embargo puede dar resultados erróneos ya que depende de la adecuada recolección realizada por el paciente.

- ▶ Medida directa de FG con marcadores externos no isotópicos (inulina, ioexol, iotamalato) o por técnicas isotópicas (^{125}I -iotamalato, ^{51}Cr EDTA, Tc-99m DTPA), según las posibilidades de cada centro. Se ha considerado aconsejable en general, porque la aproximación (correlación y porcentaje de error del FG estimado por fórmulas o aclaramiento de creatinina con el FG real medido es escasa. Por tanto, si el centro dispone de una técnica validada de medida directa, sería la de elección. No obstante, sólo resultaría imprescindible en casos con aclaramiento de creatinina cercano al límite. El estudio con Tc-99m DTPA tiene la ventaja adicional de estimar la función de los 2 riñones por separado, dato importante ante una asimetría renal marcada en los estudios de imagen ⁽²¹⁾.
- ▶ Volumen renal estimado por pruebas de imagen: Se han presentado como un posible apoyo en la estimación de la función renal, aunque no existen por ahora orientaciones suficientemente validadas.

GAMMAGRAFÍA RENAL CON 99mTc-DTPA.

Los métodos radioisotópicos de la medicina nuclear han logrado una importante participación en nefrourología incluyendo la evaluación cualitativa y cuantitativa de la función renal así como para la monitorización de los trasplantes renales.

La utilización de Tc-99m unido a DTPA se inició aproximadamente en 1970, cuando Hauser publicó su uso en la evaluación de la función cerebral y renal; posteriormente apareció en más estudios que apoyaban su utilidad al respecto. Además, se han comparado los resultados de la depuración con tecnecio con la depuración de lothalamato, mostrando una adecuada correlación. Cabe comentar que el tecnecio se elimina exclusivamente por vía renal y se une a proteínas plasmáticas en un rango del 5-10%, lo que explica la subestimación de la TFG en comparación con inulina, que se filtra libremente; sin embargo, si se vigila con

cuidado para asegurar un nivel bajo de unión a las proteínas cerca del 1%, el Tc-99m DTPA es un radiofármaco excelente para medir la TFG ⁽⁹⁾.

El Tc-99m DTPA decae por transición isomérica y tiene una vida media física de 6,02 horas, lo que a veces ofrece dificultades prácticas para su utilización y medición. No obstante, esto también permite una menor exposición a radiación y una determinación rápida de la filtración glomerular. Además, el DTPA tiene eliminación exclusivamente renal ⁽⁹⁾.

Se utiliza una gamma cámara provista de un colimador de baja energía (140 keV, kiloelectrones – voltio) con un detector de campo amplio. Se realiza la toma de imagen de un minuto de la jeringa del Tc-99m DTPA adquirida antes y después de la inyección, a una distancia de 30 cm desde el centro del colimador; entonces se corrige la dosis real administrada por la post-inyección residual de la jeringa, que sirve como estándar. Si la dosis es demasiado grande, puede sobrepasar la capacidad de recuento del sistema y los recuentos perdidos afectan la exactitud, produciendo sobreestimación de la TFG.

Después de la inyección (15mCi (555 MBq)), se adquieren imágenes de 15 segundos / fotograma durante un total de 6 minutos. Se traza un ROI alrededor de los riñones y los recuentos se sustraen del fondo. La atenuación de los fotones causada por la profundidad renal variable se corrige utilizando fórmulas que se basan en el peso y la altura del paciente. La fracción estándar que se acepta para los riñones en los fotogramas de 1-2.5 minutos ó 2-3 minutos se relaciona con la medida de la TFG por uno de los métodos estándar aceptados (como las muestras de sangre múltiple, la muestra de sangre única o con menos exactitud por el aclaramiento de creatinina) ⁽⁹⁾.

Debe destacarse que todos los métodos para medir la función pueden no se medidas “exactas” de la función, pero se ha demostrado que son precisos.

ANGIOTOMOGRAFÍA RENAL

La evaluación de la anatomía de los potenciales donadores renales se lleva a cabo mediante el uso de la angiotomografía o la resonancia magnética; estudios que debido a su mayor accesibilidad y menor riesgo para el paciente han sustituido a la angiografía por sustracción digital.

La angiotomografía con reconstrucción tridimensional es un estudio completo que permite evaluar la anatomía del riñón, anomalías renales y alteraciones intraabdominales asociadas. Actualmente y gracias a los nuevos software de post-proceso de imágenes (MPR, VR, MIP, 3D) se permite entre otras cosas la medición del volumen renal, sin riesgo adicional para el donador.

El volumen renal se relaciona con la función del aloinjerto en pacientes sanos; por lo que se creó un modelo de fórmula para estimar la tasa de filtración glomerular en esta población sana ⁽¹⁾.

Herts, Brian y cols realizaron un estudio con un grupo de 244 potenciales donadores renales, donde crearon un modelo para la estimación de la tasa de filtración glomerular a través de la angiotomografía renal, tomando en cuenta las variables volumen renal, creatinina sérica, peso y edad; excluyendo las variables raza, sexo y talla ya que no tuvieron significancia predictiva en la valoración del volumen renal. Se realizó comparación con la ecuación de MDRD donde el rendimiento del modelo basado en el volumen renal fue nominalmente superior en relación a la ecuación MDRD en la estimación de la TFG (1).

El protocolo de angiotomografía renal incluye la valoración de la imagen antes y después de la administración de 100 ml de medio de contraste yodado (Iohexol) de 370 I/ml utilizando el protocolo de “bolus tracking” en la aorta abdominal a nivel de T12 para la fase angiográfica, con retraso de 20 segundos posterior a la inyección de medio de contraste, la fase venosa 60 segundos posterior, y una fase excretora a los 7 minutos. Los factores técnicos tomográficos utilizados con un

pico de voltaje del tubo de 120/150 KVP/mAs con un espesor de corte de 1.25, tiempo de rotación de 0.5 segundos y un pitch de 6.6. El volumen renal total es definido como la suma del volumen del riñón derecho e izquierdo considerándose una variable independiente; para ello se realiza un trazo alrededor de las siluetas renales incluyendo la vasculatura del hilio renal.

La estimación de la tasa de filtración glomerular fue calculada usando cuatro variables: edad, peso, volumen renal total y nivel de creatinina sérica.

La ecuación final del modelo basado en el volumen renal es:

$$\text{TFG (ml/min)} = 70.77 - 0.444A + 0.366 W + 0.200 V_r - 37.317 Cr;$$

Donde A es la edad en años, W es el peso en kilogramos, V_r es el volumen renal total medido en mililitros y Cr es el nivel de creatinina sérica en mg/dl (micromoles/lit) ⁽¹⁾.

IV. JUSTIFICACION.

En la selección y el estudio del donante de riñón, el principio predominante para el médico es determinar el verdadero estado de salud de cualquier potencial donador renal para así evitar dañar al donante, por lo que se requiere realizar una evaluación funcional y anatómica minuciosa ⁽¹⁾.

La tasa de filtración glomerular es el mejor índice de la función renal. . En el hospital de especialidades del Centro Médico Nacional Siglo XXI “Dr. Bernardo Sepúlveda Gutiérrez”, el gammagrama renal con Tc-99m DTPA es el método utilizado para determinar la tasa de filtración glomerular en la población sana como los son los potenciales donadores renales; sin embargo, es una prueba costosa que consume tiempo y no está ampliamente disponible en otras unidades hospitalarias.

La angiogramografía renal es un estudio de fácil acceso e imprescindible, puesto que va a proporcionar información decisiva para la selección de candidatos y una adecuada / detallada información anatómica; con la tecnología actual y mediante la aplicación de software de post-proceso de imágenes (MPR, VR, MIP, 3D) es posible calcular el volumen cortical renal, que aunado a variables cuantitativas (creatinina sérica, peso y edad del paciente) aplicables a una ecuación permite determinar la tasa de filtración glomerular, esto sin condicionar riesgo adicional para el paciente ⁽¹⁾.

V. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.

- ¿Es el modelo basado en el volumen renal obtenido por angiotomografía un método confiable comparado con el gammagrama para la determinación de la tasa de filtración glomerular?.

VI. HIPÓTESIS.

- ▶ La angiotomografía renal es un método confiable que permite determinar la tasa de filtración glomerular mediante el modelo basado en el volumen renal en población sana como los son los potenciales donadores renales. ¿Será el modelo basado en el volumen renal obtenido por angiotomografía un método confiable para determinar la tasa de filtración así como lo es el gammagrama?.

VII. OBJETIVO.

OBJETIVO GENERAL

- ▶ Determinar la tasa de filtración glomerular mediante el modelo basado en el volumen renal obtenido por angiotomografía comparado con la gammagrafía en potenciales donadores renales.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- ▶ Comparar la tasa de filtración glomerular obtenido por la gammagrafía renal en potenciales donadores renales.
- ▶ Determinar si el modelo basado en el volumen renal es un método confiable para obtener la tasa de filtración glomerulares en los potenciales donadores renales

VIII. MATERIAL, PACIENTES Y MÉTODOS.

MATERIAL Y MÉTODOS

- ▶ Se realiza revisión del archivo clínico y radiológico del hospital de especialidades “Dr. Bernardo Sepúlveda Gutiérrez” del CMN Siglo XXI de los potenciales donadores renales de Enero del 2013 a Marzo del 2014, donde se obtienen las imágenes crudas de angiotomografía obtenidas en el tomógrafo multicorte marca Toshiba modelo Aquillion de 64 detectores. Los factores técnicos tomográficos utilizados son con un pico de voltaje del tubo de 120/150 KVP/mAs respectivamente, un espesor de corte de 1.25, tiempo de rotación de 0.5 segundos y un pitch de 6.6.
- ▶ Se realiza el post – proceso por medio de reconstrucciones volumétricas en la estación de trabajo vítrea obteniendo el volumen cortical renal. Posteriormente se calcula la tasa de filtración glomerular mediante el modelo basado en el volumen renal ⁽¹⁾ y se compara con el resultado obtenido por el gammagrama renal mediante el coeficiente de correlación de Pearson.

DISEÑO DEL ESTUDIO:

- ▶ Transversal, comparativo.

PERIODO:

- ▶ Enero del 2013 – Abril 2014.

UNIVERSO DE TRABAJO:

- ▶ Expediente radiológico de pacientes derechohabientes del IMSS, de cualquier edad, de ambos sexos pertenecientes al hospital de especialidades del Centro Médico Nacional Siglo XXI “Dr. Bernardo Sepúlveda Gutiérrez” del IMSS, en

protocolo de estudio como potencial donador renal, que cuenten con estudio de angiotomografía renal, gammagrama renal y creatinina sérica.

TAMAÑO DE LA MUESTRA:

- ▶ No se requerirá cálculo de muestra ya que se empleará la totalidad del universo

CRITERIOS DE SELECCIÓN.

▶ CRITERIOS DE INCLUSIÓN.

- I. Derechohabientes al IMSS que sean atendidos en el hospital de especialidades de Centro Médico Nacional Siglo XXI.
- II. Potenciales donadores renales
- III. Cualquier edad.
- IV. Ambos sexos.
- V. Pacientes que acepten la realización del protocolo para donación renal emitido por el servicio de Nefrología.
- VI. Expediente clínico-radiológico completo, que incluya angiotomografía renal, gammagrama renal y laboratorios (creatinina).

▶ CRITERIOS DE EXCLUSIÓN.

- I. Técnica inadecuada en la realización de la angiotomografía renal.
- II. Pacientes que no cuenten con reporte de gammagrama renal.
- III. Pacientes con comorbilidades.
- IV. Pacientes que no acepten participar en el protocolo de donación renal.

DESCRIPCIÓN DE LAS VARIABLES.

VARIABLES DEPENDIENTES

VOLUMEN RENAL

Definición conceptual: Es una magnitud de escala definida como el espacio ocupado por un objeto, en este caso el riñón. Es una función derivada de longitud, multiplicando las tres dimensiones renales.

Definición operativa: Se cuantificará el volumen cortical renal mediante el programa de medición de volumen en reconstrucciones 3D en la estación de trabajo Vítrea, en función a las angiogramas recabadas del IMPAX en base a la fase nefrográfica.

Tipo de variable: Cuantitativa.

Medición: Centímetros cúbicos.

ÍNDICE DE FILTRACIÓN GLOMERULAR O TASA DE FILTRADO GLOMERULAR

Definición conceptual: Es el volumen de fluido filtrado por unidad de tiempo desde los capilares glomerulares renales hacia el interior de la cápsula de Bowman. Normalmente se mide en mililitros por minuto (ml/min). En la clínica, este índice es usualmente empleado para medir la función real a nivel del glomérulo.

Definición operativa: Se realiza una estimación del índice de filtración glomerular mediante la fórmula:

$$\text{TFG (ml/min)} = 70.77 - 0.444A + 0.366 W + 0.200 V_r - 37.317 Cr;$$

Donde A es la edad en años, W es el peso en kilogramos, Vr es el volumen renal total medido en mililitros y Cr es el nivel de creatinina sérica en mg/dl (micromoles/lt)⁽¹⁾.

Tipo de variable: Cuantitativa.

Medición: ml/kg.

VARIABLES INDEPENDIENTES

PACIENTE.

Edad.

Definición conceptual: El tiempo que lleva viviendo el sujeto desde su nacimiento hasta su muerte.

Definición operativa: Años cumplidos del sujeto al momento del estudio documentado en expediente.

Tipo de variable: Numérica

Medición: años.

Peso.

Definición conceptual: Es el volumen del cuerpo expresado en kilo.

Definición operativa: Medición en Kg, obtenido por medio de báscula manual.

Tipo de variable: Cuantitativa.

Medición: kg.

CREATININA

Definición conceptual: Compuesto orgánico generado a partir de la degradación de la creatina. Producto de desecho del metabolismo normal de los músculos que habitualmente produce el cuerpo en una tasa muy constante (dependiendo de la masa de los músculos), y que normalmente filtran los riñones excretándola en la orina.

Definición operativa: Medición en mg/dl; 1 mg/dL de creatinina son 88.4 $\mu\text{mol/l}$. Rango de referencia para las mujeres es estimado de 0.6 a 1.1 mg/dl (45 a 90 $\mu\text{mol/l}$), para los hombres es de 0.8 a 1.3 mg/dL (60 a 110 $\mu\text{mol/l}$)

Tipo de variable: Cuantitativa.

Medición: mg/dl.

ANÁLISIS ESTADÍSTICO:

Se realiza correlación entre los datos obtenidos mediante el procedimiento descrito a continuación:

PROCEDIMIENTOS:

1. Se utilizara el sistema IMPAX del hospital Centro Médico Nacional Siglo XXI. Se analizará la angiotomografía renal de los casos que cumplan con los criterios de inclusión, se realizará el procesamiento de la angiotomografía con reconstrucciones 3D y se calculará el volumen renal.
2. Se acudirá al servicio de Medicina Nuclear del Hospital Centro Médico Nacional “Siglo XXI” y se recabara una lista de los potenciales donadores renales que cuenten con gammagrama renal durante el periodo de Enero del 2013 a Marzo del 2014.
3. Se recaba el expediente clínico de los donadores renales correspondientes, recolectando los datos correspondientes (edad, peso y creatinina sérica) para posteriormente determinar la tasa de filtración glomerular.
4. Se analizara la información de cada uno de los pacientes proporcionada por el servicio de Medicina Nuclear.
5. Una vez completado la recolección de datos se realizará el análisis estadístico mediante el coeficiente de correlación de Pearson.

IX. CONSIDERACIONES ÉTICAS.

Al ser un estudio analítico, comparativo que no realiza ninguna intervención no se requiere carta de consentimiento informado. Además de acuerdo con la Ley General de Salud de los Estados Unidos Mexicanos en materia de investigación para la salud, y su reglamento (artículo 17), se considera una investigación sin riesgo.

La propuesta y la ejecución del presente estudio, no viola la Ley General de Salud de los Estados Unidos Mexicanos en materia de investigación para la salud ni las normas del Instituto Mexicano del Seguro Social.

No viola ninguno de los principios básicos para la investigación en seres humanos, establecidos por la declaración de la asamblea mundial del tratado de Helsinki, Finlandia, ni sus revisiones de Tokio, Hong-Kong, Venecia y Edimburgo.

X. RECURSOS PARA EL ESTUDIO.

HUMANOS:

- ▶ Residente de radiología.
- ▶ Médicos radiólogos expertos en tomografía.
- ▶ Médico nuclear.
- ▶ Asesor metodológico.

MATERIALES

- ▶ Departamento de tomografía computada.
- ▶ Estación de trabajo (Workstation) Vítrea Toshiba donde se realizara el procesamiento y reconstrucciones de las imágenes que se encuentra anexa al área de tomografía del servicio de Radiología e Imagen del hospital de especialidades del Centro Médico Nacional Siglo XXI “Dr. Bernardo Sepúlveda Gutiérrez”.
- ▶ Software para reconstrucción de imágenes.
- ▶ Base de datos con los expedientes radiológicos de pacientes seleccionados.
- ▶ Base de datos de Medicina Nuclear de pacientes seleccionados.
- ▶ Computadora personal, Microsoft Word y Excel.

RECURSOS, FINANCIAMIENTO Y FACTIBILIDAD

Se utilizarán las imágenes de angiotomografía de potenciales donadores renales respaldadas en el sistema IMPAX del servicio de Radiología e Imagen del hospital de especialidades CMN Siglo XXI “Dr. Bernardo Sepúlveda Gutiérrez”, se realiza el post-proceso de las imágenes en la estación de trabajo Vítrea para determinar el volumen cortical renal; posteriormente se analizan las variables (edad, peso, creatinina) y el reporte del gammagrama renal obtenidos en el expediente clínico; por lo que esto no generará ningún costo adicional dándose a este trabajo factibilidad.

XI. RESULTADOS.

Durante el presente estudio se determinó la tasa de filtración glomerular mediante el modelo basado en el volumen renal obtenido por angiografía de 82 potenciales donadores renales, tomando en cuenta su peso, edad, creatinina y el volumen renal.

El peso y la edad tomados fueron obtenidos previos a la realización del gammagrama renal. El valor de creatinina sérica considerada fue no mayor a 30 días previa a la realización de la angiografía renal.

El intervalo de tiempo entre la realización de la angiografía renal y el gammagrama renal fue no mayor a 90 días.

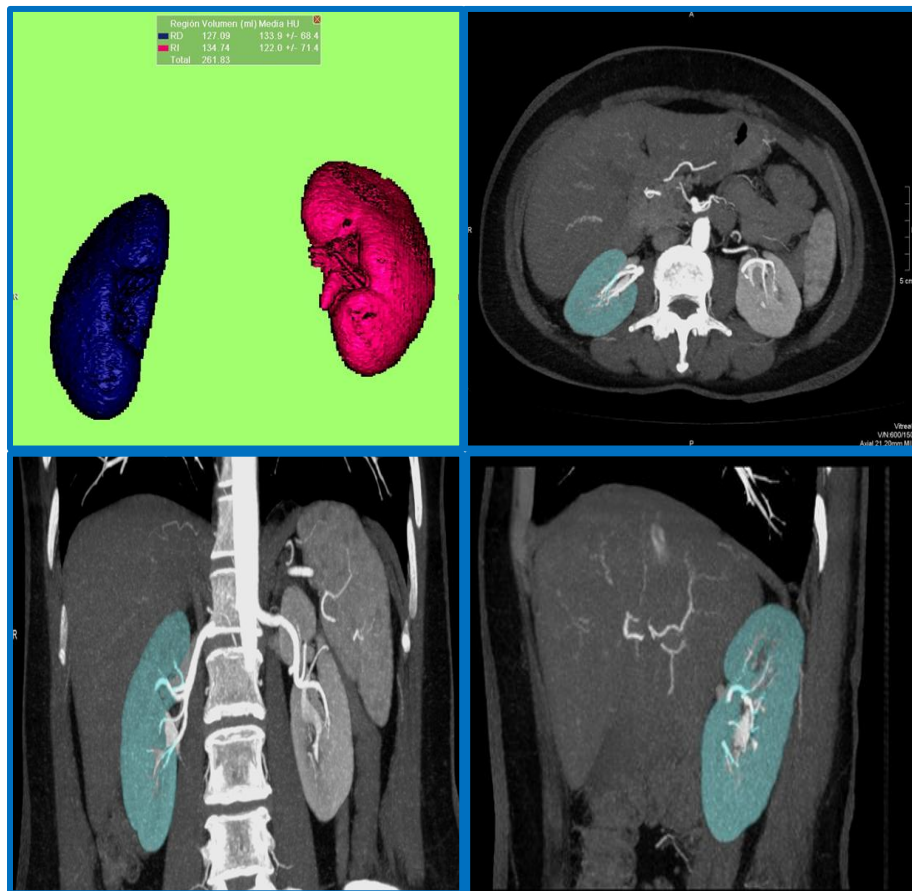
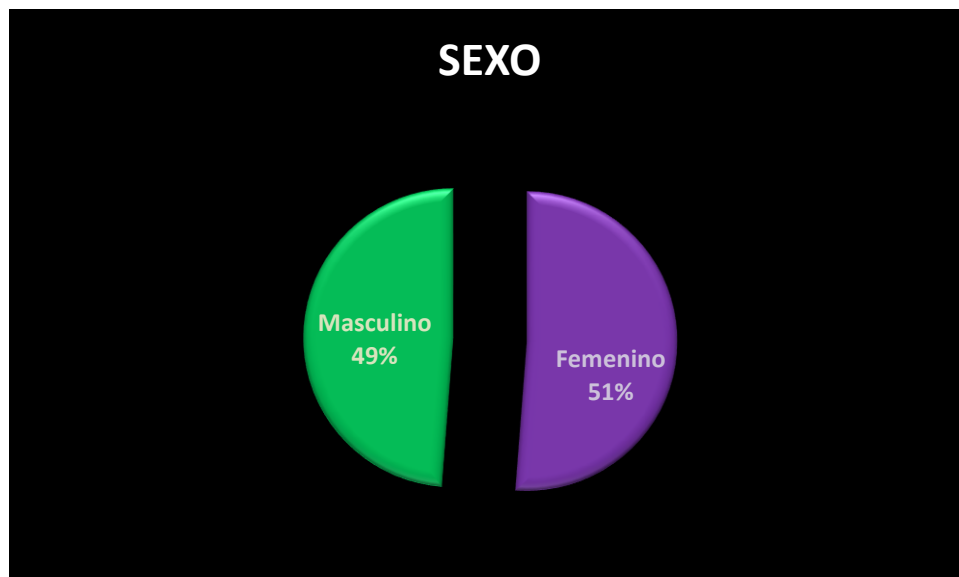


Gráfico 1: Determinación del volumen renal mediante segmentación automatizada y manual en los tres planos (axial, coronal y sagital) de la angiografía renal.



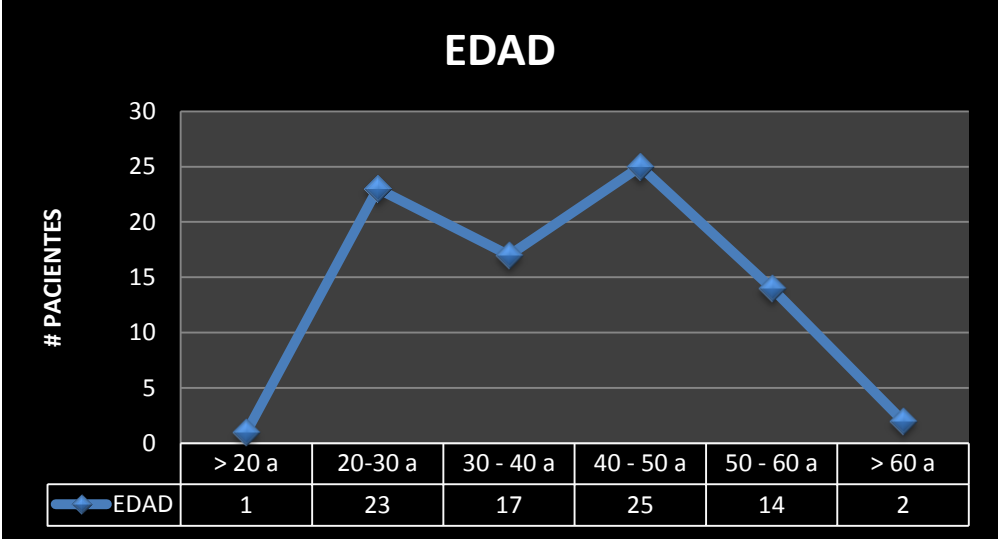
Gráfico 2: Reconstrucción tridimensional de ambos riñones posterior a la segmentación.

De los 82 pacientes estudiados, 42 fueron del sexo femenino y 40 del sexo masculino; la distribución porcentual por sexo fue: 51 % fueron mujeres y 49% hombres.



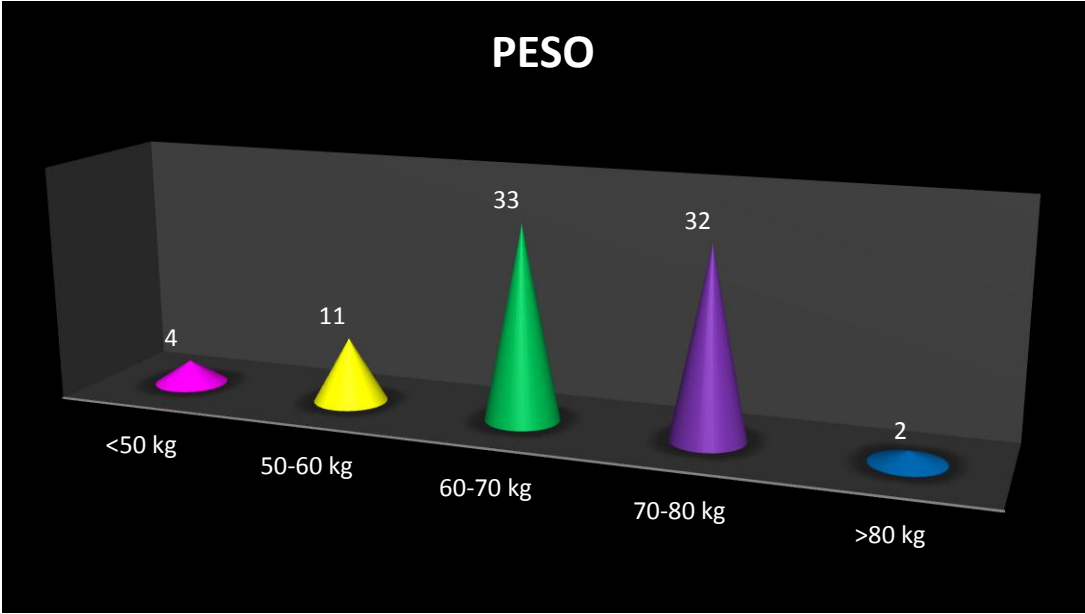
Gráfica 1: Total de pacientes y distribución porcentual por sexo.

La edad promedio de los pacientes fue de 40.03 años, con un pico entre los 40 – 50 años, para el sexo femenino fue de 40.9 años y para el masculino de 39 años. Con una distribución etaria como se muestra en la gráfica.



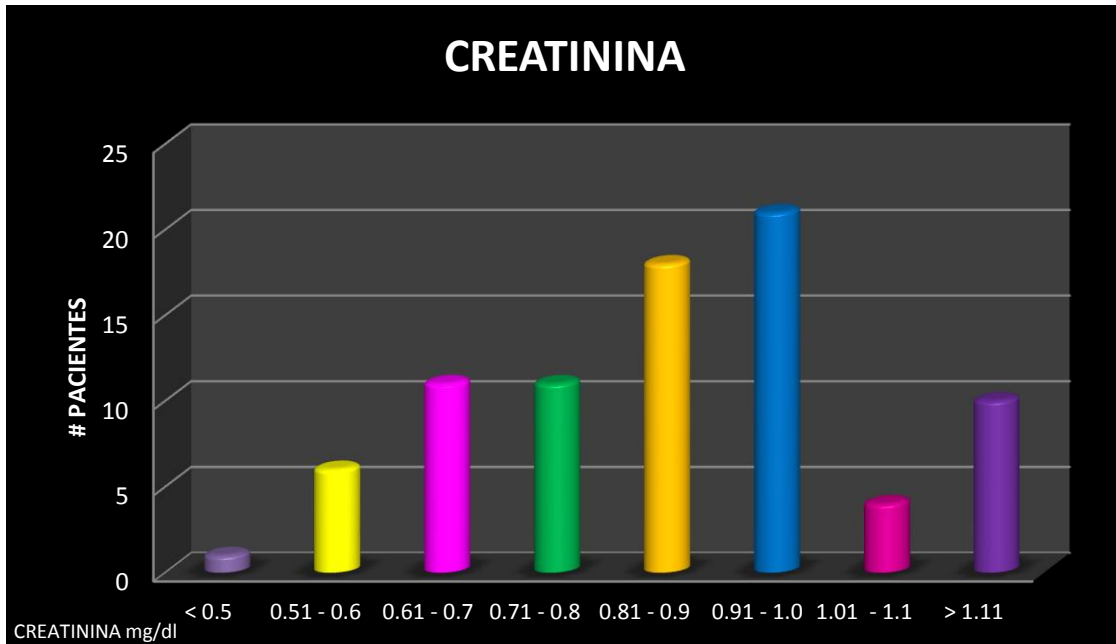
Gráfica 2: Edad promedio de los pacientes.

El peso promedio fue de 68.42, en el sexo femenino fue de 64.25 kg y el del masculino de 72.8 kg



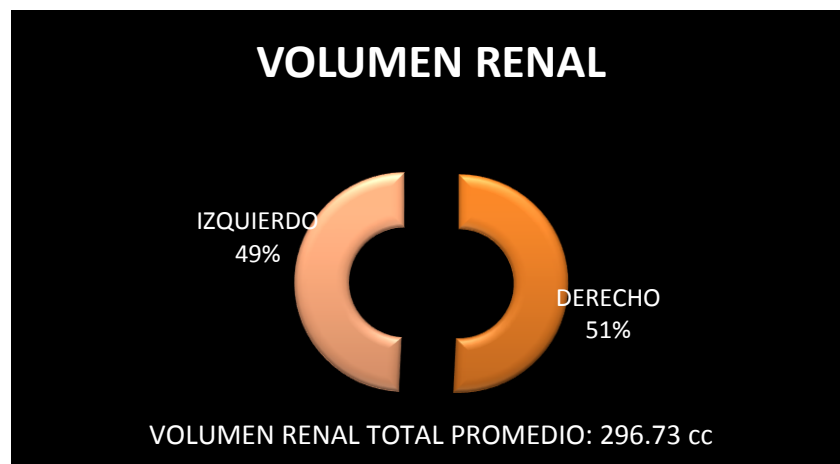
Gráfica 3: Peso promedio de los pacientes.

La creatinina sérica de los 82 pacientes estudiados estuvo en un promedio 0.85 mg/dl, en el sexo femenino fue de 0.92 mg/dl y en el masculino de 0.72 mg/dl.



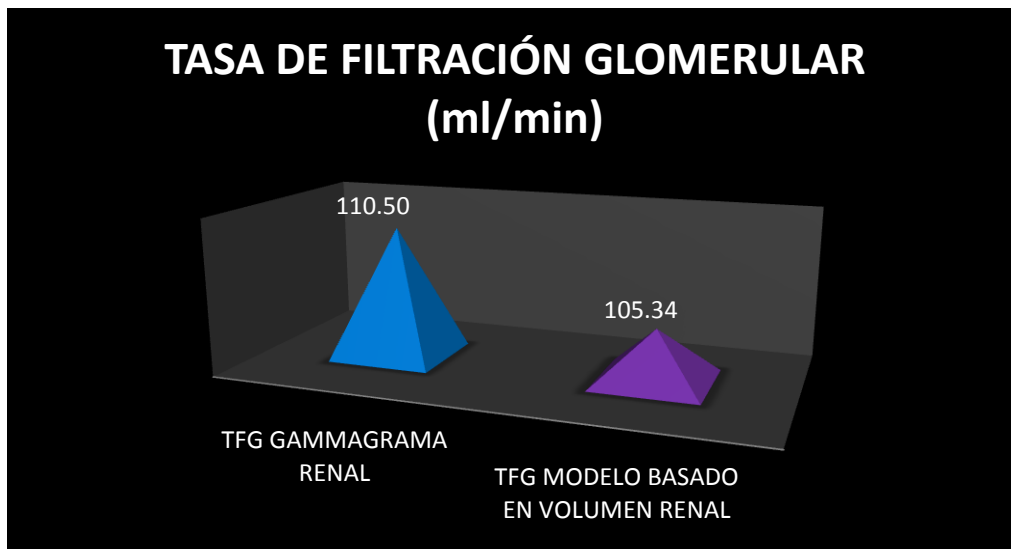
Gráfica 4: Creatinina sérica promedio.

El volumen renal promedio fue mayor en el riñón derecho en comparación con el izquierdo siendo de 150.67cc y de 146.06cc en el primer y segundo caso respectivamente; el volumen renal total promedio fue de 296.73cc

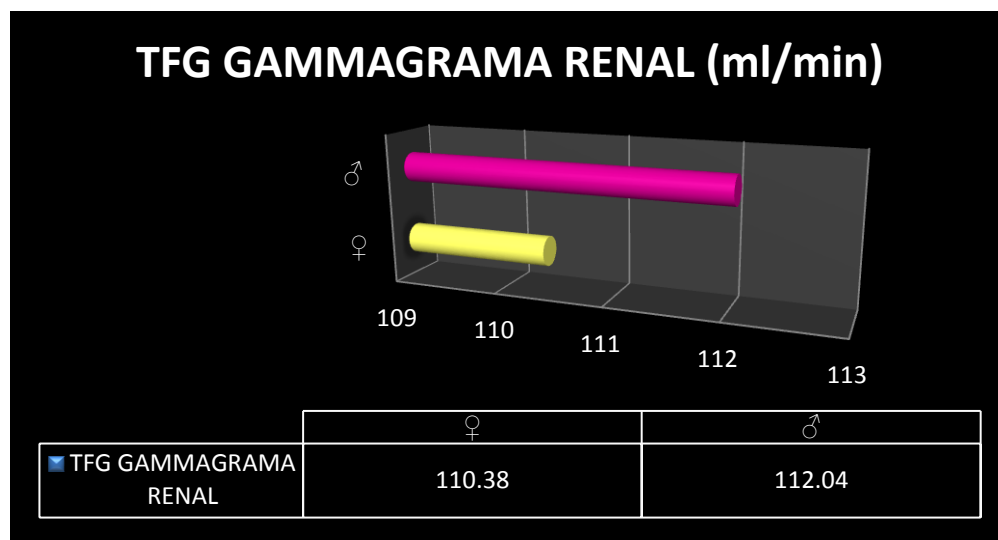


Gráfica 5: Volumen cortical renal promedio por riñón.

La tasa de filtración glomerular por gammagrama renal de los 82 pacientes fue en promedio de 110.50 ml/min, mientras que el promedio de la tasa de filtración glomerular obtenida mediante el método basado en el volumen renal fue de 105.34ml/min.

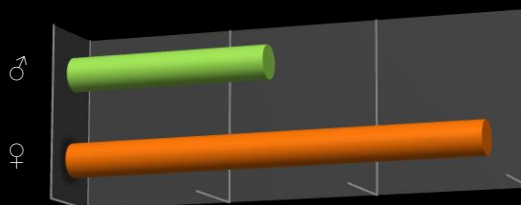


Gráfica 6: Tasa de filtración glomerular promedio comparando el gammagrama renal y el modelo basado en el volumen renal



Gráfica 7: Tasa de filtración glomerular promedio calculada por gammagrama renal comparando la población femenina y masculina estudiada.

TFG MODELO BASADO EN VOLUMEN RENAL



	♀	♂
TFG MODELO BASADO EN VOLUMEN RENAL	109	101.87

Gráfica 7: Tasa de filtración glomerular promedio calculada por el modelo basado en el volumen renal comparando la población femenina y masculina estudiada.

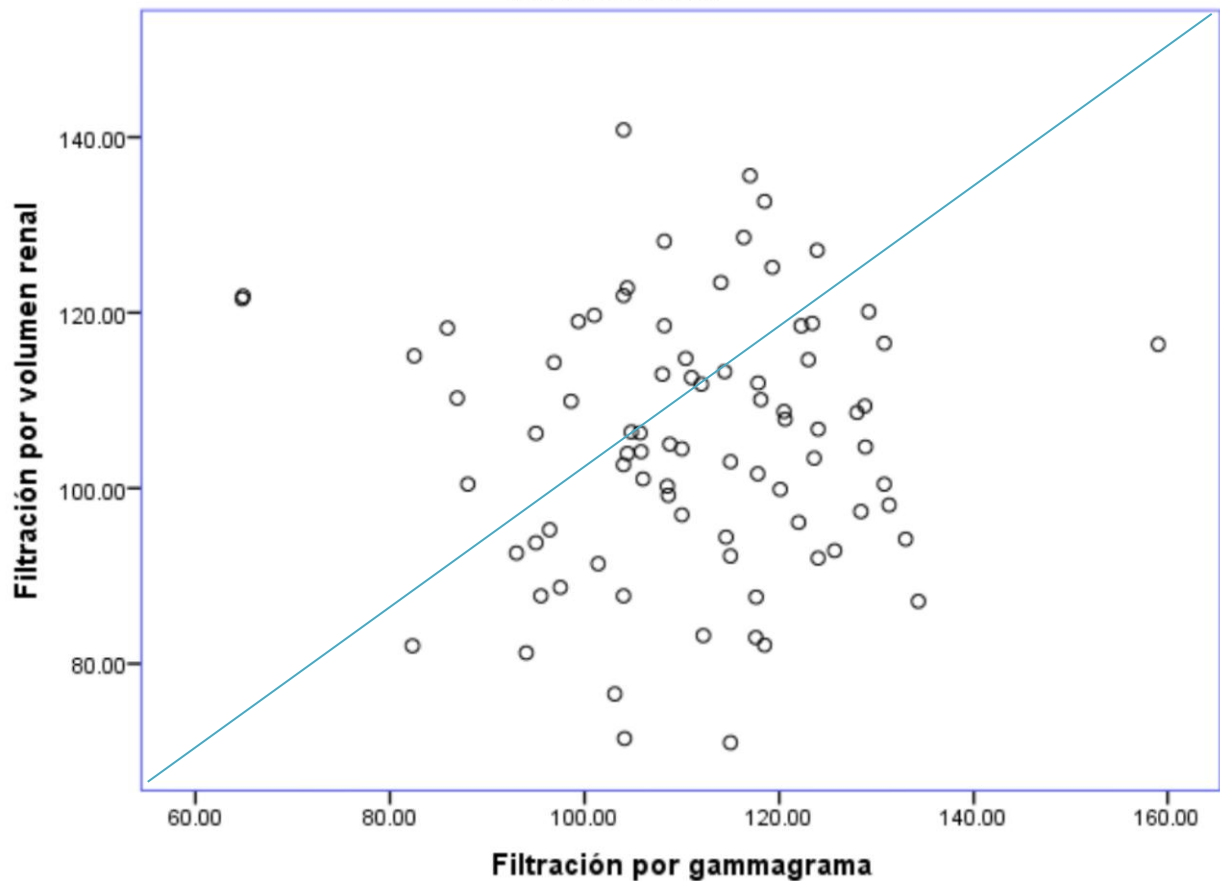
ESTADÍSTICA

		PESO	EDAD	CREATININA	VOLUMEN RENAL	TFG GAMMAGRAMA RENAL	TFG MODELO VOLUMEN RENAL
N	Válidos	82	82	82	82	82	82
	Perdidos	0	0	0	0	0	0
Media		68.4207	40.0366	.8584	296.7339	110.8679	105.3491
Mediana		67.0000	40.5000	.8700	299.4550	111.5000	105.6351
Desv. típ.		10.15876	11.90544	.17418	54.05746	15.30313	14.79426
Asimetría		.099	.054	-.080	.547	-.382	-.099
Error típ. de asimetría		.266	.266	.266	.266	.266	.266
Curtosis		.111	-1.107	-.743	.766	1.498	-.290
Error típ. de curtosis		.526	.526	.526	.526	.526	.526
Mínimo		44.00	18.00	.49	185.19	64.80	71.01
Máximo		94.00	61.00	1.18	488.41	159.00	140.82
Percentiles	25	61.0000	29.0000	.7300	255.1300	103.7750	94.3652
	50	67.0000	40.5000	.8700	299.4550	111.5000	105.6351
	75	75.0000	49.0000	.9825	329.0425	120.9500	116.4176

CORRELACIÓN

		TFG GR	TFG modelo VR
TFG GR	Correlación de Pearson	1	.008
	Sig. (unilateral)		.470
	N	82	82
TFG modelo VR	Correlación de Pearson	.008	1
	Sig. (unilateral)	.470	
	N	82	82

Correlación entre la filtración glomerular por gammagrama y método basado en el volumen renal



XII. DISCUSIÓN.

El protocolo de estudio del potencial donador renal requiere de la realización de múltiples estudios esto con el objetivo de valorar el estado de salud del paciente y realizar una evaluación funcional y anatómica. Dentro de este protocolo, un punto fundamental es calcular la tasa de filtración glomerular, la cual es el mejor índice de la función renal.

Los métodos más precisos para determinar la tasa de filtración glomerular en la población sana como lo son los potenciales donadores son la depuración de inulina y el cálculo con marcadores externos no isotópicos e isotópicos.

En el hospital de especialidades del Centro Médico Nacional Siglo XXI la determinación de la función renal en este tipo de población se realiza mediante el gammagrama renal con Tc-99m DTPA; sin embargo, es una prueba costosa y que no está disponible en todas las unidades hospitalarias.

La angiogramografía renal es incluida en el protocolo de estudio de los donadores renales, ya que proporciona una información detallada de la anatomía renal.

Actualmente existen pocos estudios acerca del cálculo de la tasa de filtración glomerular mediante el modelo basado en el volumen renal por medio de la angiogramografía renal, y estos han sido comparados con la fórmula de MDRD en donde se ha demostrado tener una correlación positiva; sin embargo, la fórmula de MDRD no es precisa en la población sana; por lo que sería de utilidad comparar el modelo basado en el volumen renal con la gammagrafía renal para con esto determinar si es un método preciso para el cálculo de la tasa de filtración glomerular ya que es un estudio con mayor accesibilidad y que no condiciona un riesgo adicional para el paciente.

XIII. CONCLUSIONES.

En nuestra institución, el gammagrama renal es considerado el método de estudio para determinar la tasa de filtración glomerular en pacientes sanos como los son los potenciales donadores renales; sin embargo, es un estudio que no está ampliamente disponible en otras unidades hospitalarias. Con la realización de este estudio se logró determinar que existe una correlación positiva entre la tasa de filtración glomerular obtenida por el gammagrama renal y la tasa de filtración glomerular determinada mediante el método basado en el volumen renal por angiotomografía; por lo que podemos concluir que la angiotomografía renal es un método que podría ser considerado útil para determinar la tasa de filtración glomerular en los potenciales donadores renales.

XIV. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

1. Herts, B, Sharma, N. (2009). Estimating glomerular filtration rate in kidney donors: A model constructed with renal volumen measurements from donor CT scans. *Radiology*. 252: 109-116.
2. Govantes, M.; Pereira, P. (2010). Estudio y selección del donante vivo de riñón. *Nefrología. Sociedad Española de Nefrología* 30 (Suppl. 2): 47-59.
3. Stefoni S, Campieri C, Donati G. (2004). The history of clinical renal transplant. *J Nephrol*; 17(3): 475-8.
4. Janoff DM, Davol P. (2004) Computerized tomography with 3-dimensional reconstruction for the evaluation of renal size and arterial anatomy in the living kidney donor. *J Urol*; 171(1): 227-30.
5. Tsushima Y, Blomley MJK, Okabe. (2001). Determination of glomerular filtration rate per unit renal volume using computerized tomography: correlation with conventional measures of total and divided renal function. *J Urol*; 165(2): 382-5.
6. 24. Sagel SS, Stanley RJ, Levitt RG, Geisse G (2002). Computed tomography of the kidney. *J Urol*; 167(2): 458-68.
7. Ziessman, H.; O'Malley,J. (2007). *Medicina Nuclear, los requisitos en Radiología*. El Sevier. 8: 215-254.
8. Arroyo, C.; Gabilondo,F. (2005). Estudio del donador vivo para trasplante renal. *Rev Invest Clin*; 57 (2): 195-205.1
9. Treviño, A., Baca, R. (2010). Medición de la filtración glomerular comparativa por cistatina C y métodos convencionales basados en la depuración de creatinina. *Rev Hosp Jua Mex*; 77(1): 22-27.
10. Morteon RF, Andrade SJ (2010). Hemodinámica glomerular, filtración glomerular y flujo plasmático renal. *Tratado de Nefrología*. 1a. Ed. Distrito Federal: Editorial Prado. 3: 15-18.
11. John R, Silkensen, Bertram L. (2005). Pruebas de laboratorio en las enfermedades renales: aclaramiento, análisis de orina y biopsia renal. *Brenner and rectors. The Kidney*. Philadelphia: Saunders.

12. Perrone RD, Madias NE, Levey AS. (2005). Serum creatinine as an index of renal function new insights old concepts. Clin Chem 38; 38: 1933-53.
13. Cirillo M, Laurenzi M, Mancini M, et al. (2006). Low glomerular filtration in the population: prevalence, associated disorders and awareness. Kidney Int; 70: 800-6.
14. Stevens LA, Levey AS (2005). Measurement of kidney function. Med Clin North Am. 89: 457-73.
15. Laterza OF, Price CP, Scout MG (2005). Cistatin C: an improved estimator of glomerular filtration rate? Clin Chem; 48: 699-707.
16. Ocampo, J., Torres, A (2010). Cuatro métodos de medición de la TFG comparados con inulina. Nefrología, Instituto Nacional de Cardiología Ignacio Chávez. DF.;30(3):324-30.
17. Levey AS, Coresh J, Balk E, Kausz AT, Levin A. (2003). National Kidney Foundation Practice Guidelines for Chronic Kidney Disease: evaluation, classification, and stratification. Ann Intern Med; 139:137-47.
18. Reyes MA (2008). Análisis de concordancia entre la depuración de creatinina con la fórmula MDRD y la filtración glomerular estimada por el gammagrama renal en donadores renales. Nefrología Mexicana; 29: 3-6.
19. Stevens LA, Levey AS. (2009). Measured GFR as a Confirmatory Test for Estimated GFR. J Am Soc Nephrol; 20:2305-13.