



11229



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE
MÉXICO**

Instituto Mexicano del Seguro Social

Hospital de Especialidades
Centro Médico Nacional Siglo XXI

**VALORACION DE LA FUNCION RENAL
POSTNEFRECTOMÍA
EN DONADORES RENALES**

TESIS DE POSGRADO
Que para obtener el Título de
MEDICO NUCLEAR

Presenta
DRA. BARBARA NORMA LECHUGA RUIZ

286493

Asesora
DRA. DIANA GRACIELA MENEZ DIAZ

México D.F.

1998-2001

2000



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

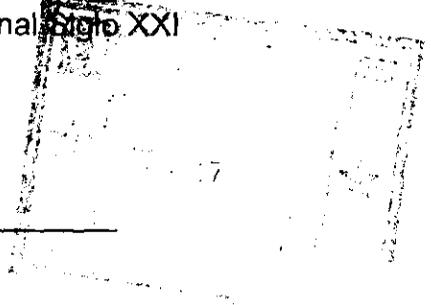
Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

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.

**VALORACION DE LA FUNCION RENAL
POSTNEFRECTOMÍA EN DONADORES RENALES**

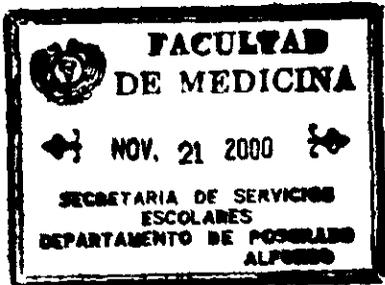
Dra. Diana Graciela Ménez Díaz
Medico Adscrito al servicio de Medicina Nuclear
Hospital de Especialidades
"Dr. Bernardo Sepulveda G."
Centro Médico Nacional Siglo XXI





Dr. Niels Wachter Rodarte
Jefe de la División de Enseñanza e Investigación
Hospital de Especialidades
"Dr. Bernardo Sepulveda G."
Centro Médico Nacional Siglo XXI





Dr. Felipe Gordon Barabejzyk.
Profesor Titular de Medicina Nuclear. Hospital de
Especialidades
"Dr. Bernardo Sepulveda G."
Centro Médico Nacional Siglo XXI



AGRADECIMIENTOS

A Dios, porque con EL estoy.

A la Dra. Diana Ménez Díaz

Por la revisión y reestructuración en la elaboración de esta tesis.

A la Lic. Margarita Jimenez Villaruel.

Por su gran apoyo en la elaboración estadística.

Al Lic. Victor Manuel Colín Ramirez.

Mi gran amigo, con quien he compartido sueños, anhelos, angustias y la elaboración de esta tesis.

A todas las personas que de alguna manera aportaron su granito de arena para llevar a término esta tesis.

DEDICADA A:

MIS PADRES Y MI HERMANA

Por su cariño y apoyo incondicional, factores importantes para la realización de mis logros.

LOS DONADORES RENALES

Porque ofrecen la esperanza de vida sin pedir nada a cambio.

CONTENIDO

	Pag.
Título	6
Resumen	7
Antecedentes	8
Anatomía Renal	19
Fisiología Renal	20
Radiofármacos	23
Planteamiento del Problema	30
Hipótesis	31
Objetivo	32
Material y Pacientes	33
Procedimientos	36
Análisis Estadístico	39
Consideraciones Éticas	40
Resultados	41
Discusión	49
Conclusiones	53
Referencias	54

**VALORACION DE LA FUNCION RENAL
POSTNEFRECTOMÍA EN DONADORES
RENALES**

RESUMEN

Como resultado de la ablación renal unilateral, en teoría y demostrado en animales de experimentación, hay un incremento de la presión hidráulica capilar glomerular, aumento en el flujo capilar glomerular llevando a incremento en la matriz mesangial, esclerosis glomerular y eventualmente falla renal.

El propósito de este estudio retrospectivo, fue evaluar en pacientes donadores renales a función renal depuradora subsecuentemente a una nefrectomía simple, en comparación a los valores obtenidos previamente a la ablación renal, basado en las mediciones con radionúclidos, de filtración glomerular (FG) con radionúclidos ^{99m}Tc -DTPA (ácido-dietilen-triaminopenta-acético) y de flujo plasmático renal efectivo (FPRE) con ^{131}I -Hipuran.

Fueron evaluados los resultados obtenidos, de archivo (general y del servicio de Medicina Nuclear) de 110 donadores renales que fueron enviados en el período de Enero de 1999 a Octubre del 2000. de la unidad de trasplantes renales (UTR) al departamento de Medicina Nuclear para realizar estudio centelleográfico postnefrectomía; cubriendo un tiempo de evolución de 1 mes a 13 años, clasificados en tres grupos. El promedio de los valores obtenidos de FG y FPRE se evaluó comparando los valores promedio prenefrectomía, obteniendo los resultados que se muestran a continuación.

	F G		F P R E	
	Masculino	Femenino	Masculino	Femenino
GRUPO I	75 ml/min. (65%)	74 ml/min. (65%)	411 ml/min. (69%)	357 ml/min. (59%)
GRUPO II	79 ml/min. (71%)	78 ml/min. (69%)	403 ml/min. (68%)	386 ml/min. (66%)
GRUPO III	84 ml/min. (74%)	75 ml/min. (65%)	418 ml/min. (69%)	409 ml/min. (69%)

Considerando éstos resultados el análisis estadístico concluimos que no existe un deterioro en la función renal depuradora para el riñón remanente hasta los 13 años postnefrectomía, no existiendo diferencias significativas por grupos sexogénicos.

ANTECEDENTES

Varios grupos específicos de individuos dependen de la función de un solo riñón. Un riñón puede estar ausente debido a agenesia o por haber sido removido quirúrgicamente por enfermedad renal unilateral adquirida en la infancia o en edad adulta. Otra parte mayoritaria de estos grupos la representan los receptores y los donadores renales.

La salud y longevidad de humanos con un solo riñón ha originado debates desde la antigüedad. Hipócrates (460 a 373 A.C.) recomendó ablación quirúrgica y drenaje de litos renales y abscesos sintomáticos, aunque la eficacia de la nefrectomía por enfermedad renal unilateral no fue espectacular. Aristóteles (384 a 322 A.C.) reconoció que animales nacidos con un riñón se desarrollaron normalmente y que ese riñón remanente aumentó de tamaño, concluyó que la sobrevida fue determinada por el grado de disminución de la masa renal. En el siglo XVI y XVII Vesalius estudió cadáveres y confirmó la compatibilidad de un solo riñón con la vida en humanos. La primer nefrectomía planeada y exitosa fue realizada en una mujer el 2 de Agosto de

1869 por el Dr. Gustave Simon, la paciente tenía fístulas ureterocutáneas y ureterovaginales que ocurrieron después de histerectomía parcial y ooforectomía. Simon realizó experimentalmente nefrectomía en 15 perros observando un 50% de aumento en el tamaño de los riñones remanentes y concluyó que no presentaron efectos desfavorables, posteriormente realizó nefrectomías en humanos vía lumbar, encontrando evolución satisfactoria a los 2 años, aunque no realizó seguimiento a largo plazo.⁽¹⁾

El progreso en la cirugía renal se manifiesta actualmente por un refinamiento en sus técnicas, mejoramiento de los cuidados pre y postoperatorios, manejo adecuado de líquidos, anestesiología, terapia antiséptica y antibiótica; todo esto se extiende en el progreso conjunto para la eficacia en la nefrectomía después de una enfermedad o para ser incluido como donador. El 23 de Diciembre de 1954 fue realizado el primer trasplante renal exitoso utilizando un riñón de gemelo idéntico como donador.⁽²⁾

En 1987 se realizaron cerca de 9000 trasplantes renales, 21% de esos con donadores vivos⁽³⁾.

El trasplante renal con donador vivo relacionado es la principal fuente de donación en el Hospital de Especialidades CMN SXXI y corresponde a un 85%, obteniéndose una sobrevida del injerto del 85.5% a los 6 años del injerto, a diferencia de los riñones provenientes de donador cadáver que tienen una sobrevida de 64.2% a los 6 años.⁽⁴⁾ El primer trasplante realizado en el Hospital General del CMN IMSS fue el 21 de Octubre de 1963 realizado por el Dr. Francisco Gómez Mont y su grupo de cirujanos, y el trasplante No. 1000 se realizó el 29 de Octubre de 1998 por la Dra. Cármen Gracida y colaboradores.

En base a amplios criterios de aceptación para donadores como es un examen físico completo y estudios diagnósticos como biometría hemática completa, creatinina sérica, concentración de electrolitos, serología para citomegalovirus, hepatitis B y HIV, recolección de orina de 24 hrs para niveles de creatinina y proteína, análisis general de orina, arteriografía renal, pielograma intravenoso. El donador debe ser menor de 65 años de edad sin historia de enfermedad avanzada o diabetes mellitus; los hábitos personales como tabaquismo, alcoholismo, y obesidad pueden excluirlos como donadores. Las infecciones

deben ser erradicadas. La hipertensión no es una contraindicación absoluta si ésta es moderada y tratada con antihipertensivos, el donador debe tener dos riñones funcional y anatómicamente normales sin historia de infección, litiasis o anormalidades del tracto urinario bajo.⁽⁵⁾ Los riesgos asociados a la nefrectomía en el donador han sido motivo de múltiples revisiones; en México un estudio de seguimiento a 5 años postnefrectomía (1991 a 1996) realizado por Melchor y col. arrojó una morbilidad en donador vivo de 1.3%, describiéndose a un donador con necrosis tubular aguda (NTA) secundaria a sepsis que requirió de diálisis peritoneal por tres semanas con recuperación total de la función renal; y a un donador con Neumotórax que se resolvió en 72 hrs. y otro donador con Crisis Tirotóxica con hipertiroidismo subclínico no diagnosticado previamente el cuál fue manejado con ¹³¹I llegando al eutiroidismo. La mortalidad en este reporte fue de 0 a 0.1%.⁽⁶⁾ En Estados Unidos el riesgo de mortalidad perioperatoria es cerca de 0.1 a 0.4% comparada con la mayoría de los procedimientos quirúrgicos y una morbilidad de 1.8 a 3% incluyendo infección de herida quirúrgica, embolia pulmonar, hemorragia que

requiere de reexploración, septicemia, infarto al miocardio, hepatitis y falla renal. Los riesgos a largo plazo son difícilmente cuantificables, aunque se ha documentado un incremento de los niveles de creatinina sérica de 0.1 a 0.5 mg/dl de los valores normales, ésta ha demostrado ser estable sin aumento progresivo en un seguimiento a 20 años. Experimentos en ratas han demostrado que la ablación renal y la hiperfiltración compensatoria puede condicionar detrimento de la función renal, la hiperfiltración es debido a una vasodilatación arterial con aumento en el flujo y presión en los capilares del glomérulo remanente que conducen al desarrollo de anomalías en las células mesangiales y epiteliales por adhesión entre capilares y cápsula de Bowman, engrosando ésta y la membrana basal, con aumento de la matriz mesangial, atrofia tubular y oclusión de la luz capilar continua y focal conduciendo a esclerosis glomerular global, esclerosis progresiva y eventualmente proteinuria y azotemia que puede ser un riesgo para desarrollar hipertensión ; finalmente rompe el equilibrio e inicia la aceleración de lesiones glomerulares y con ello la disminución de la función renal ^(7,8,9).

El grado de progresión de la falla renal en el adulto, dependerá también del grado del daño renal previo a la nefrectomía como pudiera ser pielonefritis o hipertensión con proteinuria. ⁽⁸⁾ El crecimiento compensatorio es simétrico por toda la corteza, a nivel de túbulo proximal muestra un crecimiento predominante; el crecimiento es estimulado por varios factores, incluyendo una dieta alta en proteínas, aminoácidos, cloruro de amonio y varias hormonas endógenas. El aumento de tamaño del riñón remanente postnefrectomía corresponde en promedio del 15% al 30% de su tamaño original, la magnitud del tamaño y FG es independiente del sexo del donador. ^(9,10)

La hiperplasia e hipertrofia son características de una respuesta de crecimiento compensatorio; se ha demostrado que la síntesis de un nuevo RNA precede a la síntesis de nueva proteína, la cantidad de RNA esta notablemente aumentada dentro de las primeras 12 horas postnefrectomía, y la incorporación del nucleótido radiomarcado han demostrado un aumento en la síntesis de RNA dentro de 1 a 4 hrs postnefrectomía reflejando aumento en la producción de RNA ribosomal alcanzando un pico máximo a los 2 días postnefrectomía. Un aumento en la

síntesis de DNA seguida de un aumento de la síntesis protéica de RNA es observada durante la nefrectomía de un solo riñón.. Estudios de incorporación de radionucleótidos sugieren que la síntesis de DNA no aumenta antes de 9 a 18 hrs. postnefrectomía, y un notable aumento en la mitosis, gran cantidad de células tubulares proximales, son evidentes después de 1 a 2 días, la prevalencia de figuras mitóticas tubulares descienden a niveles normales 1 a 2 semanas después de la nefrectomía, tiempo en el que el proceso de crecimiento renal compensatorio es completado. El retraso de la síntesis de DNA con respecto al RNA puede reflejar una estimulación de mitosis por aumento en el tamaño celular. El índice de aumento en el contenido de proteínas y DNA ha sido usado para estimar la contribución relativa de hipertrofia celular y aumento en el número de células, o hiperplasia hacia una hipertrofia renal compensatoria. En animales adultos uninefrectomizados esa estimación sugiere un incremento en el número de células entre el 10% y 25%. Las actividades de la mayoría de las enzimas renales aumentan en paralelo con el contenido de proteínas del riñón hipertrofiado, por ejemplo, al

aumentar la actividad del Na^+ , K^+ATPasa es presumiblemente requerida para aumentar la secreción de K^+ en los túbulos colectores remanentes. De manera similar un aumento en la actividad específica de las enzimas requeridas para la síntesis de amonio postnefrectomía refleja presumiblemente un aumento de la síntesis de amonio por gramo de tejido renal, como la excreción de amonio por el riñón remanente debe ser el doble aunque el peso renal aumenta solo cerca del 50%.^(9,10)

La hipertrofia compensatoria se completa una semana después de la cirugía. Se ha encontrado un FPRE en el riñón remanente de 32.5% mas elevado en base al valor preoperatorio, el aumento permanece estable por lo menos un año después. El grado de hipertrofia compensatoria fue significativamente mayor en pacientes masculinos (46.9% después de una semana) que en femeninos (26.7%). Entre otros cambios compensatorios tempranos están el índice de filtración glomerular (FG) y el flujo sanguíneo renal (FPRE) que aumentan alrededor del 70% de su valor dentro de los primeros 7 días posteriores a la donación. La frase "work hypertrophy" ha sido empleada para sugerir que la hipertrofia renal representa una respuesta tubular por aumentar

la reabsorción de solutos, particularmente el sodio, asociado con un aumento en filtración glomerular. Se estima que el crecimiento tubular induce hiperfiltración que explica la asociación de hipertrofia renal e hiperfiltración, de acuerdo a esta hipótesis, experimentos en ratas sometidas a dieta rica en proteínas han mostrado que la hormona antidiurética (ADH) mediada por hipertrofia y aumento en la reabsorción de flujo en la rama ascendente medular del asa de Henle provoca un aumento secundario en la FG estimulando así la hipertrofia de nefrona proximal. Sin embargo la hipertrofia tubular seguida de una reducción del número de nefronas no se puede ser atribuida a hiperfiltración porque los cambios bioquímicos intracelulares de ácido desoxirribonucleico (DNA) y ácido ribonucleico (RNA) aparecen antes que cualquier aumento de la FG.⁽¹¹⁾

En humanos que nacieron con un solo riñón o en jóvenes con uninefrectomía sus valores de FG del riñón contralateral son casi igual a sujetos con dos riñones sanos, mientras que en adultos nefrectomizados la FG en el riñón remanente aumenta cerca del 50% por arriba de los niveles preoperatorios, de

manera que la FG es cerca del 75% de las cifras normales cuando la respuesta compensatoria es completa.⁽¹¹⁾

Numerosos estudios han examinado la función renal, el grado de proteinuria y la presencia de hipertensión arterial en donadores renales sin mostrar deterioro en la función renal, aunque han sido reportados casos aislados de falla renal postnefrectomía en seguimientos hasta por 20 años.⁽¹²⁾

Ogden y col ⁽¹³⁾ encontró que la respuesta funcional del riñón remanente disminuye con la edad del paciente después de la nefrectomía, mientras Flanigan⁽¹⁴⁾ no encontró relación con la edad del paciente.

Saran R y col. ⁽¹⁵⁾ en base a microalbuminuria encontraron una morbilidad de 1.8 a 3.0% en el seguimiento de 75 donadores (de 1.4 a 20.7 años postnefrectomía) concluyeron que la función de un solo riñón no es afectado por hiperfiltración compensatoria prolongada aunque aparecieron incrementos de microalbuminuria (>20 microgramos/min) en 36% de los sujetos estudiados y 14 de ellos también tuvieron hipertensión, la incidencia de hipertensión fue aumentando comparada con

edad/sexo de los pacientes, especialmente en aquellos mayores de 55 años de edad.

Fehrman y col. estudiaron 459 donadores vivos de 1964 a 1994, la sobrevida de donadores fue analizada usando el método de Kaplan-Meier; 41 sujetos que murieron entre 15 meses y 31 años postdonación, los patrones de mortalidad fueron similares a la población en general, la mayoría por enfermedad cardiovascular y malignidades. Después de 20 años de seguimiento, el 85% de los donadores estuvieron vivos mientras con una expectativa de sobrevida de 66%.

Calculándose una mejor sobrevida en el grupo donador de 29%. Una tercera parte de los donadores (46 a 91 años de edad) quienes donaron 20 años previos presentaron Hipertensión, hubo deterioro en la función renal de acuerdo al aumento de la edad, similar a lo observado en los sujetos sanos. El promedio de la velocidad de FG en donadores de 75 años de edad fue de 48 ml/min/1.73 m².⁽¹⁶⁾

ANATOMIA

El sistema urinario consiste de dos riñones, que son las estructuras retroperitoneales de mayor tamaño, tienen una longitud de 11 a 12 cm y están localizadas desde el nivel de la duodécima vértebra torácica hasta el nivel de la tercera vértebra lumbar los ureteres son una continuación de la pelvis renal y generalmente tienen una longitud de 28 a 34 cm., los cuáles desembocan en la vejiga y de ésta última se forma la uretra. La orina es formada por los riñones, almacenada en la vejiga, y finalmente descargada a través de la uretra. Morfológicamente cada riñón tiene una zona exterior llamada corteza, una interna llamada medula y una pelvis. La unidad funcional del riñón es la nefrona, la cual consiste de un glomérulo y túbulo renal. Existen 2.4 millones de nefronas en ambos riñones. El túbulo renal tiene 3 segmentos: el túbulo proximal, el asa de Henle, y el túbulo distal. El túbulo distal desemboca en el túbulo colector, el cuál se fusiona dentro de la pelvis renal.⁽¹⁷⁾

FISIOLOGÍA

La nefrona realiza tres funciones en la formación de la orina: filtración del plasma sanguíneo por el glomérulo, absorción selectiva por los túbulos de materiales requeridos por el cuerpo, y secreción de ciertos materiales por los túbulos para agregarse a la orina. El suplemento sanguíneo es mantenido por la arteria renal, y en adultos normales los riñones reciben cerca del 25% del gasto cardiaco, el volumen sanguíneo total pasa a través de los riñones en aproximadamente 3 a 5 minutos, el glomérulo filtra cerca de 180 litros de plasma por día, de los cuáles 2 litros aparecen como orina en una adulto normal. Las proteínas y los compuestos orgánicos no son filtrados, mientras el agua y los electrolitos son filtrados por el glomérulo dentro de los túbulos renales, donde cerca del 95% al 98% del filtrado es reabsorbido. Ciertos materiales no son filtrados por el glomérulo pero son secretados por túbulos renales. Los tres segmentos del túbulo renal realizan únicamente funciones coordinadas de absorción y secreción de materiales desde y dentro del filtrado en orden para el balance de concentración de electrolitos y el pH en la orina. Los riñones reciben el 25% del gasto cardiaco por medio

de las arterias renales, vasos gruesos y cortos para mantener la presión generada por el corazón. Este volumen de 1 200 ml/min. es la llamada fracción renal. Puede variar entre el 12% y 30% aun en condiciones fisiológicas. Las arterias renales se ramifican y forman las arterias arciformes o arcuatas que son las que llevan la sangre a las arteriolas aferentes así como de la red peritubular que se forma a la salida de la arteriola eferente. La sangre de estos vasos peritubulares y de los vasos rectos, forman las vénulas que confluyen para constituir las venas arciformes. Los esfínteres vasculares con receptores simpáticos modifican las presiones del sistema glomerular. La corteza renal recibe el 95% del flujo plasmático renal efectivo (FPRE) y la médula solamente el 5% restante. La función de la nefrona se divide en : filtrado glomerular (FG), secreción y reabsorción (o resorción) tubulares, en razón del sitio donde se efectúa el proceso en cuestión. El FG es el que resulta del paso de la sangre de la arteriola aferente por la barrera glomerular (término más fisiológico que anatómico). Esta barrera la forman las células endoteliales con sus orificios o fenestraciones de 160 Å de diámetro, dichos capilares poseen en términos generales una

permeabilidad de 100 a 1000 veces mayor que el resto de los capilares de la economía. La membrana basal donde descansan tienen una sustancia mucopolisacárida, muy permeable a partículas menores de 110 Å. Las células epiteliales presentan poros con orificio de 70 Å. Como consecuencia de lo anterior, las sustancias con peso molecular de 5000 tienen una permeabilidad de 1, mientras que las de 69000 tienen una permeabilidad de 0.005, siendo éste el caso de la albúmina. Por lo anterior, la sustancia cruza la barrera glomerular señalada y es un ultrafiltrado del plasma; es decir, no contiene los elementos sanguíneos celulares, macromoléculas, plaquetas, etc. Sus concentraciones de Na⁺, K⁺, glucosa, urea, creatinina, ácido úrico, aminoácidos son iguales a las plasmáticas. Tiene un 5% más de O₂ y otros iones electronegativos por el equilibrio de Donnan, considerando la carga de las proteínas (negativas) ausentes en este filtrado glomerular; este se produce a razón de 120 ml/min, y está en relación directa con la función glomerular, específicamente la filtración. Del gasto cardiaco destinado al riñón, 1200 ml/min. corresponden a flujo sanguíneo renal. El flujo plasmático renal es tan solo 50% por restar 50% del

Hematocrito (Hto); o sea 600 ml/min que constituyen el plasma. Así se tiene que la fracción de filtración es de aproximadamente el 25 % del FPRE renal, o sea 132 ml/min. En la práctica clínica el FG corresponde a la depuración de la creatinina.^(17,18)

RADIOFARMACOS

Actualmente, las técnicas de Medicina Nuclear representan la forma más confiable y segura de medición de la filtración glomerular (FG) y del flujo plasmático renal efectivo (FPRE) mediante métodos prácticos, económicos y siempre disponibles en cualquier laboratorio de Medicina Nuclear. Estas técnicas muestran un coeficiente de correlación de 0.99 y 0.98 respectivamente con los "estándares de oro" (Inulina para medir Filtración Glomerular y *p*-Aminohipurato para medir Flujo Plasmático Renal Efectivo) en la actualidad la FG la medimos con ^{99m}Tc-DTPA (ácido-dietilen-triamino-penta-acético) y para el FPRE ¹³¹I-OIH (¹³¹I-Ortoyodohipurato de sodio) y el ^{99m}Tc-MAG3 (Mercapto-acetil-triglicina) y carecen de los inconvenientes técnicos de recolección y procesamiento de orina. El único

Hematocrito (Hto); o sea 600 ml/min que constituyen el plasma. Así se tiene que la fracción de filtración es de aproximadamente el 25 % del FPRE renal, o sea 132 ml/min. En la práctica clínica el FG corresponde a la depuración de la creatinina.^(17,18)

RADIOFARMACOS

Actualmente, las técnicas de Medicina Nuclear representan la forma más confiable y segura de medición de la filtración glomerular (FG) y del flujo plasmático renal efectivo (FPRE) mediante métodos prácticos, económicos y siempre disponibles en cualquier laboratorio de Medicina Nuclear. Estas técnicas muestran un coeficiente de correlación de 0.99 y 0.98 respectivamente con los "estándares de oro" (Inulina para medir Filtración Glomerular y *p*-Aminohipurato para medir Flujo Plasmático Renal Efectivo) en la actualidad la FG la medimos con ^{99m}Tc-DTPA (ácido-dietilen-triamino-penta-acético) y para el FPRE ¹³¹I-OIH (¹³¹I-Ortoyodohipurato de sodio) y el ^{99m}Tc-MAG3 (Mercapto-acetil-triglicina) y carecen de los inconvenientes técnicos de recolección y procesamiento de orina. El único

requisito solicitado al paciente es un nivel de hidratación adecuado.⁽¹⁷⁻¹⁸⁾.

¹²³I ó ¹³¹I-Ortoiodohipurato (Hipuran). En 1960 Tubis y col. en un esfuerzo para desarrollar un análogo de ácido para-aminohipúrico (PAH) radiomarcado, se incorporó ¹²³I en la ortoposición de ácido hipúrico (¹²³I ácido orto-iodohipúrico, OIH,hipuran). El OIH es estructuralmente similar al PAH y contiene grupos funcionales que se consideran ser importantes para el transporte, activamente secretado por los riñones utilizando el mismo sistema de transporte activo como el PAH, aunque la depuración del plasma es 10% mas baja que para PAH y 10% a 30% menos extracción. ¹²³I como marcador de OIH tiene propiedades de imagen subóptima ya que emite fotones gamma de 364 keV resultando con una pobre resolución espacial, con una vida media ($t_{1/2}$) de 8.08 días la dosis de radiación renal es baja en pacientes con buena función renal pero aumenta con una excreción tardía. Es usado primordialmente en renograma para medir el (FPRE), en el cuál una curva generado por tiempo-actividad es determinada sobre cada riñón después de la administración intravenosa del

trazador; la extracción del primer paso de ^{123}I -Hipuran es cerca del 65% y es secretado primariamente por el túbulo (80%), con un remanente de 20% que es filtrado por el glomérulo. La depuración del plasma es rápida con una $t_{1/2}$ de 30 min. Se fija a proteínas en un 70%, la radioactividad en los riñones alcanza su pico máximo en 3 a 5 min. seguida de una disminución exponencial con una $t_{1/2}$ de 7 a 10 min, no se ve actividad en los riñones 24 hrs. postinyección, excreción fecal insignificante. Un renograma es simplemente una curva de actividad contra tiempo demostrando el paso del radiofármaco a través del riñón.^(19,20)

Aproximadamente 250 a 300 μCi (9.11-11.1 MBq) de ^{123}I -Hipuran o 400 a 500 μCi (es inyectado por vía endovenosa y la obtención e imágenes secuenciales son obtenidas inmediatamente y tardíamente usando una gammacámara equipada con colimador de alta energía y ambos riñones ocupando todo el campo visual. Las imágenes representan el flujo del trazador a través de los riñones, la información computada es usada para construir el renograma usando un área de interés en cada riñón. El renograma tiene 3 segmentos

el primer segmento representa la llegada del trazador (fase vascular) y termina en aproximadamente 30 segundos ; el segundo segmento representa la acumulación renal del trazador antes de que sea excretado ; y el tercer segmento indica la excreción del trazador en la orina. La segunda y tercer fases son muy importantes en el diagnóstico de enfermedad obstructiva de los riñones (figura 1). El valor en un adulto normal de FPRE es 600 ± 80 ml./min con dos riñones funcionantes. ^(19,20)

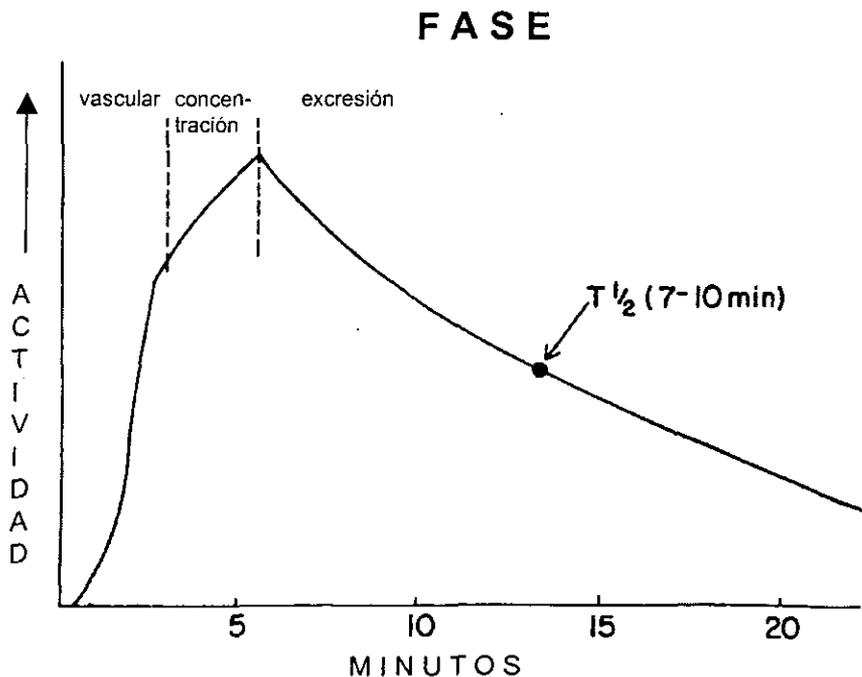


Figura 1.

^{99m}Tc-DTPA (ácido-dietilen-triamino-penta-acético) es un agente útil para imagen renal. La eficiencia de extracción de filtración glomerular en pacientes con función renal normal es de 20% la cuál resulta en una depuración o filtración glomerular de 120 ml/min. Un marcador ideal para medir FG es una substancia que es libremente filtrable al glomérulo, no secretado y no reabsorbido por las células tubulares renales. Idealmente un marcador para FG no debe tener ninguna actividad farmacológica o fijarse a proteínas, no debe experimentar ningún metabolismo, síntesis o almacenamiento en el riñón. El compuesto ideal y standard para medir la velocidad de filtración glomerular esta basado en la depuración de la INULINA, una variedad de almidón polisacárido, polímero de fructosa con un peso molecular de ~5000, no se fija a proteínas del plasma, tiene un diámetro de ~30Å y con facilidad pasa a través de la amembrana capilar glomerular. En suma, no es reabsorbido, secretado, sintetizado o metabolizado por los túbulos renales.

La principal limitación del uso de la Inulina es que no es un método rápido, simple ó analítico de rutina para determinar esta concentración en plasma y orina existente. La depuración de

^{99m}Tc -DTPA ha sido bien correlacionada con la Inulina, ya que no experimenta secreción tubular o reabsorción, es rápida y su vida media es de 70 min.. Su vida media biológica es de 1 a 2 hrs., la cantidad de excreción urinaria es de 90% en 24 hrs y del 5% al 10% de la dosis inyectada se fija a proteínas del plasma en una hora. Aproximadamente una dosis de 10 a 15 mCi (370 a 555 MBq) de ^{99m}Tc -DTPA es inyectada por vía endovenosa en forma de bolo y se adquieren imágenes secuenciales a intervalos de 2 a 4 segundos durante 30 a 40 segundos, éste estudio dinámico estudia el flujo renal proporcionando información a cerca de la perfusión sanguínea en cada riñón. Seguido de un programa secuencial con imágenes de 2 minutos cada una durante 20 a 25 min. para evaluar la FG, en una gammacámara y proyección posterior, obteniendo también un renograma de la misma forma que con el Hipuran. Una imagen estática a los 30 o 60 minutos de haber terminado la adquisición anterior para mostrar la estructura morfológica de los riñones.

Otra sustancia que ha sido usada para medir FG es la *Creatinina* como rutina en práctica clínica, pero no puede ser usada para determinar la función renal individual. ^(19,20)

En vista de que en nuestro Hospital se realiza un gran número de trasplantes renales y de que prácticamente no hay informes en la literatura nacional de la evolución funcional renal a largo plazo de los donadores con técnicas de dilución con radionúclidos (Medicina Nuclear), que determinan el estado funcional de un órgano, situación que proporciona al médico clínico un panorama más real sobre las medidas terapéuticas a utilizar y el pronóstico, el objetivo de nuestro trabajo será valorar la función renal posterior a una nefrectomía en pacientes donadores, con base a la cuantificación de FG y FPRE mediante técnicas de dilución con radionúclidos.

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

¿Cuál será la función renal depuradora postnefrectomía en los donadores renales, tomando como punto de referencia los valores prenefrectomía del Filtrado Glomerular (FG) y el Flujo Plasmático Renal Efectivo (FPRE) determinados con técnicas de radioinúclidos?

HIPOTESIS

En la población de pacientes donadores renales del Hospital de Especialidades CMN SXXI, la función renal depuradora será compensadora en base a la medición previa a la donación de filtración glomerular (FG) y flujo plasmático renal efectivo (FPRE) utilizando radionúclidos.

OBJETIVO

General.

Demostrar mediante la cuantificación de FG y FPRE con radioinúclidos los cambios que ocurren en la función renal depuradora en la población de donadores del Hospital de Especialidades CMN SXXI respecto a las determinaciones previas a la donación.

Específico.

Demostrar que no existe deterioro en la función renal depuradora en pacientes del Hospital de Especialidades CMN SXXI medida con radioisótopos, clasificados de acuerdo al tiempo de nefrectomía.

MATERIAL, PACIENTES Y METODOS

Diseño del Estudio.

Se trata de un estudio observacional, retrospectivo, longitudinal, comparativo.

Universo de trabajo.

Expedientes de los individuos donadores renales que fueron enviados al servicio de Medicina Nuclear, en el período comprendido de enero de 1999 a octubre del 2000 postnefrectomía y resultados de FPRE y FG obtenidos en dichos pacientes con técnicas de Medicina Nuclear en ese período.

Variables para registrar.

a) Independiente

Tiempo de evolución postnefrectomía. Se tomará como el tiempo transcurrido desde el evento quirúrgico "nefrectomía unilateral" en 3 Grupos. Para el grupo I de 1 mes a 12 meses, grupo II de 1.5 años a 5 años, grupo III de 6 años a 13 años.

b) Dependiente

Función renal depuradora (FG y FPRE) postnefrectomía.

La filtración glomerular "FG" es la capacidad de los capilares glomerulares de la nefrona de filtrar un líquido hacia los túbulos renales, y se expresará en ml/min. Según pasa este filtrado glomerular por los túbulos, su volumen es reducido y su composición alterada por los procesos de la resorción tubular (remoción de agua y solutos del líquido tubular) y de la secreción tubular "FPRE" (secreción de solutos hacia el líquido tubular) para formar la orina, la cuál se expresará en ml/min. Se consideran variables cuantitativas con escala de medición de razón.

c) Confusión

Género (masculino y femenino) se diferencian por sus características fenotípicas.

Variable nominal, dicotómica.

Selección de la muestra

a) Tamaño de la muestra:

No probabilística, por casos consecutivos.

b) Criterios de selección:

- Criterios de inclusión.

Pacientes femeninos y masculinos.

Donadores renales mayores de 19 años de edad.

Sin distinción del tiempo de evolución en quienes se haya determinado FG. Y FPRE.

- Criterios de exclusión:

Que no contengan datos clínicos en la solicitud.

PROCEDIMIENTOS

El trabajo se realizó en el servicio de Medicina Nuclear del Hospital de Especialidades CMN Siglo XXI. Se seleccionaron todas las hojas de envío de los pacientes derivados del servicio de Trasplantes al servicio de Medicina Nuclear para centelleografía renal con diagnóstico de donador renal en el periodo comprendido de Enero de 1999 a Octubre del 2000. Con un total de 110 pacientes donadores, de los cuales fueron 56 hombres y 54 mujeres con un promedio de edad de 37 años (rango de 19 a 60 años) y un tiempo de nefrectomía de 1 mes a 13 años, mismos que se agruparon por tiempo de nefrectomía. Posteriormente se recabaron los resultados del FPRE y FG de la libreta de control de estudios de centelleografía renales. Después el investigador principal revisó los expedientes del archivo general del Hospital para obtener los datos de FG ($^{99m}\text{Tc-DTPA}$) y FPRE ($\text{I}^{131}\text{-HIPURAN}$) previos a la nefrectomía de todos los pacientes por evaluar, así como los datos clínicos de la evolución de los pacientes a los que previamente se les había sometido a un estudio protocolizado o de rutina de la

función renal; media hora antes del estudio recibieron una hidratación consistente entre 11 a 15 ml. de agua por kg. de peso corporal. Se utilizó una cámara de centelleo marca Sopha con detector de campo amplio acoplado a un colimador de alta energía y alta resolución para adquisición de imágenes, al paciente se le colocó en decúbito dorsal y por vía endovenosa se aplicaron 15 mCi de ^{99m}Tc -DTPA y de 300 mCi de ^{131}I OIH en bolo, obteniendo dos grupos de imágenes. El grupo uno de 30 imágenes con tiempo de exposición de 2 segundos por un total de 60 segundos y 20 imágenes cada una de 60 segundos por un total de 20 minutos. Se obtuvieron muestras sanguíneas a los 44, 120 y 180 minutos después de suministrado el bolo radioactivo. Las muestras sanguíneas se centrifugaron por 10 minutos, tomando alícuota de 2 ml. por cada muestra. Los alícuotas de suero, así como un alícuota de solución estandar fueron cunatificadas en un contador de pozo gamma. El cálculo de FPRE realizó por método de Tauxe⁽²⁰⁾ y el de FG en el modelo basado en la doble muestra^(21,22)., en el período comprendido entre Enero de 1999 a Octubre del 2000. Se

recolectaron los datos generales de los pacientes y tiempo postnefrectomía.

ANALISIS ESTADISTICO

Los resultados se expresan en \bar{X} , Los resultados de FG y FPPE se sometieron a análisis de desviación estándar.

Las variables nominales se expresan en porcentajes, las variables cuantitativas se expresan en \bar{X} y desviación estándar.

CONSIDERACIONES ETICAS

Debido a que se trata de un estudio retrospectivo, no implica riesgo para los pacientes, no se incluyó carta de consentimiento informado.

RESULTADOS

De los 110 pacientes sometidos a ablación renal (donadores) en el Hospital de Especialidades del CMN SXXI, enviados al servicio de Medicina Nuclear para su evaluación en el periodo comprendido de Enero de 1999 a Octubre del 2000, 56 fueron del sexo masculino y 54 del sexo femenino con un promedio de edad de 37 años y un rango de 19 a 60. Se agruparon por tiempo de nefrectomía en 3 grupos (tabla 1).

Al evaluar el comportamiento funcional compensatorio del riñón único, comparándolo con los valores globales previos a la ablación observamos el grado de compensación expresado en porcentaje (tabla 2 y figuras 2 a 7). Que muestra hasta un 74% de la función global, con un solo riñón.

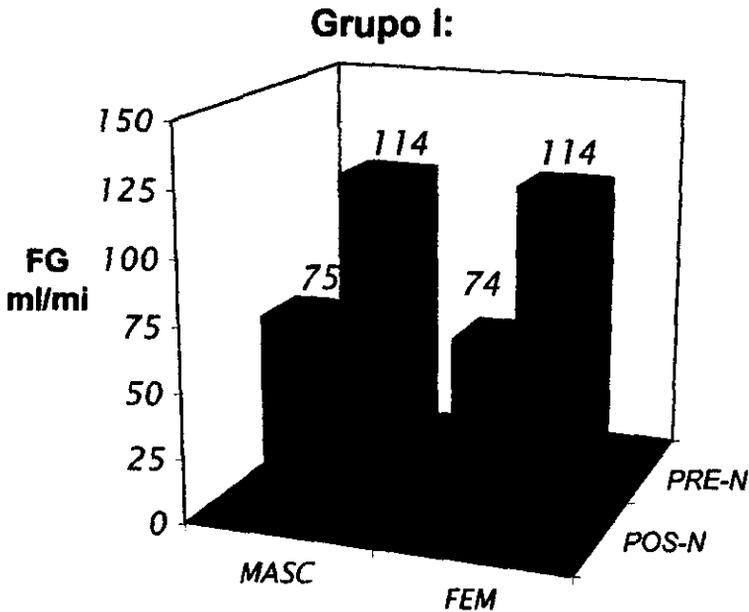
Los rangos normales para FG son de 125 ml/min y para FPRE 600 ± 80 ml./min con dos riñones funcionantes.

	Grupo I	Grupo II	Grupo III
Tiempo de nefrectomía	1 a 12 meses	1.5 a 5 años	6 a 13 años
Masculinos	23	21	12
Femeninos	12	29	13
n=	35	50	25

	F G		F P R E	
	Masculino	Femenino	Masculino	Femenino
GRUPO I	75 ml/min. (65%)	74 ml/min. (65%)	411 ml/min. (69%)	357 ml/min. (59%)
GRUPO II	79 ml/min. (71%)	78 ml/min. (69%)	403 ml/min. (68%)	386 ml/min. (66%)
GRUPO III	84 ml/min. (74%)	75 ml/min. (65%)	418 ml/min. (69%)	409 ml/min. (69%)

Tabla 2

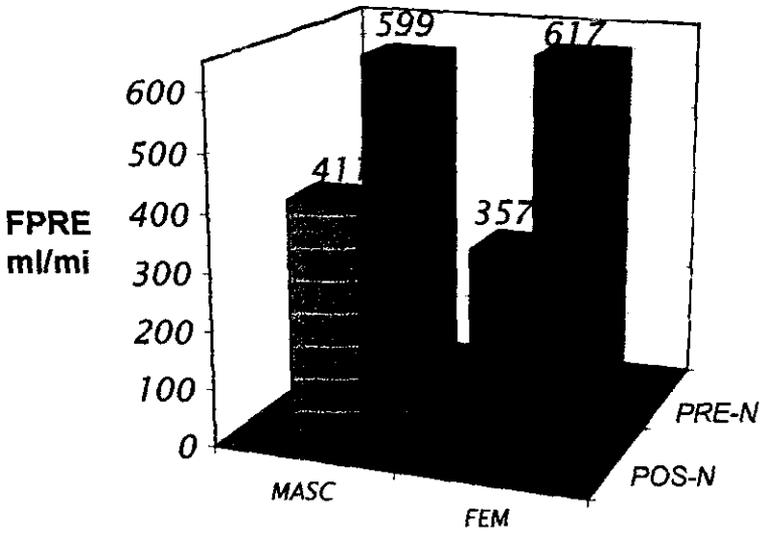
Los porcentajes entre paréntesis representan la compensación funcional depuradora del riñón remanente en comparación al estudio basal.



Tiempo de nefrectomía

Figura 2.

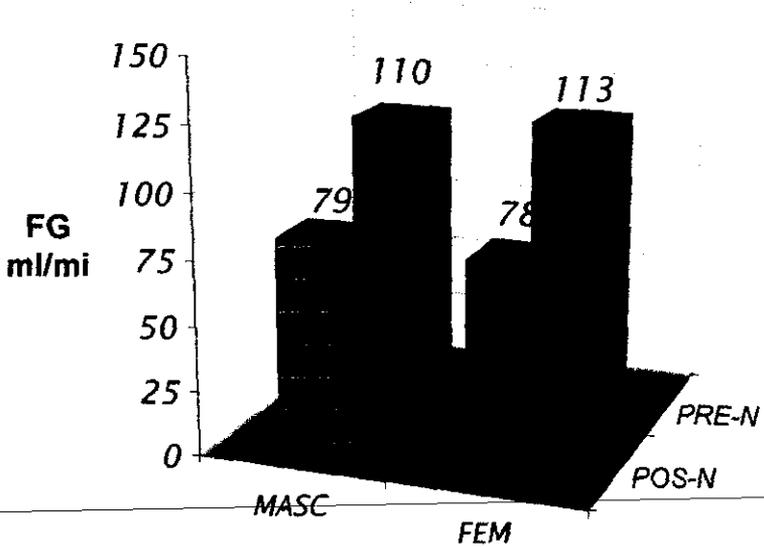
Grupo I:



Tiempo de nefrectomía

Figura 3.

Grupo II:



Tiempo de nefrectomía

Figura 4.

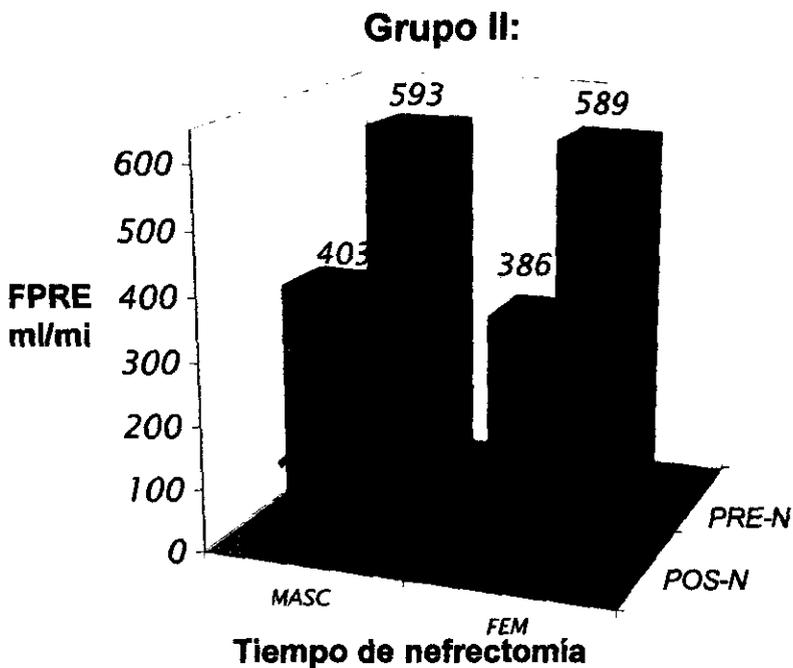


Figura 5.

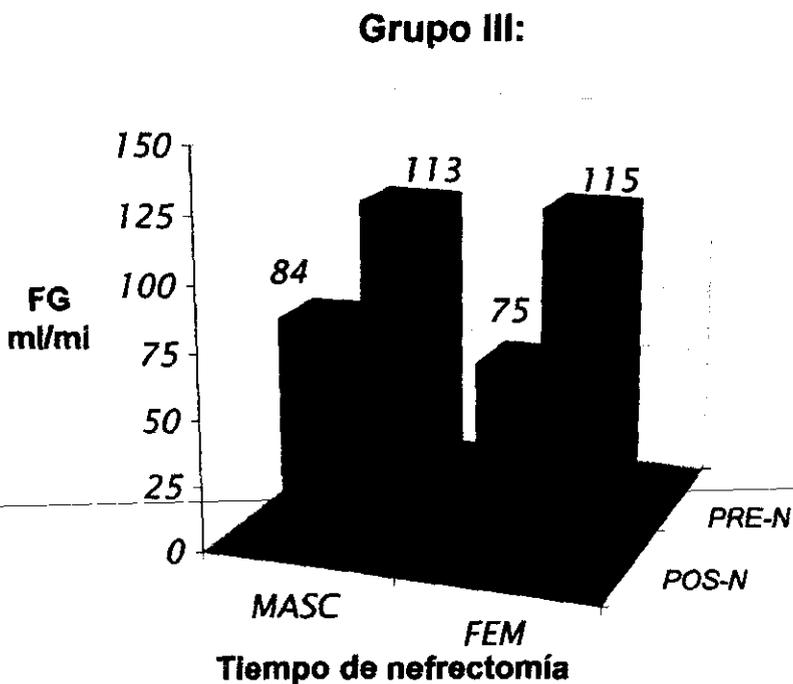


Figura 6.

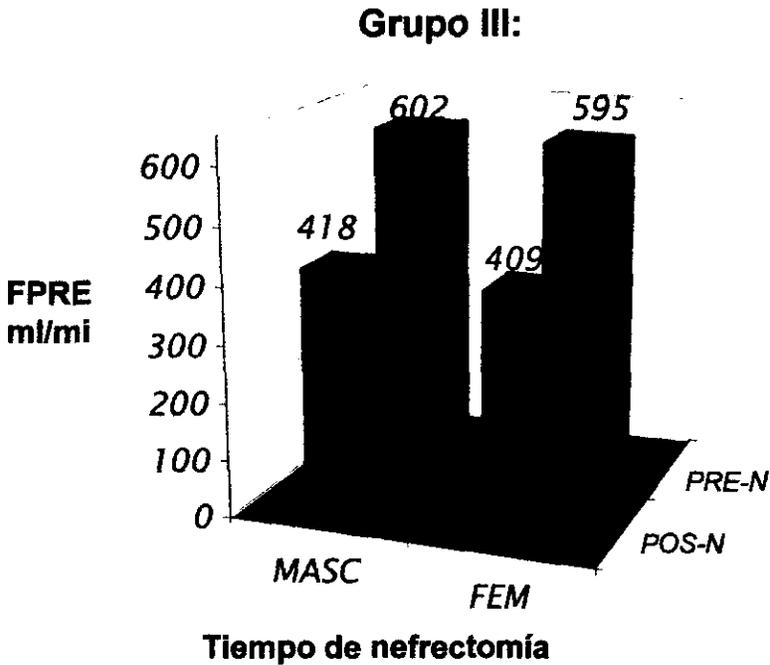


Figura 7.

Teniendo como punto de comparación los valores obtenidos de FPRE postnefrectomía en cada uno de los pacientes estudiados y los valores de creatinina sérica en el momento de la centelleografía encontramos una asociación que representa un grado de compensación o vicariante, encontrando que la mayor concentración de la población estudiada presenta valores de creatinina de 0.8 a 1.4, tal como se observa en la figura 8.

Gammagráficamente al evaluar la curva renográfica generada por tiempo-actividad de estudios basales (prenefrectomía) comparándola con estudios postnefrectomía, podemos observar

que el tiempo de máxima actividad, tiempo medio de tránsito y eliminación del radiotrazador, presentan el mismo comportamiento. (Figuras 9 a 12).

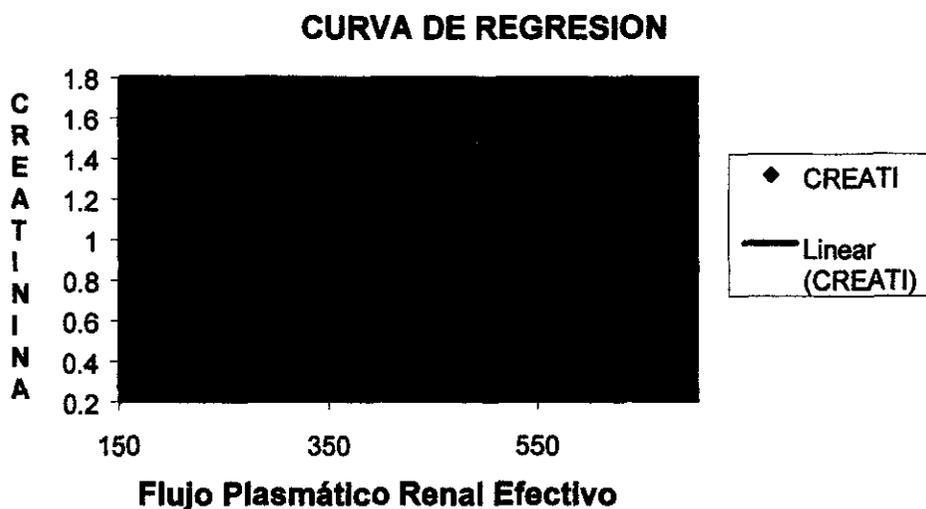
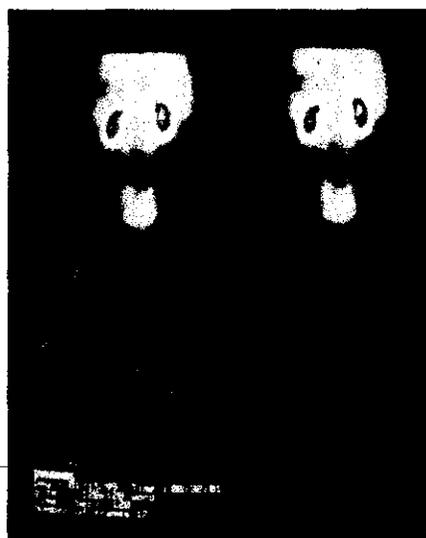
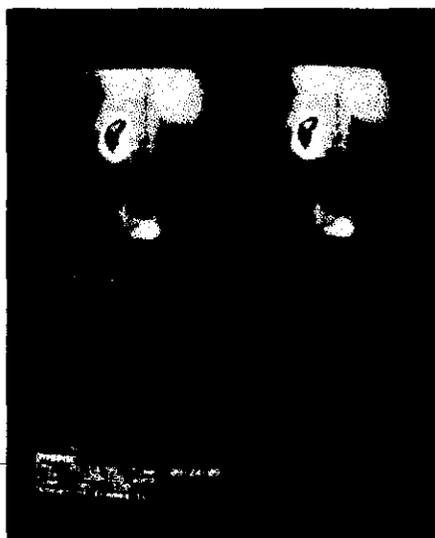


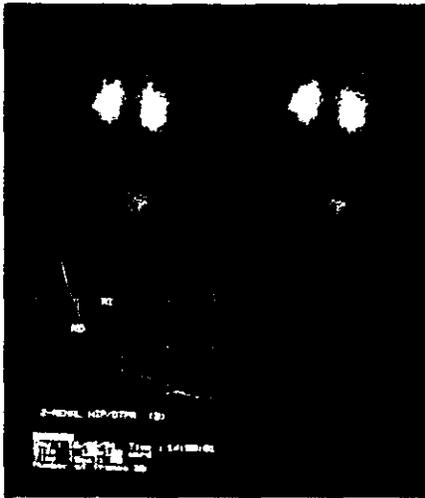
Figura 8.



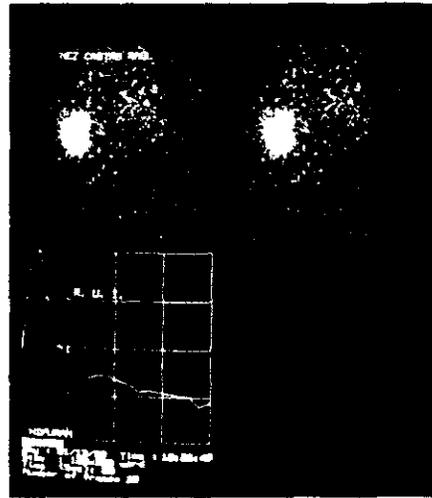
**FG Pre-nefrectomía
Figura 9.**



**FG Post-nefrectomía
Figura 10.**



**FPRE Pre-nefrectomía
Figura 11.**



**FPRE Post-nefrectomía
Figura 12.**

Los valores se reunieron en media aritmética y desviación estandar para FG y FPRE, cada una contra tiempo de nefrectomía clasificados en grupos, los cuáles arrojaron los siguientes resultados:

GRUPO 1 (0 a 1 año)

	N	Mínimo	Máximo	Media	Desv. típ.
FILTRACION GLOMERULAR	35	40.0	102.0	74.534	14.43C
FLUJO PLASMÁTICO RENAL EFECTIVO	35	260.0	689.0	394.057	89.91E
N válido (según lista)	35				

GRUPO 2 (2 a 5 años)

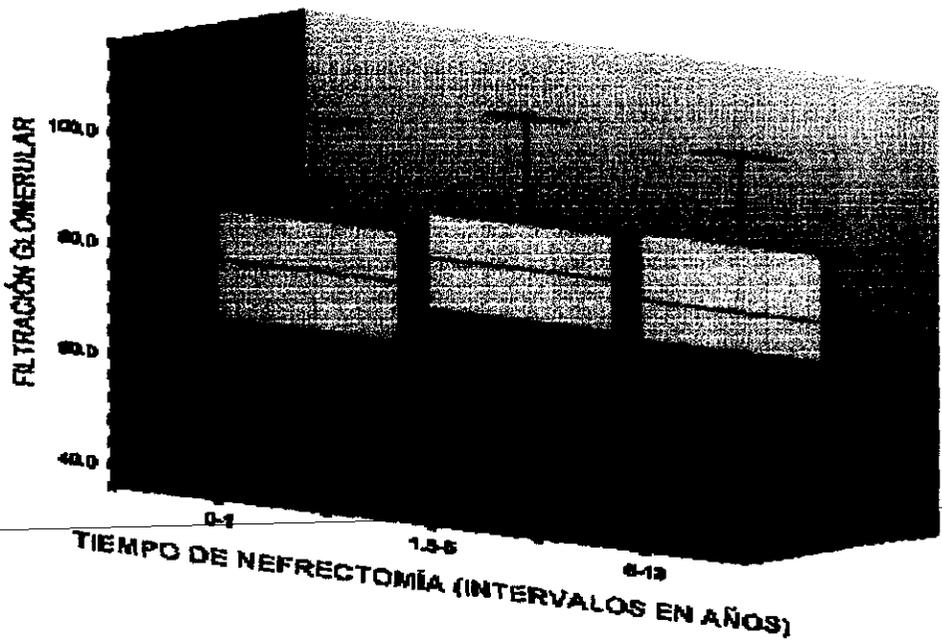
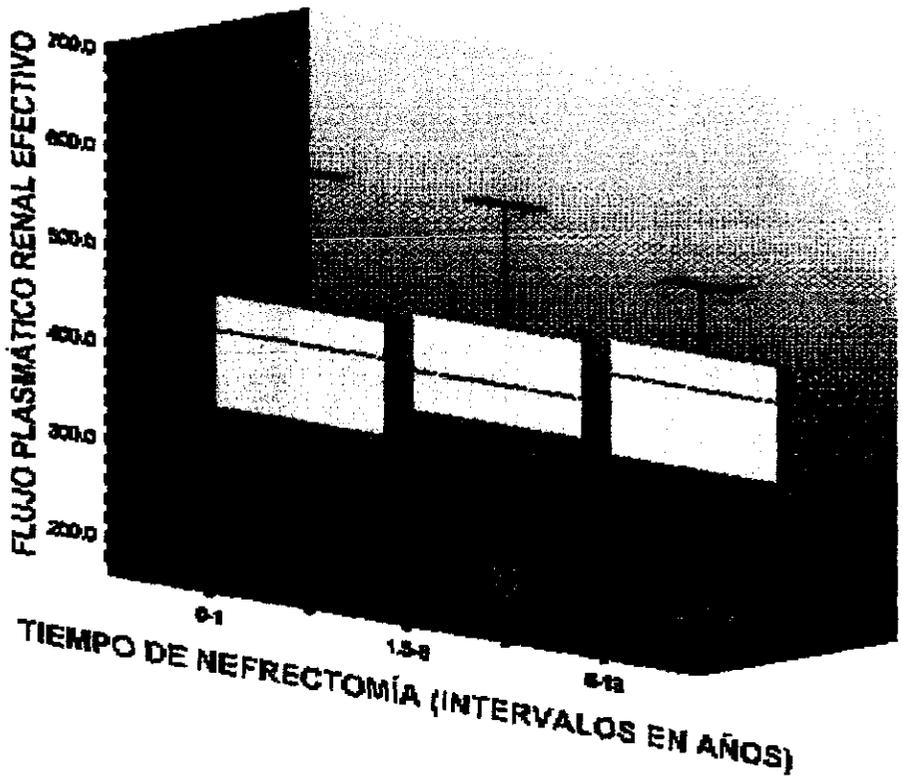
Estadísticos descriptivos

	N	Mínimo	Máximo	Media	Desv. típ.
FILTRACION GLOMERULAR	50	39.0	114.0	78.753	15.032
FLUJO PLASMÁTICO RENAL EFECTIVO	50	182.0	576.0	393.306	78.157
N válido (según lista)	50				

GRUPO 3 (6 a 13 años)

Estadísticos descriptivos

	N	Mínimo	Máximo	Media	Desv. típ.
FILTRACION GLOMERULAR	25	54.6	105.0	79.704	13.882
FLUJO PLASMÁTICO RENAL EFECTIVO	25	289.0	527.0	413.640	70.764
N válido (según lista)	25				



DISCUSIÓN

De los 110 casos estudiados encontramos un promedio de edad de 37 años, grupo de población adulto joven y económicamente activo. El sexo conserva una relación de 1.1 : 1

El término de depuración se utilizó por primera vez en 1929 y se define como el volumen de plasma necesario para proporcionar la cantidad de ésa substancia en la orina por unidad de tiempo. Las consideraciones técnicas y la experiencia experimental indican que la técnica de infusión continua, es el método mas exacto para medir la depuración renal de cualquier substancia; tradicionalmente se utilizan como "estándares de oro" a la Inulina y al paraminohipurato para estimar los valores correspondientes a la FG y al FPRE respectivamente. A diferencia que en nuestro medio, la centelleografía renal posee la gran ventaja de que el índice de extracción de del radiofármaco por el riñón (depuración de un compuesto) varía de 0 (sin extracción) a un valor máximo de 100% (extracción completa) ⁽¹⁹⁾ y los radiofármacos mas utilizados actualmente por su disponibilidad, bajo costo y dosis de radiación mínima al

paciente son: para la estimación de la FG el 125 I-Yodotalamato y el 99m Tc, y para el FPRE el 131 I-Ortoyodohipurato y el 99m Tc-MAG3 (Mercaptoacetiltriglicina).

El riñón como cualquier otro órgano maneja una función de reserva, Steckler y col.⁽⁸⁾ la explican por cambios en la velocidad de FG que llevan a una hiperfiltración. Esta reserva representa la capacidad del riñón para aumentar los niveles de función en respuesta del estímulo determinado. La velocidad de filtración glomerular máxima o límite superior de la reserva de función renal está correlacionado con el número de nefronas intactas, la disminución de la capacidad de reserva indica que todas las nefronas disponibles están funcionando al máximo.⁽⁸⁾

Rodriguez⁽²¹⁾ estudió a tres grupos de pacientes; el primer grupo con 25 pacientes donadores renales, nefrectomizados de 1 a 11 años antes del estudio.

El segundo grupo de 35 pacientes que cursó con glomérulonefritis postestreptococcica; y un tercer grupo con 44 pacientes control, sometidos todos a una carga proteica de 100 a 150 gr para valorar la velocidad de filtración glomerular. Encontrando al final del estudio que la respuesta fue

disminuyendo en donadores renales y pacientes con nefritis postaguda, concluyendo que éstos grupos tenían disminuída la capacidad de reserva renal a diferencia de las diferencias de la hipertrofia compensatoria entre hombres y mujeres a corto y largo plazo (a la semana y un año postquirúrgicos), Anderson y col.⁽⁷⁾ encontraron que el grupo mayor de 50 años de edad tenían menos hipertrofia compensatoria a una semana (33.3 Vs. 40.8% y a un año (24.3 Vs. 36.4%) pero esas diferencias no fueron significativas. El promedio de FPRE prequirúrgico en donadores menores de 30 años de edad fue de 313.9 ml/min comparado con 248.9 ml/min en los que tenían mas de 50 años de edad. Los pacientes jóvenes tuvieron incremento de FPRE de 36.4% a 1 año postnephrectomía y el de mayor edad de 34.3%, la hipertrofia compensatoria se evaluó desde una semana a menos de 10 años, el promedio prequirúrgico de FPRE para un riñón fue de 267.8 ml/min, una semana postnephrectomía = 387.7 ml/min y después de 10 años 367.4 ml/min. Encontrando en nuestros resultados una manera semejante del comportamiento de hipertrofia renal evaluada con FPRE en la población estudiada.

El presente estudio confirma reportes de otros autores^(16,23) ya que la nefrectomía del donador vivo sano puede ser un procedimiento seguro con un bajo o nulo índice de complicaciones. Lo cuál pudiera estar fuertemente influido por la selección del candidato previo a la nefrectomía en nuestro Hospital ya que el protocolo a partir de los requisitos demostrados por otros autores, también incluye reunir los siguientes requisitos:

LABORATORIO: Hemoglobina, hematocrito, leucocitos, plaquetas, tiempo de plastina, tiempo de tromboplastina, creatinina, glucosa, colesterol, ácido úrico, exámen general de orina y albúmina en orina de 24 hrs.

CULTIVOS: Orina, BAAR en orina y expectoración.

SEROLOGIA: VDRL, hepatitis, HIV y citomegalovirus.

GABINETE: Rx Torax, electrocardiograma, ultrasonido renal, urografía excretora, arteriografía y centelleografía renal (FPRE y FG para cada riñón).

INTERCONSULTAS: Urología, psiquiatría y cardiología.

CONCLUSIONES

En la población estudiada no existe deterioro significativo de la función depuradora postnefrectomía hasta 13 años después, no existiendo tampoco diferencias significativas por grupos sexogénéricos.

La compensación de la función renal depuradora para el riñón remanente alcanza de un 65% a un 74% para FG y de 59% a un 74% de la función renal depuradora global previa a la ablación.

Donar un riñón no parece constituir ningún riesgo a largo plazo y la sobrevida en los donadores es probablemente debido al hecho de que solamente personas vivas sanas son aceptadas para la donación renal.

Un deterioro de la función renal depuradora en pacientes donadores renales pudiera ser mas teórico que real por lo que podemos proponer un seguimiento a mayor plazo y evaluar el riesgo-beneficio.

REFERENCIAS

1. Mathé CP. Kindney surgery. In: History of Urology. Lewis. Baltimore Williams & Williams 1993(I):279-304,.
2. Merril J P, Murray J E, Harrison. Successful homotransplantation of the human kidney between identical twins. JAMA 1956;160: 277.
3. End Stage Renal Disease Program Highlights, Healt Care Financing Administration, 1998.
4. Melchor JL, Gracida C, López A: Kidney transplantation with living donors:Better long-term survival. Transpalnt Proc 1999; 31:2294-2295.
5. Miller IJ, Riggio RR et al: Impact of renal donation:Long-term clinical and biochemical follow-up of living donors in a single center. Am J Med 1985; 79:201.
6. Melchor JL, Gracida C and López A: Living donors in kidney transplantation: five-year follow-up. Transplant Proc 1998; 30:2869-2879.

7. Anderson R, Bueschen A and Dubovsky: Short-term and long-term changes in renal function after donor nephrectomy. J Urol 1991; 145:11-13.
 8. Steckler R, Riehle R and Darracot E: Hiperfiltration-induced renal injury in normal man:myth or reality. J Urol 1990; 144:1323-1327.
 9. Ringdén O, Friman L, Lundgren G and Magnusson G: Living related kidney donors: complications and long-term renal function. Transplantation 1978; 25(4):221-223.
 10. International Society of Nephrology :The biology of renal hypertrophy. Kidney Int 1986; 29:619-634.
 11. Brenner B: The Kidney. WB Sanders Company 1991(II):1876-2366.
 12. Najarian JS, Chavers BM et al: 20 years or more of follow-up of living kidney donors. Lancet 1992; 340:807-810.
 13. Ogden DA: Consequences of renal donation in man. Amer J Kidney Dis 1983; 2:501.
-

14. Flanigan WJ, Burns RO et al: Serial studies of glomerular filtration rate and renal plasma flow in kidney transplant donors, identical twins, and allograft recipients. *Amer J Sur* 1968; 116:788.
15. Saran R, Marshall SM, Madsen R: Long-term follow up of kidney donors: a longitudinal study. *Nephrol Dial Transplant* 1997; 12(8):1615-1621.
16. Fehrman-Ekholm I et al: Kidney donors live longer. *Transplantation* 1997; 64(7):976-978.
17. Díaz de León PM: *Nefrología*. Limusa, México 1983:41-54.
18. Gopal B: *Fundamentals of Nuclear Pharmacy*. Third Edition. Springer-Verlag 1992:261-270.
19. Henkin RE. *Nuclear Medicine*. Mosby, St Louis Missouri, 1996 (II):1055-1081.
20. Tauxe WN, Dubovsky EV: New formulas for the calculation of effective renal plasma flow. *Eur J Nuc Med* 1982; 7:51-55.
21. Nordyke RA, Tubis MS et al: Use of radioiodinated hippuran for individual kidney function tests. *J Lab & Clin Med* 1960; 53(3): 438-445.

22. Taplin GV, Meredith OM et al: The radioisotope renogram. J Lab & Clin Med 1956; 48(6):886-901.
23. Borchhardt KA, Yilmaz N et al: Renal function and glomerular permselectivity late after living related donor transplantation. Transplantation 1996;62(1):47-51.

GLOSARIO

Ci: "Curie" es la unidad mas alta de radiactividad, expresada en dps (desintegración del núcleo por segundo).
Equivale a 3.7×10^{10} dps.

mCi: Equivale a: 3.7×10^7 dps.

μ Ci. Equivale a 3.7×10^4 dps

Bq: "Becquerel"

Equivale a 1 dps (una desintegración por segundo)
asi que $1 \text{ Ci} = 3.7 \times 10^{10} \text{ Bq}$.

Recientemente el sistema internacional de medidas ha aceptado el uso de ésta unidad de radiactividad.