

112412



UNIVERSIDAD NACIONAL  
AUTONOMA DE MEXICO



7



INSTITUTO NACIONAL DE CIENCIAS MEDICAS  
Y DE NUTRICION, SALVADOR ZUBIRAN

INCMMNSZ

Utilidad de la angiorresonancia y uxorresonancia magnéticas con gadolinio en la valoración prequirúrgica de los sujetos sanos donadores renales: comparación con la angiografía de sustracción digital y urografía excretora.

Tesis que para obtener el título de:  
Especialidad en Radiología e Imagen

Presenta:

**TATIANA CABRERA ALEKSANDROVA**

Asesor de tesis: Dr. Horacio Lozano Zalce



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.

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA  
DE MÉXICO

---

INSTITUTO NACIONAL DE CIENCIAS MÉDICAS Y DE NUTRICIÓN,  
SALVADOR ZUBIRÁN

---

Utilidad de la angiorresonancia y uorresonancia  
magnéticas con gadolinio en la valoración prequirúrgica de  
los sujetos sanos donadores renales: comparación con la  
angiografía de sustracción digital y urografía excretora.

---

Tesis que para obtener el título de Especialidad en Radiología e Imagen  
Presenta

TATIANA CABRERA ALEKSANDROVA

Asesor de tesis: Dr. Horacio Lozano Zalce.

MÉXICO, D.F.

2000.

ASESOR DE TESIS:

Dr. Horacio Lozano Zalce



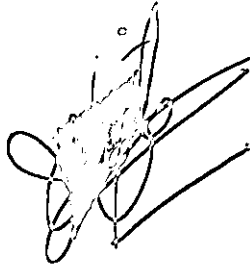
COTUTORES

Dr. Jorge Vázquez Lamadrid  
Dra. Josefina Alberú Gómez  
T.R. Fernando Iturbe Ocampo



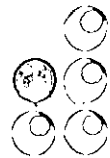
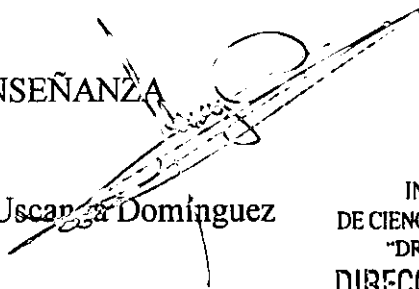
PROFESOR DE CURSO:

Dr. Joel Ceballos Ceballos



SUBDIRECTOR DE ENSEÑANZA

Dr. Luis Federico Uscaza Domínguez



INCMNSZ  
INSTITUTO NACIONAL  
DE CIENCIAS MEDICAS Y NUTRICION  
"DR. SALVADOR ZUBIRAN"  
DIRECCION DE ENSEÑANZA  
México, D.F.

## INDICE

I. INTRODUCCIÓN	... ..6
Evaluación del donador	... ..10
Métodos alternos para la valoración angiográfica de los riñones de donadores	... ..16
Angiografía por tomografía axial computarizada	... ..17
Angiorresonancia con uorresonancia	... ..19
Medios de contraste para resonancia magnética	... ..21
II. JUSTIFICACIÓN	... ..24
III. OBJETIVOS	... ..27
IV. MATERIAL Y METODOS	
Ultrasonido renal	... ..28
Angiografía con sustracción digital	... ..29
Urografía Excretora	... ..30
Imágenes de resonancia magnética	... ..30
Análisis estadístico	... ..32
V. RESULTADOS	... ..33
VI. CONCLUSIONES	... ..37
VII. DISCUSIÓN	... ..41
Ventajas de las imágenes de resonancia magnética...	... ..42
Consideraciones técnicas	... ..46
Desventajas de la resonancia magnética	... ..48
Consideraciones futuras	... ..49
VIII. APENDICES	
Apéndice 1: Técnica de resonancia magnética	... ..51
Apéndice 2: Algunos aspectos sobre las leyes que rigen la donación de órganos de sujetos vivos	... ..57
IX. BIBLIOGRAFÍA	... ..61

## DEDICATORIA

...a Juan Manuel, como le dedico toda mi vida

...a mis padres, Enrique y Svieta, por su cariño, apoyo y fortaleza

... a mi hermano Enrique, Marigen y Enrique hijo

... a Josefina y a Lilí para quienes queda chica esta dedicatoria

... a Pepe y Edna

Agradezco sinceramente el apoyo de mis profesores y mis compañeros durante estos años de residencia.

Con especial cariño a la Dra. Paulina Bezaury, al Dr. Jorge Vázquez, al Dr. Horacio Lozano, a la Dra. Josefina Alberú, al Dr. Luis Uscanga y al Dr. Juan Rull por su invaluable apoyo, sus enseñanzas y su ejemplo.

A los laboratorios de Schering por la donación del material de contraste para la realización de este estudio.

Primero llevaron el imán. Un gitano corpulento, de barba montaraz y manos de gorrión, que se presentó con el nombre de Melquíades, hizo una truculenta demostración pública de lo que él mismo llamaba la octava maravilla de los sabios alquimistas de Macedonia, “las cosas tienen vida propia, todo es cuestión de despertarles el ánimo”.

100 años de soledad.

## INTRODUCCION

El trasplante renal es en la actualidad la mejor alternativa de tratamiento para muchos pacientes que padecen insuficiencia renal terminal, además de ser la única opción con fines curativos y que les brinda una mayor sobrevida. Por ello la necesidad de donación de órganos se ha incrementado importantemente en todo el mundo. Tan sólo en México, de acuerdo con los reportes del CONATRA en noviembre del año 2000, se calcula que una demanda que rebasa los 10 mil trasplantes al año; desgraciadamente sigue siendo un programa difícil de mantener debido a condiciones sociales y económicas.

En nuestro país se han realizado desde 1964 más de 8000 trasplantes renales, los cuales se han llevado a cabo en su mayoría, gracias a la donación de órganos de personas sanas. Según los datos reportados por Santiago-Delpín (1) los países latinoamericanos que realizan mayor número de trasplantes renales son Brasil y México y la proporción de donaciones de sujetos sanos es considerablemente mayor que aquella de donaciones de cadáver, como se muestra en la Tabla 1.



Transplante Renal en Latinoamérica, 1970 - 1997

País	1973		1997		Total desde su inicio
	D.C.	D.V.	D.C.	D.V.	
Argentina	370	147	325	127	4510
Bolivia*					101
Brazil	848	831	833	771	20314
Chile	183	49	163	33	2385
Colombia	81	134	175	151	2824
Costa Rica	5	48	6	70	1040
Cuba	104	23	68	10	2493
Dominican Rep.	0	13	0	20	117
Ecuador	6	23	0	36	263
El Salvador	0	33	0	30	112
Guatemala*					51
Honduras	0	7	0	9	26
México	235	779	192	783	7925
Panamá	0	25	0	14	63
Paraguay	4	16	2	16	115
Perú	102	84	81	63	1031
Puerto Rico	7	18	15	26	610
Uruguay	40	11	26	6	410
Venezuela	28	41	31	57	1693
TOTAL	2011	2220	2053	2220	46597

\* sin información para 1973 y 1997

Tabla 1: Adaptada de: E.A. Santiago-Delpín y V.D. García; Transplantation Proceedings, 1999, 31:214-5.

Algunos países mantienen un programa muy desarrollado de donación cadavérica y en consecuencia la gran mayoría de sus procedimientos se realiza por medio de donación cadavérica; por ejemplo, en Gran Bretaña sólo el 10% los trasplantes son de donadores vivos, 30% en los Estados Unidos y 45% en Noruega. Sin embargo estos países se encuentran ahora con el problema de que la demanda rebasa importantemente al número de donaciones y se está intentado por ello dar mayor impulso a la adquisición de

órganos de donadores vivos (2). En contraste, en México la mayoría de los trasplantes renales se realizan con órganos donados por sujetos sanos; en el Instituto Nacional de Ciencias Médicas y Nutrición, Salvador Zubirán (INCMNSZ) donde se llevan a cabo un importante número de trasplantes renales por año, se realizó una revisión de todos los trasplantes llevados a cabo en los últimos 15 años y se encontró que el 76% fueron de donadores vivos.

Las condiciones que favorecen a la donación de órganos de pacientes vivos son en primer lugar la falta de accesibilidad a órganos cadavéricos, la mejor calidad del injerto secundario a menor tiempo de isquemia y los resultados cada vez mejores de los trasplantes con injerto de donador vivo en comparación con aquellos de donación cadavérica.

Se ha demostrado que esta forma de donación, sobretodo con órganos de donadores relacionados genéticamente al receptor, tiene mejor pronóstico en comparación con las donaciones de cadáver y la supervivencia se incrementa entre un 10 a un 15% (3). Los eventos de rechazo agudo y crónico son menores, se reduce el tiempo de diálisis y se reduce la nefrotoxicidad por ciclosporina.

En cuanto a los donadores de riñón, son pocos los estudios de seguimiento, sin embargo algunas series extensas, como la de Estocolmo, comparan la sobrevida de las personas sanas, contra la sobrevida de las personas que han donado un riñón, que tengan edades semejantes, y no se encontraron diferencias; la causa de muerte en los donadores renales no estaba relacionada al trasplante y se debieron a enfermedades cardiovasculares, cáncer, alcoholismo entre otras (4,5,6). La posibilidad de muerte postoperatoria de nefrectomía de donadores se ha visto que es menor de 0.1% a consecuencia de tromboembolia pulmonar, sepsis, hepatitis o infarto al miocardio. Pueden existir complicaciones menores con relación a la herida quirúrgica y cerca de un 22% se queja de dolor en la misma años más tarde del trasplante. En cuanto a las complicaciones crónicas se ha encontrado microproteinuria en cerca del 30% de los donadores después de 10 a 15 años, que sin embargo no se asocia a elevación de creatinina o azoados. Además, el riesgo de hipertensión arterial es el mismo que en la población general (4).

Aunque algunos centros de trasplante en Europa y Estados Unidos consideran aún que el trasplante de donadores vivos es “éticamente inaceptable” (42), esta forma de donación ha adquirido mayor relevancia en los últimos años a nivel mundial ya

que se ha visto que tiene mayor éxito y con mejor sobrevida del receptor. Otras ventajas que favorecen la elección de riñones de donadores vivos son la menor susceptibilidad a la nefrotoxicidad por ciclosporina, la fecha de donación puede ser programada con anticipación y de acuerdo a las necesidades tanto del receptor como del donador y, por lo mismo, reduce la necesidad de comenzar el uso de diálisis (45,46).

### **Evaluación del donador**

El candidato a donación renal es generalmente un familiar, el cónyuge o un donador altruista que debe ser sometido a múltiples pruebas antes de considerarlo capaz de donar un riñón. Se inicia con la historia clínica, examen físico y estudios de laboratorio rutinarios por medio de los cuales los centros de transplante deben asegurarse del adecuado estado físico y mental del donador así como del receptor y las implicaciones tanto médicas como sociales y familiares que pueda tener este procedimiento (41). El personal médico tiene la responsabilidad de informar ampliamente al donador en cuanto los efectos que puede tener la nefrectomía y sus posibles complicaciones a corto y largo plazo. También deben de

plantearse con claridad las condiciones legales a las que está sujeta la donación de un órgano y el derecho del donador de negarse en cualquier momento a la donación sin tener por ello implicaciones posteriores (42; apéndice 2).

Durante la evaluación final se requieren los estudios de imagen para determinar la morfología de los riñones, la vascularidad de éstos y los sistemas colectores (7) principalmente con el fin de evaluar el estado de ambos riñones; lo que garantiza al donador la integridad anatómica del riñón no transplantado y al receptor un injerto adecuado. Para los cirujanos de transplantes el conocer con detalle el número de vasos y las características del sistema colector del riñón en donación facilita el plan quirúrgico, se decide cuál de los dos riñones deberá someterse a nefrectomía y lo más importante, si existe alguna patología renovascular que contraindique el transplante. La decisión final de aceptar o rechazar a un donador se somete entonces a los resultados de los estudios de imagen rutinarios que son el ultrasonido renal, la urografía excretora y la angiografía con sustracción digital.

## Ultrasonido renal

La exploración ecográfica es de gran utilidad como primer estudio dado su inocuidad, economía y facilidad para ver los riñones. Es excelente para la demostración de su morfología, anatomía y tamaño; patologías renales como anomalías congénitas, presencia de lesiones sólidas o quísticas, ectasia pielocalicial, litiasis y confirma la existencia de lesiones que no pudieron ser evaluadas en forma adecuada por la urografía excretora o la angiografía. Desafortunadamente las arterias renales se observan con dificultad y su sensibilidad y especificidad para detectar patología vascular, como la estenosis de la arteria renal, es baja (sensibilidad 71%, especificidad 82%, certeza 76%) y para la detección de las arterias accesorias su utilidad es casi nula (8).

La calidad de éste estudio y su utilidad muchas veces se ven afectadas por situaciones inherentes al donador como son la obesidad, abundante aire en el intestino y colon, ectopia renal o riñones supranumerarios los cuales no se observan a menos que se busquen intencionadamente.

## Urografía Excretora

El objetivo de la urografía excretora es visualizar en su totalidad los contornos renales, el parénquima renal, los sistemas pielocaliciales, los uréteres y la vejiga. Hasta cierto punto es una evaluación morfológica y funcional del aparato urinario ya que se tiene un parámetro indirecto de la filtración renal del medio de contraste y su tiempo de eliminación hasta llegar a vejiga. Es un método excelente para evaluar anomalías congénitas y de lesiones de la mucosa del sistema colector, así como alteraciones vesicales como divertículos, cistocele u otra patología del urotelio.

Este estudio consiste en la administración intravenosa del medio de contraste iodado seguido la toma de radiografías de abdomen cada 5 minutos con la finalidad de realizar una adecuada evaluación morfológica de los riñones, uréteres y vejiga durante la eliminación del medio (9).

Los riesgos de la urografía excretora son mínimos y están en relación principalmente al sitio de venopunción, la extravasación del medio de contraste y las reacciones adversas al mismo, las cuales se reportan con una incidencia variable que va desde 0.52%

hasta 35% (49,50,51). El sistema vascular no es valorable por este método de estudio y las lesiones que se encuentren en el parénquima deben de corroborarse por otros métodos como el ultrasonido o la tomografía axial computarizada.

### **Angiografía con sustracción digital**

La angiografía renal se realiza durante la valoración prequirúrgica del donador renal con el fin de determinar el número de arterias renales, su diámetro y longitud, la distancia a la primera bifurcación, así como conocer el número de venas y detectar padecimientos hasta entonces no sospechados (10,11), incluyendo patologías que puedan comprometer a largo plazo la función renal, tanto del injerto como del riñón no nefrectomizado. Es el método de elección para el diagnóstico para detectar patología renovascular como estenosis, displasia fibromuscular de la arteria renal, malformaciones arterio-venosas y neoplasias.

Durante la angiografía renal se detectan alteraciones que pueden modificar definitivamente la decisión de realizar o no el trasplante renal. Las variables anatómicas como las arterias supernumerarias se encuentran en alrededor del 40%, situación que



únicamente puede modificar la decisión del lado en el que se hará la nefrectomía; sin embargo entre el 3 y 10% de los pacientes pueden tener complicaciones más serias como displasia fibromuscular acompañada de uno o más aneurismas (6%) y aterosclerosis (2%) lo cual contraindica por completo la donación (12).

El método angiográfico se realiza por medio de la punción percutánea de la arteria femoral a través de la cual se introduce un catéter hasta la altura de las arterias renales en dónde se realiza una aortografía inicial y posteriormente la cateterización selectiva de las arterias renales (30,31). Este método es, hasta la fecha, el estándar de oro para la valoración vascular de los riñones, con una sensibilidad, especificidad y certeza de casi el 100%. Sin embargo, es un estudio invasivo con complicaciones importantes de morbimortalidad. Se describe que las complicaciones se encuentran en un 2% de las angiografías e incluyen problemas en el sitio de punción, pseudoaneurismas, trombosis, sangrado, fistulas arteriovenosas y reacciones anafilácticas al medio de contraste; las complicaciones letales son excepcionales (13,14,15). La nefrotoxicidad secundaria al medio de contraste es el evento más frecuente, aunque transitorio. Se manifiesta por aumento de la resistencia vascular y disminución en la filtración glomerular, aún

sin cambios en los niveles de creatinina sérica y por ello no afecta la decisión de nefrectomía. En algunos casos puede progresar a falla renal aguda; esta complicación es más frecuente cuando existen factores de riesgo como la deshidratación, diabetes mellitus o daño renal previo (16,17).

### **Métodos alternos para la valoración angiográfica de los riñones de donadores**

.....

Debido al número de procedimientos que se realizan rutinariamente y a que no están exentos de morbimortalidad y reacciones adversas se han intentado otros métodos diagnósticos, que puedan tener la misma certeza para detectar variables anatómicas y alteraciones vasculares que la angiografía, que sean menos invasivos, menos mórbidos y con menor costo.

Los dos estudios que se encuentran en boga a la fecha son la angiografía por tomografía axial computarizada en espiral y la angiorresonancia magnética.

## Angiografía por tomografía axial computarizada

La tomografía computarizada (TC) en espiral se utiliza desde el inicio de la década de los 90's como un método alternativo a la angiografía convencional, que es mínimamente invasivo y puede tener múltiples aplicaciones en el diagnóstico de la patología renal y renovascular. Las arterias renales son difíciles de evaluar con TC convencional debido a la orientación transversal de las mismas y a que el tiempo necesario para la adquisición de la imagen es mayor al tiempo en que el contraste se encuentra en fase arterial. Esto último puede aumentar la dosis necesaria del medio de contraste para mantener una concentración intra vascular adecuada.

Para obtener adecuadas imágenes angiográficas por TC es necesario la adquisición rápida de las mismas, disminuir o eliminar los artefactos asociados al movimiento respiratorio, y obtener las imágenes en concordancia con la administración del medio de contraste. Todo esto es posible utilizando la técnica de TC en espiral. Sus ventajas sobre la angiografía convencional son la disminución de los riesgos asociados a la punción de angiografía, el examen es más rápido y puede realizarse con menores costos (18,19).

La sensibilidad del estudio se ha reportado desde el 91% hasta 96%, con especificidad del 98% y certeza del 96% en diferentes estudios (20,21). Disminuye su certeza cuando existe una bifurcación arterial temprana que puede interpretarse en la tomografía como una arteria accesoria. Las arterias accesorias no se observan en aproximadamente en el 8% de los casos, sobre todo cuando miden menos de 2 mm de diámetro. La TC es menos sensible para la detección de alteraciones venosas como venas supernumerarias tributarias y la bifurcación venosa temprana; sin embargo anomalías como múltiples venas, vena renal izquierda retroaórtica y vena renal izquierda circumaórtica se valoran con facilidad en la reconstrucción tridimensional. (22). Otras ventajas de la TC son que detecta alteraciones no vasculares como masas renales benignas o malignas, cálculos renales o ureterales, cicatrices del parénquima, anomalías congénitas, duplicación ureteral y divertículos caliciales.

Sin embargo, entre sus complicaciones siguen encontrándose las que están en relación con el sitio de punción de una vena periférica, la extravasación del medio de contraste y las reacciones anafilácticas al mismo. El volumen de contraste iodado utilizado es similar al de la angiografía convencional o mayor por lo que la nefrotoxicidad debida al medio no disminuye; la utilización de

medios de contraste no iónicos reduce mas no elimina la toxicidad glomerular (23).

### Angiorresonancia magnética con uorresonancia

La sensibilidad inherente de la resonancia magnética (RM) para detectar el movimiento se ha utilizado ampliamente como un método de imagen no invasivo para visualizar los vasos sanguíneos. Entre las técnicas angiográficas que se utilizan con mayor frecuencia se encuentran dos principales grupos, primero aquellas en las que se afecta la amplitud de señal (tiempo de vuelo o TOF) y segundo, las que se basan en efectos de fase (imagen con contraste de fase).

Con las técnicas de tiempo de vuelo (TOF) es posible incrementar la sensibilidad de la RM al movimiento dentro de los vasos sanguíneos en comparación con los órganos relativamente estáticos que los rodean. En las imágenes de angiorresonancia los artefactos debidos a la respiración se evitan con frecuencias rápidas que permiten la obtención de una imagen durante un periodo de apnea de 18 a 24 segundos. Es posible también aplicar bandas de saturación para discriminar diferentes estructuras

vasculares con base en la dirección de su flujo, lo que se conoce como contraste de fase. Ambas técnicas conllevan a angiografías de excelente calidad cuando el flujo sanguíneo es normal, sin embargo, cuando el flujo es turbulento, por ejemplo en casos de estenosis o de ateromas, la sensibilidad de la imagen se reduce y muestra múltiples artefactos, incluyendo la pérdida de la imagen en zonas de turbulencia o de tortuosidad del vaso. Incluso en pacientes cardiopatas o seniles pueden tener tal compromiso circulatorio que las arterias se vean con dificultad por estos dos métodos. Los errores de imagen dependientes del flujo sanguíneo se evitan con la utilización de medios de contraste de los cuales el más utilizado es el gadolinio (29).

Se han logrado obtener imágenes vasculares de excelente calidad con mayor contraste y en tercera dimensión con gadolinio y la técnica de eco-gradiente. Estas imágenes han revolucionado el estudio de la patología vascular abdominal y en especial de las arterias renales que se afectan en enfermedades como la aterosclerosis, disección aórtica y aneurismas (23) ya que en las imágenes con medio contraste no interfiere la presencia de flujo turbulento, alterado por la misma patología vascular o por cardiopatías. Se ha demostrado la utilidad de la angiorresonancia magnética en el diagnóstico de hipertensión renovascular,

principalmente por displasia fibromuscular en la cual tiene una sensibilidad, especificidad y certeza de 94%, 93% y 91% respectivamente (25).

En los sujetos sanos la angiorrsonancia tiene una certeza similar a la angiografía con sustracción digital para la detección de alteraciones o variables anatómicas como arterias supernumerarias mayores de 2 mm (26-28), lo que ha permitido la adecuada valoración prequirúrgica de los candidatos a donación renal. Tiene además la ventaja sobre la angiografía de que se pueden realizar imágenes multiplanares con alta resolución espacial para valorar con certeza el parénquima renal.

#### Medios de contraste para resonancia magnética

Los medios de contraste para RM se clasifican en dos grupos, los paramagnéticos y los superparamagnéticos. En la clínica se utilizan elementos del primer grupo que incluyen al Gadolinio, Hierro, Manganeso y Nitróxidos. Sus propiedades paramagnéticas dependen del número de electrones no apareados en la capa externa del átomo. Salvo el cloruro de manganeso cuya administración es oral, los demás se distribuyen en el organismo y pueden ocasionar una intoxicación por metales pesados si se utilizan en su forma pura. Sin embargo estos elementos pierden su toxicidad cuando se

unen a elementos quelantes como el ácido pentaacético de dietilnetriamina (DTPA) y se vuelven hidrosolubles. Se unen fácilmente a macromoléculas de la sangre y se eliminan por vía urinaria. Algunos estudios aislados refieren que estos medios de contraste pueden entrar al espacio intracelular del sistema retículo-endotelial por lo que excepcionalmente pueden causar daño en hígado, páncreas exócrino, mucosa gastrointestinal y corazón (32).

En el presente estudio se utiliza al gadolinio, que es un elemento de los conocidos como tierra rara del grupo IIIb de la tabla periódica; los 8 electrones de su última capa son los que le confieren sus características paramagnéticas. La dosis necesaria para lograr un adecuado contraste de los tejidos es de aproximadamente 0.3 mmol/kg (aproximadamente 40 ml) para un adulto joven, esto puede variar y requerirse más contraste (aproximadamente 10 a 20 ml más) para lograr una adecuada fase arterial. En los pacientes sanos, las arterias renales se observan adecuadamente 10 segundos posteriores a la inyección del contraste mientras que en pacientes mayores o con insuficiencia cardiaca este tiempo puede prolongarse hasta 50 segundos (33). Con una adecuada dosis e infusión del gadolinio es posible acortar el tiempo de relajación de T1 de la sangre en comparación con el tiempo de relajación de los tejidos vecinos de tal suerte que se



contrasta las estructuras vasculares con un blanco brillante mientras los tejidos permanecen oscuros. Este mecanismo de contraste crea imágenes de la luz vascular en una forma análoga a la angiografía convencional.

El Gadolinio tiene una extraordinaria seguridad clínica. Se estima que en menos del 3% se pueden presentar reacciones adversas de las cuales la mayoría son menores, aunque se han publicado reacciones anafilácticas y asmáticas. Existen, sin embargo, dos reportes anecdóticos en la literatura mundial que hablan de un desenlace fatal (34,35). No se ha detectado nefrotoxicidad con gadopentato de dimeglumida (Magnevist), garoteridol (ProHance) o gadodiamina (Omniscan), incluso en dosis altas (0.4 mmol/kg). En algunos estudios se han comparado los cambios en la función renal al utilizar gadolinio o medios de contraste iodados no iónicos; encontrando que éstos últimos pueden ocasionar alteración en la función renal, elevación de azoados e incluso falla renal, mientras que al utilizar gadolinio no se observa ninguna alteración (36), razón por la cual se prefiere la resonancia magnética en pacientes con daño renal crónico que requieren de un estudio contrastado. Las reacciones idiosincrásicas del gadolinio son extremadamente raras, aproximadamente 1 en 20,000 (37).

## JUSTIFICACION

El trasplante renal con donación de órganos provenientes de personas vivas se realiza con una frecuencia cada vez mayor debido por un lado a la deficiencia de donaciones cadavéricas y por el otro lado al mejor pronóstico de los trasplantes renales de donadores vivos. El examen por resonancia magnética que incluya la angiorrsonancia contrastada, uorrsonancia y nefrografia ofrece múltiples ventajas como un método no invasivo sobre los estudios convencionales.

Para los candidatos a donación renal los estudios de imagen implican al menos tres días distintos para realizarse y una estancia al menos de 6 horas posteriores a la angiografia convencional; mientras que la RM puede mostrar en un estudio de 40 minutos y con la aplicación de Gadolinio las características morfológicas del parénquima renal, médula renal y sistema pielocalicial. Distingue lesiones líquidas o sólidas, si son malignas o benignas dependiendo de su refuerzo con gadolinio. En secuencias de 18 segundos con eco-gradiente la anatomía de arterias y venas puede demostrarse con alto contraste, en tercera dimensión y multiplanar; así como

ambos uréteres y vejiga. Además, el estudio de resonancia magnética presenta riesgos, complicaciones y efectos adversos mucho menores que los que pueden ocurrir durante la realización de la urografía excretora o la angiografía convencional.

El impacto económico de la resonancia magnética en la valoración de los donadores de riñón amerita una consideración especial. La percepción popular, e incluso entre algunos grupos médicos, es que el precio de la resonancia magnética no justifica los beneficios que de ella se obtienen. Sin embargo, en la tabla 2 se comparan los precios de los estudios de imagen realizados actualmente a todo candidato a donación renal comparándolos con el costo de una resonancia magnética, incluyendo el precio del Gadolinio; debe destacarse que dichos costos se obtuvieron de la tabulación de precios de julio del 2000 para una clasificación socioeconómica intermedia (clasificación 4) asignada a pacientes del INCMNSZ, que traduce en un subsidio del 47% del costo real.

Por lo antes expuesto consideramos que pudiera ser una alternativa para sustituir al ultrasonido renal, la urografía excretora y la angiografía convencional y utilizar los beneficios de la RM para realizar un estudio único durante la valoración prequirúrgica de los candidatos a donación renal.

Estudios prequirúrgicos de imagen	Precio	Resonancia Magnética	Precio
Ultrasonido renal	\$385.00	Estudio renal con angio- y urorresonancia	\$2,245.00
Angiografía renal	\$2,065.00	Gadolinio	\$800.00
Urografía Excretora	\$341.00		
Total (M.N.)	\$2791.00		\$3,045.00

Tabla 2: Precios de los estudios realizados a los donadores renales de manera rutinaria en comparación con el estudio de resonancia magnética. Tabulación de la clasificación 4 en julio del 2000 (subsidio del 47% del precio real)

## OBJETIVOS

### OBJETIVOS PRIMARIOS:

1.-Comparar la concordancia de la angiorresonancia magnética en la distinción de arterias renales accesorias, longitud de la arteria antes de la primera bifurcación, y posibles patologías vasculares y del parénquima con los resultados de la angiografía convencional.

2.- Establecer en el INCMNSZ la técnica de angiorresonancia y de uorresonancia magnética en un equipo de 1.5T.

### OBJETIVOS SECUNDARIOS:

1.- Determinar la utilidad de la uorresonancia magnética en comparación con la urografía excretora.

## MATERIAL Y METODOS

Entre febrero y octubre del año 2000 se incluyeron en forma prospectiva 15 pacientes potenciales a donación renal que hubieran concluido su valoración médica y que se les hubiera realizado ultrasonido renal, urografía excretora y angiografía renal con sustracción digital en el Instituto Nacional de Ciencias Médicas y Nutrición, Salvador Zubirán. Los pacientes incluidos dieron su consentimiento verbal o escrito antes de que se realizara la RM .

### Ultrasonido renal

En escala de grises se realizó el rastreo multiplanar de ambos riñones y se tomaron imágenes de los mismos en situación sagital y transversal. Se midieron sus diámetros mayores y se revisó el parénquima en su totalidad. No se realizó análisis Doppler ni de flujos de los vasos renales principales. (Imagen 1)

La duración de cada estudio ultrasonográfico fue de aproximadamente 20 minutos. Los resultados fueron evaluados en

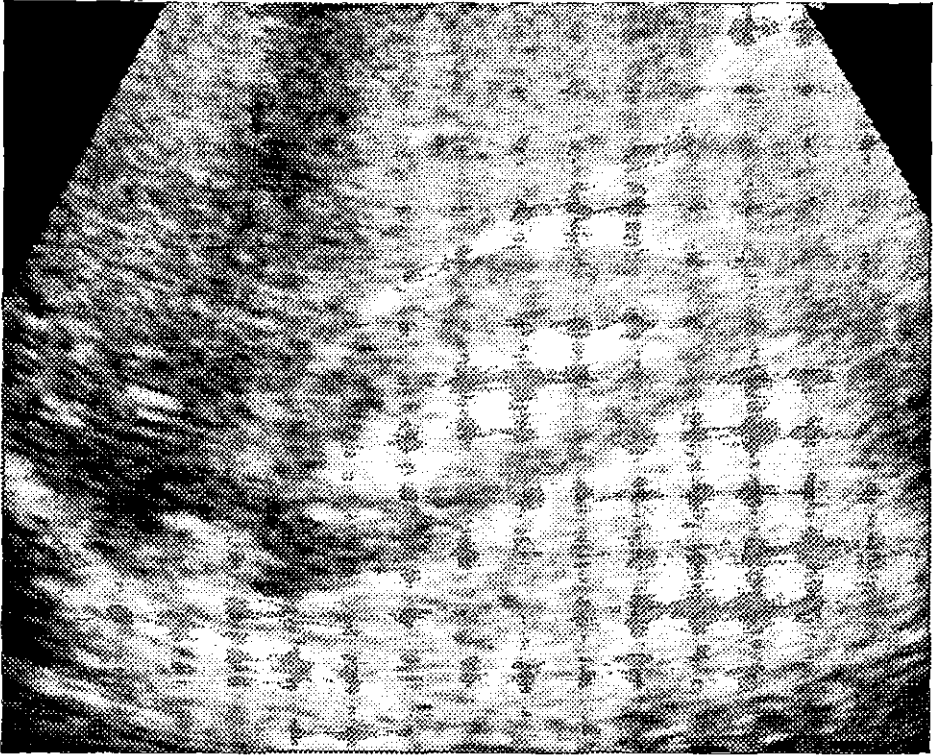


Imagen 1: Ultrasonido del riñón derecho de un candidato a donación renal. El parénquima es homogéneo e isoecóico con respecto al parénquima hepático.

el departamento de imagen por uno de los radiólogos participantes del protocolo (TCA).

### **Angiografía con sustracción digital**

Por medio de la técnica de Seldinger se puncionó la arteria femoral derecha y se avanzó un catéter de cola de cochino 5-F sobre una guía angiográfica hidrofílica (Terumo) de 0.035 F hasta un nivel por arriba de las arterias renales. Se realizó en primer tiempo una aortografía inyectando entre 10 y 20 ml de amidotrizoato de meglumina (Ioditrast, Justesa). Se obtuvieron imágenes consecutivas con sustracción digital en proyección antero-posterior y oblicuas con un equipo angiográfico Angiostar, Simens. En un segundo tiempo se realizó en todos los pacientes angiografía selectiva de las arterias renales, incluyendo en las arterias accesorias.

La duración del estudio angiográfico en promedio fue de 30 minutos, sin embargo se prolongó en aquellos casos que presentaron arterias accesorias en los cuales se realizó cateterización selectiva de cada arteria. Al finalizar el estudio cada paciente permaneció en vigilancia por un periodo promedio de 5 horas



Los resultados se analizaron en forma ciega por un radiólogo experto (HLZ).

### **Urografía excretora**

Se realizó una placa simple del abdomen preliminar al estudio así como cortes tomográficos lineales al nivel de ambos riñones. Posterior a la aplicación de 50 ml de medio de contraste iónico se tomaron radiografías de riñones, uréteres y vejiga cada 5 minutos en los primeros 20 minutos posteriores a la inyección. Los resultados fueron evaluados por radiólogos cegados a los resultados de la uorresonancia y que no participaron en este estudio. Se analizaron en las imágenes de la fase nefrográfica tamaño y contorno de los riñones así como la presencia de lesiones en el parénquima; los sistemas colectores y uréteres se observan durante la fase de eliminación.

### **Imágenes de Resonancia Magnética**

La resonancia magnética se realizó dentro de un periodo de dos semanas antes o después de la angiografía convencional y previa al trasplante.

Al paciente se le hidrató por vía oral con 1 lt de agua 30 minutos antes de iniciar el estudio. Todas las imágenes se realizaron en un resonador de 1.5 Teslas (Picker, modelo Edge) y antena para cuerpo con sensor de movimientos respiratorios. La evaluación inicial de los riñones se realizó con secuencias axiales en T1 (4min32seg), T2 (4 a 6 min) y T1 con saturación grasa (5min 11seg) así como secuencias en coronal T1 en apnea de 24 seg.

Posteriormente se aplicaron a través de una vena periférica 30 ml de gadolinio-DTPA (Magnevist<sup>®</sup> SCHERING). La dosis y la velocidad de inyección fueron las mismas en todos los pacientes. Se calculó la velocidad de inyección con el supuesto de que los pacientes eran todos sanos y con un gasto cardiaco de 5 lt/min. La fracción de inyección fue de 0.2 a 0.3ml/seg, con un retraso de 10 a 15 segundos. Las primeras secuencias angiográficas para la fase arterial se realizaron a los 10 segundos de administrado el medio de contraste y para la fase venosa a los 32 segundos con los siguientes parámetros: TE 2.85 mseg, TR 7 mseg, angulación del vector de 60 grados, espesor del corte 6 mm sin intervalo, FOV 40 cm, matriz 128x210, cortes 28, TOF 3, con orientación coronal.

Se continuó con los cortes axiales en T1 con los mismos parámetros que las secuencias simples para parénquima renal; asimismo, una secuencia axial con saturación grasa en T1. Por último se realizaron secuencias con los mismos parámetros que la angiorresonancia a los 5 y 10 minutos después de haber aplicado el medio de contraste para la uorresonancia. Los parámetros se explican en extenso en el apéndice 1.

El estudio de RM tarda aproximadamente  $40 \pm 10$  minutos en sala. Los estudios de RM se interpretaron en forma ciega por un radiólogo experto (JVM).

### **Análisis estadístico**

Los resultados se analizaron con prueba de correlación de Kaplan y el grupo de angiografía se comparó con el grupo de angiorresonancia como grupos dependientes con una prueba de McNemar.

## RESULTADOS

Entre junio y diciembre del 2000 se incluyeron a 15 pacientes candidatos a donación renal, quienes cumplieron con los requisitos prequirúrgicos habituales. A todos se les realizó ultrasonido renal, urografía excretora, angiografía con sustracción digital y resonancia magnética renal con angiorresonancia y uorresonancia. La edad promedio de los donadores fue de 45 años con un mínimo de 24 y máximo de 62 (desviación estándar de 11.98). Once pacientes fueron mujeres. Sólo en un paciente no se llevó a cabo la nefrectomía ya presentó hipertensión arterial sistólica durante su hospitalización. A los tres hombres participantes se les realizó nefrectomía derecha mientras que a 6 de las mujeres se les realizó nefrectomía izquierda pues se prefiere este tipo de cirugía si se encuentran en edad reproductiva; la decisión de realizar nefrectomía derecha a las 5 mujeres restantes dependió principalmente de los hallazgos angiográficos.

Los resultados angiográficos y de resonancia magnética se analizaron en forma independiente y ciega por los autores del trabajo. Ambos grupos se analizaron como muestras dependientes

y dicotómicas con una prueba de McNemar la cual no mostró diferencia significativa entre los dos grupos. El coeficiente de correlación entre ambos grupos fue de 0.809 con prueba de kappa ponderada.

El parénquima renal pudo valorarse en forma adecuada en todos los casos con las imágenes de resonancia magnética (Imagen 2). Dos pacientes mostraron lobulación fetal que se describió en ambos estudios y en uno de ellos se encontró un pequeño quiste menor de un centímetro que no se observó por ultrasonido, urografía excretora ni angiografía (Imagen 3).

En los resultados de las arteriografías 13 pacientes presentaron una arteria para cada riñón, un paciente con una arteria polar inferior y un paciente con dos arterias accesorias en el mismo riñón. En total se encontraron 33 arterias y 30 venas.

Hubo discordancia en tres casos. En el primero, la angiografía mostró una arteria accesoria polar inferior derecha que no fue reportada en el análisis inicial de la imagen de reconstrucción por angiorresonancia. Sin embargo, al realizar una revisión retrospectiva del estudio, en las imágenes de origen puede observarse dicha arteria (Imagen 4 y 5).



Imagen 2: Lobulación fetal por angiografía y resonancia magnética



Imagen3: Corte axial en secuencia T2 que muestra en el riñón derecho una pequeña imagen redonda, bien delimitada y que dada su hiperintensidad se trata de un quiste renal simple no reportado en los estudios previos. (flecha)



4.a



4.b





Imágenes 4 y 5: En la arteriografía con sustracción digital (4.a) se encontró una arteria polar inferior; sin embargo, en la reconstrucción de la angiorresonancia (4.b) no se logró definir con claridad se trataba de una arteria lumbar o renal accesoria. Al analizar las imágenes de origen (5) se distingue con mayor claridad el trayecto de la arteria polar inferior y su llegada al riñón.

En el segundo caso, el paciente presentó por angiografía una arteria principal y dos polares: una superior y una inferior, mientras que en la angiorresonancia la arteria polar superior fue reportada como una bifurcación temprana de la arteria renal principal (Imagen 6 y 7).

En el tercer caso, ningún estudio de imagen convencional había evidenciado que la vena renal izquierda se encontraba en situación retroaórtica, lo cual sólo se pudo documentar por angiorresonancia (Imagen 8). En otros estudios de resonancia abdominal realizados en nuestra institución con una finalidad diferente a la de este protocolo también se han observado venas circumaórticas (información no publicada).

La uorresonancia se realizó a los 15 pacientes. Sin embargo en los dos primeros la calidad de las imágenes fue técnicamente deficiente ya que no se había logrado establecer adecuadamente la secuencia de resonancia requerida para estos fines, por lo que no pudieron compararse con la urografía excretora. En los 13 pacientes subsecuentes los resultados de uorresonancia fueron muy satisfactorios, incluso en pacientes con doble sistema colector



Imagen 6: La arteriografía convencional mostró dos arterias accesorias en el riñón izquierdo. Durante el procedimiento se canalizaron en forma selectiva cada una de ellas para definir su irrigación al parénquima renal.

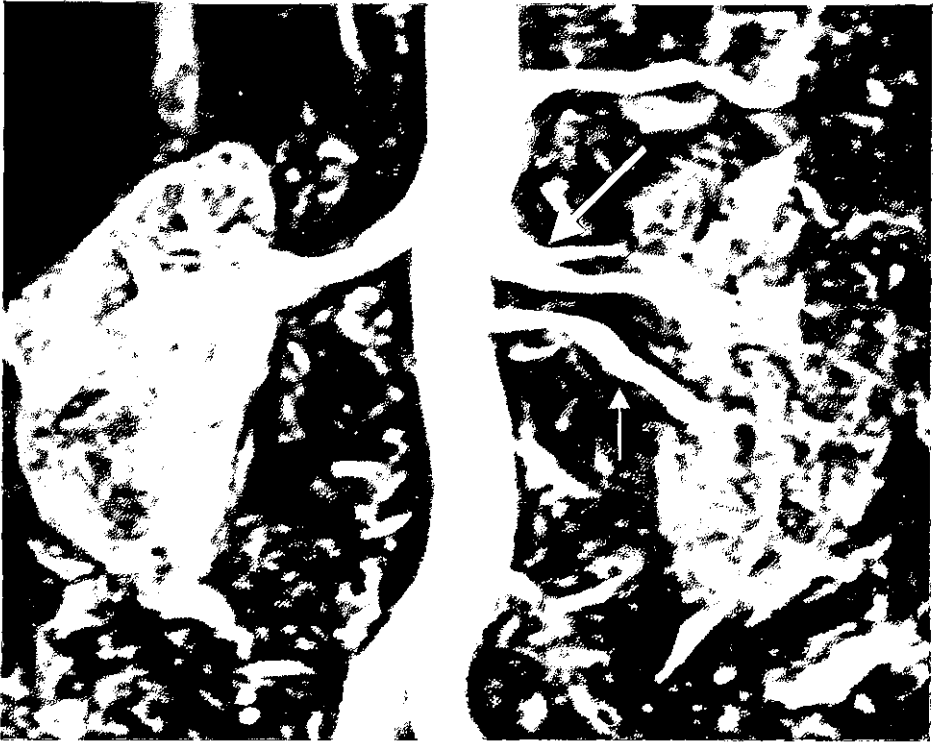


Imagen 7: En el mismo paciente la angiorresonancia se reportó como una bifurcación a menos de 1 cm de la aorta (flecha grande) y una arteria accesoria en el polo inferior (flecha pequeña). Ante estos hallazgos se decidió realizar una nefrectomía derecha al paciente.



Imagen 8: En la secuencia de T2 simple con cortes axiales se encontró una variable anatómica caracterizada por la situación retroaórtica de la vena renal izquierda. La flecha delgada señala a la aorta mientras que la flecha gruesa señala a la vena renal izquierda. La valoración topográfica de las estructuras renales es una de las ventajas que sólo puede verse en la resonancia magnética.

o pelvis bífida (Imagen 9), ya que en éstos la concordancia de ambos estudios fue absoluta ( $k$  0.98).

Con el fin de reducir los artefactos secundarios al peristaltismo normal de los uréteres en la uorresonancia se realizaron dos secuencias, la primera a los 5 minutos y la segunda a los 10 minutos posteriores a la inyección de gadolinio. Sólo en un estudio la imagen no fue adecuada ya que el paciente no pudo contener la respiración los 28 segundos requeridos; esto no afectó la interpretación de la uorresonancia (Imagen 10). En ningún paciente se encontró doble sistema colector o anomalías morfológicas de vías urinarias.

Ninguno de los pacientes sometidos al estudio de resonancia magnética presentaron complicaciones ni reacciones adversas al medio de contraste. Tampoco se reportaron complicaciones secundarias a la punción o cateterismo de la angiografía. Con respecto al medio de contraste iodado no se reportaron reacciones adversas graves. Debido a que no se realiza un seguimiento bioquímico inmediato en forma rutinaria, es imposible saber si hubo elevación de azoados posterior a la angiografía; sin embargo, todos los donadores ingresaron a quirófano con un nivel de creatinina normal.



a



b

Imagen 9: Pelvis renal bífida en urografía excretora (a) y uroresonancia magnética (b).

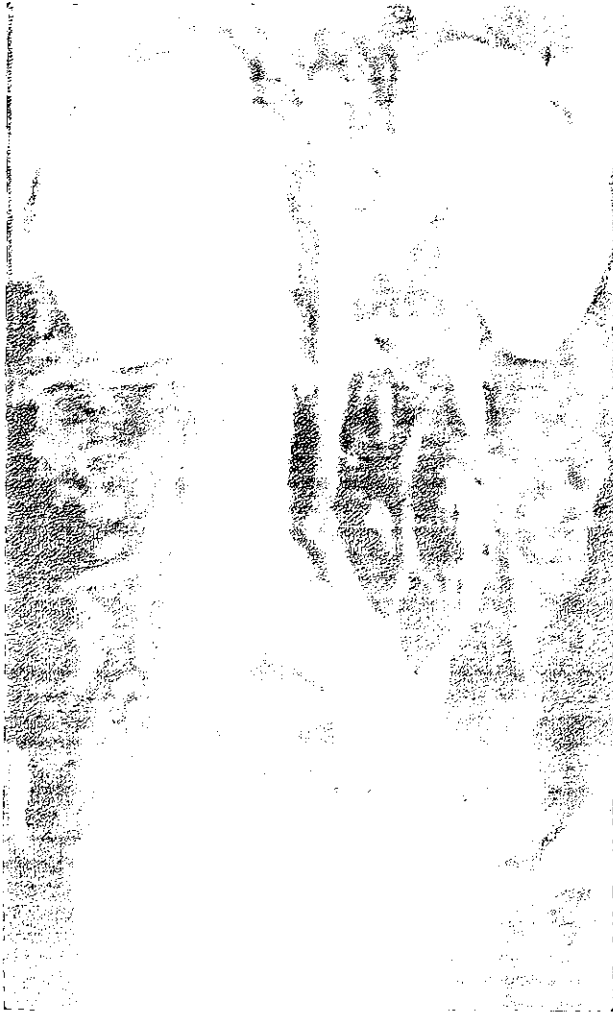


Imagen 10: Es de gran importancia que el paciente logre mantener el periodo de apnea durante el tiempo indicado. En esta imagen de uroresonancia existen múltiples artefactos en la reconstrucción de la imagen simulando defectos de llenado en ambos uréteres.



## CONCLUSIONES

En el presente estudio la capacidad de la resonancia magnética fue superior a la de los otros estudios de imagen realizados para valoración de la morfología, situación y tamaño de ambos riñones (Imagen 11). Las secuencias de T1, T2 y T1 con gadolinio permitieron una excelente evaluación del parénquima renal, detectando la presencia de pequeñas lesiones no visibles con los otros métodos diagnósticos, pudiendo además determinar su naturaleza.

Por otro lado, al ser un estudio con múltiples imágenes topográficas, las características de los órganos vecinos y su relación con las estructuras renales pudieron valorarse con exactitud, dando una idea clara al cirujano de las posibles variedades anatómicas existentes.

La angiorresonancia magnética tuvo una alta concordancia con la angiografía convencional para la identificación de estructuras vasculares y la caracterización de las mismas. En ningún paciente se documentó estenosis o alteraciones vasculares

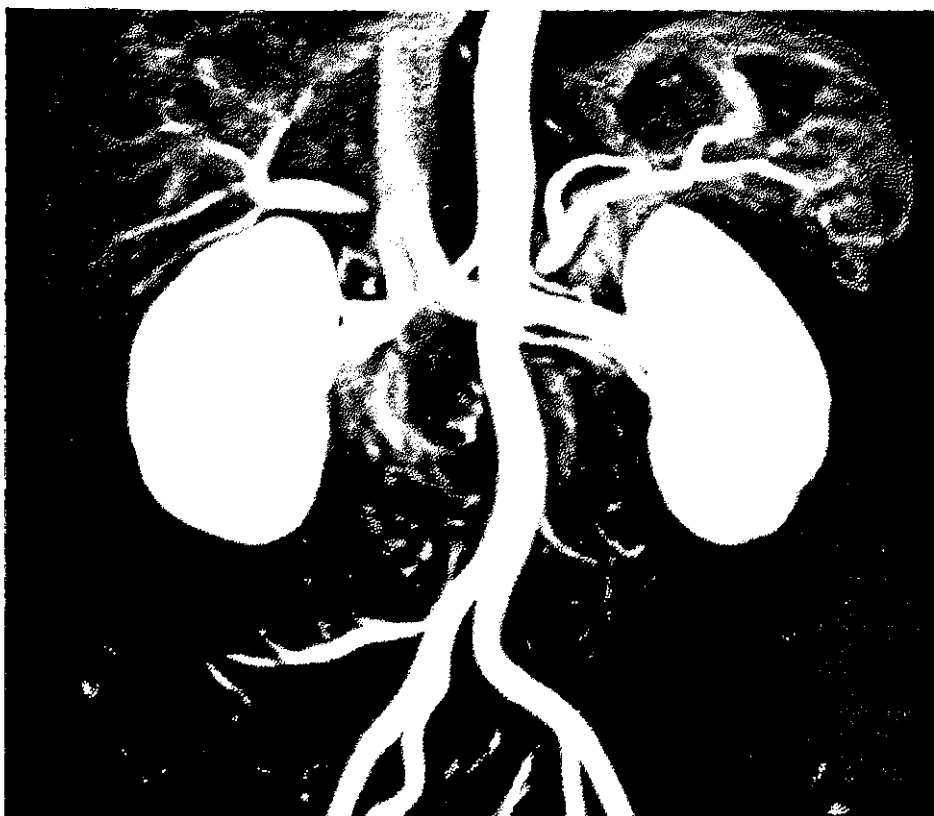


Imagen 11: Imagen realizada con echo-gradiente en fase venosa en la cual se puede valorar en forma adecuada la situación, tamaño y morfología de ambas siluetas renales así como sus principales vasos. La relación que se observa de los riñones con el hígado, el bazo y la arteria esplénica pueden ser de utilidad para el cirujano durante la planeación quirúrgica.

por alguno de los métodos diagnósticos. Sin embargo, en uno de los pacientes fue necesario recurrir a las imágenes de origen para detectar una arteria polar inferior que no fue identificada en la interpretación inicial del estudio por resonancia magnética basado en reconstrucciones tridimensionales. En un segundo caso, una arteria polar se interpretó como bifurcación temprana de la arteria, aunque ambas características morfológicas excluirían su utilidad como órgano a transplantar y por ello no se hubiera modificado la conducta quirúrgica.

Otra ventaja de la angiorresonancia magnética sobre los estudios comparados es que permitió la identificación de variables anatómicas del sistema venoso como fue el caso de una vena renal retroaórtica. Si bien dicho hallazgo no modificó la decisión quirúrgica, el conocer con certeza la situación anatómica exacta de cada una de las estructuras vasculares facilita el abordaje quirúrgico y la planeación del procedimiento.

Como parte de este protocolo de investigación se utilizó por primera vez en el Instituto la técnica de uorresonancia y por ello los primeros tres estudios fueron de una calidad deficiente, por lo que hubo que establecer la técnica adecuada; con ésta (Apéndice 1), se obtuvieron imágenes de pacientes sanos con igual o mejor

calidad que las de una urografía convencional y una correlación de casi el 100% entre ambos estudios.

Encontramos que una adecuada hidratación previa al estudio es suficiente para que ambos sistemas colectores se visualicen adecuadamente, sin necesidad de utilizar medicamentos diuréticos como se sugiere en algunos artículos (43,44). También para mejorar la calidad de la reconstrucción de la uorresonancia se realizaron dos secuencias, la primera a los cinco y la segunda a los diez minutos con el fin de eliminar al máximo los artefactos por el peristaltismo normal de los uréteres (Imagen 12).

Ninguno de los pacientes sometidos a resonancia magnética presentó efectos colaterales ni reacciones adversas locales o sistémicas al medio de contraste con gadolinio. Tampoco se reportaron eventos adversos graves durante la angiografía o urografía excretora, aunque no se documentó como parte del protocolo si algún paciente desarrolló reacciones alérgicas menores al contraste yodado, situación común que en la literatura se reporta entre el 5 y 35% de reacciones menores principalmente cutáneas (48).

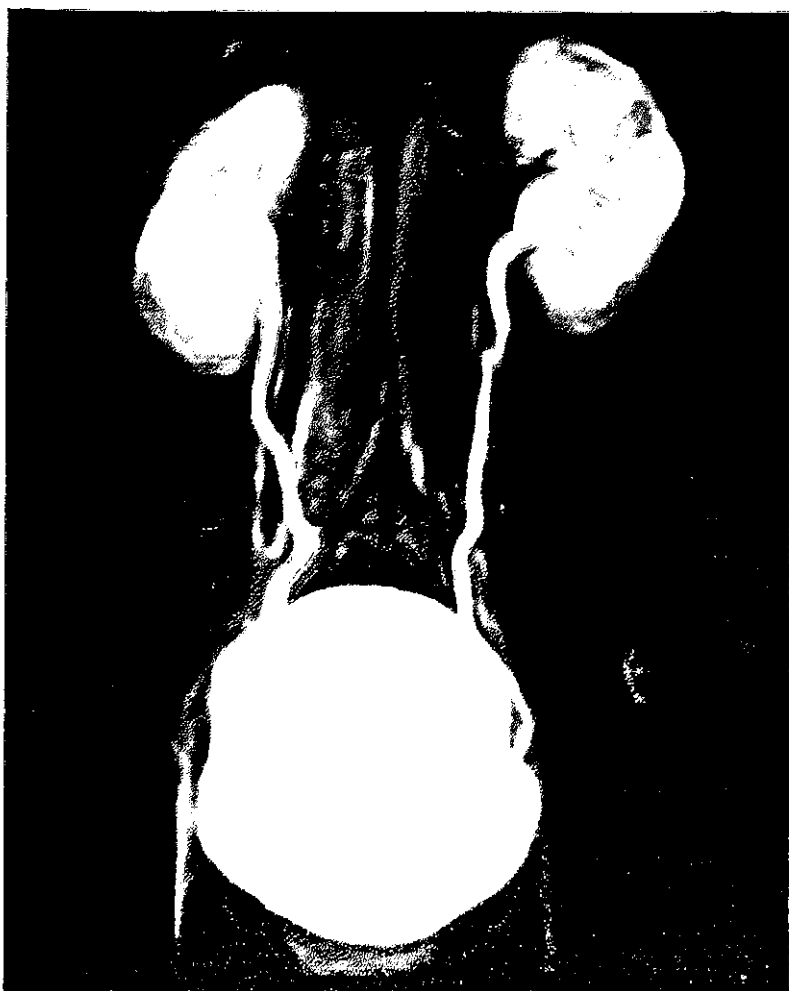


Imagen 12: Reconstrucción de las imágenes obtenidas durante la urorresonancia de 5 y 10 minutos posteriores a la administración de gadolinio. La correlación con la urografía excretora fue alta debido a la capacidad de mostrar en adecuado contraste las estructuras del sistema colector.

En este estudio se demostró que las imágenes de resonancia magnética tienen una correlación muy alta con los estudios de imagen convencionales utilizados en la valoración prequirúrgica de los donadores renales. Además, la excelente calidad de estas imágenes permite que con un solo método diagnóstico se estudien meticulosamente parénquima renal, estructuras vasculares arteriales y venosas, sistemas colectores y anatomía topográfica renal. Esto brinda al cirujano información suficiente para una adecuada selección del donador renal, el injerto y el procedimiento quirúrgico con un solo estudio. La resonancia como único método de valoración prequirúrgica implica también un menor tiempo de permanencia en el departamento de Imagenología, pues substituye tres días de estudios por uno de menos de una hora de duración; esto reduce la demanda de los servicios, insumos y personal de dicho departamento. Por lo mismo, se reduce también el tiempo de espera para la donación renal. Para el paciente la evaluación con resonancia magnética implica un menor número de estudios a los cuales someterse, menores molestias durante los mismos debido al carácter no invasivo de la resonancia y un menor riesgo de eventos adversos. También bajan los costos, ya que la resonancia magnética tiene un precio que rebasa por tan sólo \$300.00 a la suma de los precios de los estudios convencionales.

## DISCUSIÓN

Quizá uno de los avances más grandes y significativos de la medicina moderna es el transplante de órganos con fines terapéuticos. Inicialmente se realizó por medio de órganos provenientes de cadáveres, sin embargo, por situaciones socioeconómicas y médicas se ha fomentado la donación de órganos por parte de sujetos vivos. Esto implica que debe realizarse una valoración exhaustiva del donante en la cual es crucial determinar la presencia de una arteria principal o dominante y de las arterias accesorias, así como de bifurcaciones tempranas (a menos de 1 cm de la emergencia de la arteria renal desde la aorta) para poder realizar la disección y anastomosis lo mejor posible. Una bifurcación temprana o arterias accesorias pueden complicar o incluso contraindicar la nefrectomía para transplante. Con esta finalidad es obligatorio que a todos los candidatos a donación renal se les realice la angiografía de las arterias renales, con todo lo que significa un procedimiento invasivo y con morbilidad no despreciable como ya se comentó previamente. Por ello se están buscando otros métodos de

diagnóstico con menor morbilidad y costos así como mayor utilidad en cuanto a la información obtenida en las imágenes.

En el presente estudio se demostró en forma adecuada la utilidad de la resonancia magnética en la valoración de este tipo de pacientes. A pesar de que el tamaño de muestra fue muy pequeño (15 pacientes) en comparación con otras series más extensas (30,31,33,41,43,44), la certeza diagnóstica que obtuvimos al comparar la angiografía convencional y la angiorresonancia, así como la urografía excretora y la uorresonancia fueron excelentes. Asimismo, la resonancia magnética tiene varios beneficios en cuanto a calidad de imagen y a sus posibilidades económicas. Este es el primer estudio llevado a cabo en nuestro país que utiliza a la resonancia magnética para la evaluación preoperatoria de donadores renales.

### **Ventajas de las imágenes de resonancia magnética**

---

#### **CALIDAD DE IMAGEN.**

Por un lado la resonancia magnética tiene la ventaja de poder realizar múltiples imágenes en diferentes planos de los riñones: sagital, axial o coronal. Esto permite que se tenga una valoración



extensa del parénquima renal y se identifiquen incluso lesiones focales pequeñas menores de 1 cm. Con las diferentes secuencias puede valorarse la naturaleza de las mismas, principalmente si son quísticas o sólidas y de éstas últimas si son benignas o malignas, ya que los tumores renales tienen un comportamiento especial sobre todo posterior a la administración de gadolinio; esto también favorece la identificación de lesiones muy vascularizadas como malformaciones arteriovenosas que contraindicarían por completo la realización de un trasplante renal (25). En el presente estudio no se encontró caso alguno de patología renal o renovascular.

Por otro lado se puede evaluar a las estructuras vecinas a los riñones y su relación con los mismos de modo que en algún momento dado pudieran modificar el plan del abordaje quirúrgico.

En cuanto a la morfología de las estructuras vasculares la angiografía con sustracción digital sigue siendo el estándar de oro, sin embargo la resonancia magnética tuvo alta concordancia con ella y con la ventaja de su mínima invasividad. Además durante la valoración de las estructuras venosas la resonancia magnética fue superior a la angiografía convencional para de detectar variables anatómicas que si bien en este estudio no fueron determinantes

para la decisión de nefrectomía izquierda sí tienen implicaciones en cuanto a la planeación de la técnica quirúrgica.

## INVASIVIDAD DEL ESTUDIO

A diferencia de la angiografía convencional que requiere de la punción de una gran arteria como es la femoral común, la resonancia magnética requiere de mínimos procedimientos invasivos. Se canaliza una vena periférica que puede ser en el dorso de la mano o la vena del pliegue del codo. Se utiliza gadolinio que es un medio de contraste con prácticamente nulos efectos secundarios, incluso en caso de extravasación; mientras que las reacciones adversas del medio de contraste yodado utilizado en la angiografía y la urografía excretora son bien conocidas, pueden llegar a ocasionar graves respuestas anafilácticas y fascitis por infiltración local (52). No debemos olvidar que, aunque no se documente la elevación de azoados posterior al procedimiento, se ha demostrado en múltiples estudios experimentales que sí se observa una disminución en la filtración glomerular y no sabemos hasta que punto esto pueda afectar al riñón que será transplantado próximamente.

Las complicaciones de la resonancia magnética son casi nulas, no sólo en este estudio sino también en series extensas

realizadas en otros países en los que más de 5000 estudios con gadolinio no han tenido complicaciones por reacciones anafilácticas o extravasación del medio. No se ha reportado hasta la fecha daño renal por el medio de contraste ni tampoco disminución de la filtración glomerular.

### VENTAJAS ECONOMICAS

Una de las ventajas de la resonancia magnética es la posibilidad de una valoración adecuada del parénquima de ambos riñones, sus estructuras vasculares y los sistemas colectores en un mismo estudio. Esto implica que el paciente tiene que asistir sólo una vez al departamento de imagenología a un estudio que dura en total menos de 50 minutos en lugar de tres citas diferentes y una de ellas, la angiografía, que requiere de la estancia del paciente en el hospital durante al menos 6 horas para su vigilancia. Esta situación significa que puede haber ahorro de tiempo para el paciente y reduce la demanda de servicios en el departamento de imagenología.

Los precios de los tres estudios requeridos en forma rutinaria durante la evaluación de un candidato a donación renal casi igualan al precio de la resonancia magnética; esto considerando que nuestro estudio se realizó en un hospital de asistencia pública; sin

embargo a nivel particular, a los precios del estudio de angiografía deben añadirse los honorarios de un radiólogo intervencionista, personal de enfermería y técnicos radiólogos que estén involucrados, así como el tiempo de cama durante el periodo de recuperación.

### Consideraciones técnicas

Las imágenes de angiorresonancia tanto arterial como venosa se realizaron en un equipo de 1.5T utilizando los programas convencionales de tiempo de vuelo y gradiente de fase así como echo-gradiente para las imágenes con gadolinio. No se utilizaron en este protocolo imágenes con sistemas de gradiente especiales principalmente del tipo “smart prep”, lo cual significa que las imágenes pueden ser de suficiente calidad sin necesidad de un equipo muy especializado. Por ello consideramos que el estudio puede realizarse en un buen número de los equipos que se manejan en México y por lo tanto la accesibilidad del estudio es mayor.

Durante la realización de la resonancia magnética del donador, incluyendo en las fases arterial y venosa de la angiorresonancia y en la uorresonancia, hubo que asegurarse de

algunas características técnicas antes de comenzar el estudio. Esto con el fin de disminuir la posibilidad de aparición de artefactos o imágenes incompletas que llevarían a una mala interpretación diagnóstica. En primer lugar, en las secuencias realizadas para valorar al parénquima renal hubo que asegurarse que ambos riñones estuvieran incluidos en el volumen de imagen. La sincronización con la respiración y la compensación de flujos fueron importantes para mantener la calidad de la imagen y los brazos del paciente se colocaron por arriba de la cabeza para evitar los artefactos de los mismos.

Fue crucial para realizar las imágenes de uro y angiorresonancia adecuadas que el paciente tolerara en apnea y sin moverse los 28 segundos que dura cada una de las secuencias, de otra forma se observaban artefactos que semejaban oclusión, amputación o defectos de llenado en los vasos y por lo tanto la secuencia debía de repetirse.

Es importante recalcar la gran importancia de las imágenes de origen. Éstas siempre deben de estar incluidas durante la interpretación de los resultados ya que el trayecto vascular de pequeños vasos puede perderse en la reconstrucción de la imagen tridimensional, sin embargo se identifican en las imágenes de

origen como pudo verse en el caso de la arteria polar (Imagen 5). También ayudan a determinar el trayecto completo de una arteria cuando existe la duda entre una posible arteria accesoria o bien la arteria suprarrenal o capsular. En este sentido también es muy importante hacer hincapié a los técnicos en no realizar las reconstrucciones con selección de imágenes sino mostrar la reconstrucción completa a fin de detectar todas las arterias posibles.

### **Desventajas de la resonancia magnética**

Resonancia magnética de la arteria polar

Uno de los puntos más importantes en la realización de los estudios de resonancia magnética es que se debe contar con un equipo de técnicos entrenados especialmente en ésta área ya que de ellos depende mucho de la calidad de las secuencias realizadas. Por otro lado, son tantos los datos que pueden obtenerse de una imagen de resonancia, que también el equipo de radiólogos debe estar familiarizado con el tipo de imágenes; la información que se obtiene es muy vasta y requiere de una valoración integral y completa de todas las secuencias, con especial énfasis a las imágenes de origen. De esta forma puede tenerse casi la certeza de que pequeñas arterias accesorias no fueron desapercibidas.

Aunque ninguno de nuestros pacientes tuvo problemas durante el estudio, sabemos que una limitante importante puede ser el miedo del paciente a estar en el interior del resonador durante casi una hora; quizá con el advenimiento futuro de los equipos de resonancia magnética con tubo en 'C' esto deje de ser motivo de suspensión del estudio.

La última desventaja y quizá la más importante es la impresión de una buena proporción de la población médica de que el estudio de resonancia magnética tiene un precio muy superior a lo permisible. Sin embargo, como hemos visto en este trabajo, la diferencia de costos no es grande y las ventajas de realizar un solo estudio con la calidad de la resonancia magnética son muchas, no sólo económicas sino también en el área diagnóstica.

### Consideraciones futuras

---

Ante la posibilidad de contar con un estudio que en el mismo momento sea capaz de valorar todas las estructuras renales incluyendo, parénquima, vasos y sistemas colectores; que tiene la ventaja de ser mínimamente invasivo y con poca posibilidad de

respuestas anafilácticas; a un precio similar al resto de los estudios realizados, nuestra propuesta es que en los pacientes candidatos a donación renal se puede realizar la resonancia con los s protocolos para parénquima renal, angio-y uorresonancia como único método preoperatorio de imagen. Su certeza es muy buena para detectar vasos accesorios y en caso de que el estudio mostrara resultados dudosos o que sugirieran patología renovascular, sólo entonces someter al paciente a angiografía con sustracción digital. Con ello se reduciría el tiempo de espera para el trasplante, el número de estudios realizados por el departamento de imagen y el costo que ello implica. Así mismo, el donador no sería expuesto a un estudio invasivo salvo que fuese estrictamente necesario.

En el momento actual, pueden encontrarse extensos estudios de resonancia magnética que utilizan a la angio y uorresonancia con el de detectar patología renal, renovascular y del sistema colector urinario con buenos resultados hasta el momento (26-28). Consideramos que con estas técnicas ya implantadas en el INCMNSZ se abren las puertas a trabajos de investigación y diagnóstico a la patología del sistema urinario, con imágenes de calidad y mínimo daño al paciente.



## APENDICES

### APÉNDICE 1: Técnica de resonancia magnética

#### 1.- Axial T1 simple (duración 4min 32seg)

Tiempo echo: 8mseg

Tiempo de relajación: 400mseg

Cortes: 6mm

Intervalos: 1mm

Número de cortes: 15

FOV: 30 cm

Matriz: 192 x 256

Número de excitaciones: 5

Plano: transversal

## 2.- Axial T2 simple (duración 4 a 6min)

Tiempo echo: 80mseg

Tiempo de relajación: 4000 a 8000mseg. Sincronizado con la respiración.

Cortes: 6mm

Intervalos: 1mm

Número de cortes: 15

FOV: 30 cm

Matriz: 192 x 256

Número de excitaciones: 2

Plano: transversal

## 3.- Axial T2 con saturación grasa (duración 5min 11seg)

Tiempo echo: 176mseg.

Tiempo de relajación: 4000 a 8000mseg. Sincronizado con la respiración

Cortes: 6mm

Intervalos: 1mm

Número de cortes: 15

FOV: 30 cm

Matriz: 192 x 256

Número de excitaciones: 3

Plano: transversal

4.- Coronal T1 simple (duración 24seg en apnea)

Tiempo echo: 10mseg

Tiempo de relajación: 245mseg

Cortes: 8mm

Intervalos: 2mm

Número de cortes: 15

FOV: 35 cm

Matriz: 150 x 256

Número de excitaciones: 1

5.-Angiorresonancia arterial (duración 28seg en apnea)

Tiempo de retraso posterior a la inyección de Gadolinio: 8seg

Tiempo echo: 2.85mseg

Tiempo de relajación: 7mseg

Angulo del vector: 60 grados

Cortes: 3mm

Intervalos: 0mm

Número de cortes: 28

FOV: 40 cm

Matriz: 128 x 210

Número de excitaciones: 1

Plano: coronal

TOF: 3

#### 6.- Angiorresonancia venosa (duración 28seg en apnea)

Tiempo de retraso posterior a la inyección de Gadolinio: 32seg

Misma secuencia que en la fase arterial

#### 7.- Axial T1 con gadolinio (duración 5min)

Tiempo echo: 8mseg

Tiempo de relajación: 400mseg

Cortes: 6mm

Intervalos: 1mm

Número de cortes: 15

FOV: 30 cm

Matriz: 192 x 256

Número de excitaciones: 5

Plano: transversal

## 8.- Urorresonancia (duración 28seg)

Tiempo de retraso posterior a la inyección de Gadolinio: 6min

Tiempo echo: 2.85mseg

Tiempo de relajación: 7mseg

Angulo del vector: coronal oblicuo, paralelo a la columna lumbar

Cortes: 3mm

Intervalos: 0mm

Número de cortes: 28

FOV: 40 cm

Matriz: 128 x 210

Número de excitaciones: 1

Plano: coronal

TOF: 3

## 9.- Axial T1 con Gadolinio y saturación grasa (5min)

Tiempo echo: 10mseg

Tiempo de relajación: 485mseg

Cortes: 6mm

Intervalos: 1mm

Número de cortes: 15

FOV: 30 cm

Matriz: 192 x 256

Número de excitaciones: 4

Plano: transversal

#### 10.- Urorresonancia (duración 28seg)

Tiempo de retraso posterior a la inyección de Gadolinio: 6min

Tiempo echo: 2.85mseg

Tiempo de relajación: 7mseg

Angulo del vector: coronal oblicuo, paralelo a la columna lumbar

Cortes: 3mm

Intervalos: 0mm

Número de cortes: 28

FOV: 40 cm

Matriz: 128 x 210

Número de excitaciones: 1

Plano: coronal

TOF: 3

Las imágenes de la urorresonancia de los 5 y 10 minutos se unen durante la reconstrucción de la imagen final.

## **APÉNDICE 2: Aspectos sobresalientes de las leyes que rigen la donación de órganos de sujetos vivos.**

### **Declaración bioética de Gijón, 2000. (38)**

Dado los rápidos progresos de la biología y la medicina se busca en este tratado asegurar el respeto de los derechos humanos y de la naturaleza. Con base en la Declaración Universal de los Derechos Humanos (1948), la Declaración Universal de la UNESCO sobre el Genoma Humano y los Derechos del Hombre (1997) y la Convención de Asturias de los Derechos Humanos y la Biomedicina del Consejo de Europa (1997) en resumen la declaración de Gijón determina lo siguiente:

“El genoma humano es patrimonio de la Humanidad, y como tal no es patentable”.

Las biociencias y sus tecnologías deben servir al bienestar de la Humanidad, al desarrollo sostenible de todos los países, a la paz mundial y a la protección y conservación de la naturaleza.

Debe garantizarse el ejercicio de la autonomía de la persona, así como fomentarse los principios de justicia y solidaridad. Asimismo debe respetarse la identidad y especificidad del ser humano. Todos tienen derecho a la mejor asistencia médica posible. El paciente y su médico deben establecer conjuntamente el marco del

tratamiento. El paciente deberá expresar su consentimiento libre después de haber sido informado en forma adecuada.

Debe prohibirse el comercio de órganos humanos. Debe continuarse la investigación sobre xenotransplantes antes de que se inicien ensayos clínicos con seres humanos. El debate ético sobre el fin de la vida debe proseguir, con el fin de profundizar en el análisis de las diferentes concepciones éticas y culturales.

### **Bases legales de los trasplantes en México.**

Son tres los documentos que establecen el marco legal sobre la práctica de trasplantes de órganos y tejidos en México:

- 1.- Ley General de Salud (39)
- 2.- Reglamento de la Ley General de Salud en materia de control sanitario de la disposición de órganos, tejidos y cadáveres humanos.
- 3.- Norma técnica no. 323 para la disposición de órganos y tejidos de seres humanos con fines terapéuticos.

En resumen los artículos que competen al trasplante renal de donadores vivos y cadavéricos son los siguientes:

Control sanitario de la disposición de órganos, tejidos y cadáveres de seres humanos.



Art. 313.- compete a la Secretaría de Salud ejercer el control sanitario de la disposición de órganos y cadáveres de seres humanos.

Art. 21: *La disposición de órganos y tejido para fines terapéuticos será a título gratuito.*

Art. 22: *Se prohíbe el comercio de órganos o tejidos desprendidos o seccionados por intervención quirúrgica, accidente o hecho ilícito.*

Art. 23: El transplante de órgano único no regenerable, esencial para la conservación de la vida sólo podrá hacerse obteniéndolo de un cadáver.

Art. 316: serán disponentes secundarios:

- I. El cónyuge, el concubinario, la concubina, los ascendientes, descendientes y los parientes colaterales hasta el segundo grado del disponente originario.
- II. La autoridad sanitaria competente
- III. El Ministerio Público en relación con los órganos, tejidos y cadáveres de seres humanos que se encuentren bajo su responsabilidad.

Art. 317: para la certificación de la pérdida de la vida, deberá comprobarse previamente la existencia de los siguientes signos de muerte:

- I. la ausencia completa y permanente de la conciencia

ESTOY AQUÍ NO ME DE  
SALA DE LA BIBLIOTECA

- II. la ausencia permanente de respiración espontánea
- III. la falta de percepción y respuesta a estímulos externos
- IV. la ausencia de los reflejos de los pares craneales y de los reflejos medulares
- V. la atonía de todos los músculos
- VI. el término de la regulación fisiológica de la temperatura corporal
- VII. el paro cardíaco irreversible
- VIII. electroencefalograma isoelectrico que no se modifique con estímulo alguno dentro del tiempo indicado.

Art. 321: Los trasplantes de órganos y tejidos y sus componentes en seres humanos vivos podrán llevarse a cabo con fines terapéuticos solamente cuando hayan sido satisfactorios los resultados de las investigaciones realizadas al efecto, representen un riesgo aceptable para la salud y la vida del donante originario y del receptor y siempre que existan justificantes de orden terapéutico.

Art. 324: para efectuar la toma de órganos y tejidos se requiere el consentimiento expreso y por escrito del donante originario, libre de coacción física o moral, otorgado ante notario o en documento expedido ante dos testigos idóneos. El donante originario podrá revocar el consentimiento en cualquier momento y sin responsabilidad de su parte.

## BIBLIOGRAFÍA

- 1.- Santiago-Delpín, E.A., García, V.D. Latin American transplant registry VIIIth report: 1998. *Transpl Proc*, 1999; 31:214.
- 2.- Nicholson, M. y Andrew, J. Renal transplantation from living donors. *BMJ*, 1999; 318:409
- 3.- Fangmann, J.; Frühauf, N, et al. Living related and cadaveric kidney transplantation – what are the major differences. *Transpl proc*, 1999; 31:203.
- 4.- Bay, W. y Hebert, L. The living donor in kidney transplantation. *Ann Int Med*, 1987; 106:719.
- 5.- Fehrman-Ekholm, I; Brink, B; et al. Kidney donors don't regret. *Transplantation*, 2000; 69: 2067.
- 6.- Steiner, R.; Gert, B. Ethical selection of living kidney donors. *Am J Kidney Dis*, 2000; 36(4):677.
- 7.- Zimmerman, D; Donnelly, S.; et al. Gender disparity in living renal transplant donation. *Am J Kidney Dis*, 2000; 36(3):534.
- 8.- Smith, C.; Woodward, R., et al. Cadaveric versus living donor kidney transplantation. *Transplantation*, 2000; 69:311.
- 9.- De Cobelli, F., Venturini, M., et al. Renal arterial stenosis: prospective comparison of color Doppler US and breath-hold, three-dimensional, dynamic, gadolinium-enhanced MR angiography. *Radiology*, 2000; 214:373.
- 10.- Pedrosa, C. y Casanova, R. Diagnóstico por imagen. 2ª ed. Ed McGraw-Hill Interamericana. Vol II.
- 11.- McGahan, J. y Goldberg, B. Diagnostic ultrasound: a logical approach. Ed. Lippincott- Raven.
- 12.- Wojtowycz, Myron. Handbook of interventional radiology and angiography. 2a. ed. Ed. Mosby. 1995.

13.- Snopek, Albert. Fundamentals of special radiographic procedures. 4a. ed. Ed. W.B. Saunders Company. 1999.

14.- Neymark, E., et al. Arteriographic detection of renovascular disease in potential renal donors: incidence and effect on donor surgery. *Radiology*, 2000; 214:755.

15.- Kjellevand, T, et al. Influence of renal angiography in living potential renal donors. *Acta Radiol*, 1991 32: 368.

16.- Sussman, SK, et al. Intravenous digital subtraction angiography in the evaluation of potential renal donors. *J Urol*, 1987; 138:28.

17.- Morcos, SK. Contrast media-induced nephrotoxicity—questions and answers. *Br J Radiol*, 1998;71(844):357.

18.- Smith, P. and Fishman, E.. CT angiography: renal applications. *RSNA Categorical Course in Vascular Imaging Syllabus* 1998; pp35-45.

19.- Kawashima, A.; Sandler, C.; et al. CT evaluation of vascular disease. *Radiographics*, 2000; 20:1321-1340.

20.- Kaynan, A.; Rozenblit, A.; et al. Use of spiral computerized tomography in lieu of angiography for preoperative assessment of living renal donors. *J Urol*, 1999; 161:1769-1775.

21.- Dachman, A.; Newmark, G.; et al. Helical CT examination of potential kidney donors. *AJR*, 1998; 171:193-200

22.- Del Pizzo, J.; Sklar, G.; et al. Helical computerized tomography arteriography for evaluation of live renal donors undergoing laparoscopic nephrectomy. *J Urol*, 1999; 162:31-34.

23.- Rudnick MR, et al. Nephrotoxic risk of renal angiography: contrast media-associated nephrotoxicity and atheroembolism: a critical review. *Am J Kidney Dis*, 1994; 24 (4):713.

24.- Debatin, J. and Wilthermuth, S. Abdominal MR angiography. *RSNA Categorical Course in Vascular Imaging. Syllabus* 1998; pp77-92.

25.- Heiss, S.; Shifrin, R. and Sommer, G. Contrast-enhanced three-dimensional fast spoiled gradient-echo renal MR imaging:

evaluation of vascular and nonvascular disease. *Radiographics*, 2000; 20:1341-1352.

26.- Korst, M.; Joosten, F. Accuracy of normal-dose contrast-enhanced MR angiography in assessing renal artery stenosis and accessory renal arteries. *AJR* 2000; 174:629-634.

27.- Bakker, J.; Beek, F. Renal artery stenosis and accessory renal arteries: accuracy of detection and visualization with Gadolinium-enhanced breath-hold MR angiography. *Radiology*, 1998; 207:497-504.

28.- Gilfeather, M; Yoon, H.. Renal artery stenosis: evaluation with conventional angiography versus gadolinium-enhanced MR angiography. *Radiology*, 2000; 210:367-372.

29.- Prince, M.. Body MR angiography with gadolinium contrast agents. *MRI Clin North Am*, 1996; 4(1):11

30.- Strauser, G.; Stables, D. and Weil, R. Optimal technique of renal arteriography in living renal transplant donors. *AJR*, 1978; 131: 813-816.

31.- Rabe, F.; Smith, E.; et al. Limitations of digital subtraction angiography in evaluating potential renal donors. *AJR*, 1983; 141:91-93.

32.- Wolf, G.; Halavaara, J. Basic principles of MR contrast agents. *MRI Clin North Am*, 1996; 4(1): 1-10

33.- Curso por Internet de radiología: CME – Radiographics 1998. [www.radiographics.rsna.org](http://www.radiographics.rsna.org)

34.- Jordan, RM.; Mintz, RD. Fatal reaction to gadopentate dimeglumina. *AJR*, 1995; 164:743.

35.- Niendorf, H., Brasch, R. Gd-DTPA tolerance and clinical safety. New York Raven Press, 1993, pp 11-21.

36.- Prince, M.; Arnoldus, C.; and Frisoli, JK. Nephrotoxicity of high-dose gadolinium compared with iodinated contrast. *J Magn Reson Imaging*, 1996; 6(1): 162-166.

37.- Prince, M. Contrast-enhanced MR angiography: Theory and optimization. *MRI Clin North Am*, 1998; 6(2): 257-267.

38.- Congreso Mundial de Bioética. Gijón , España, 20 al 24 de junio, 2000. [bioetica@sibi.org](mailto:bioetica@sibi.org)

- 39.- Ley General de Salud. México.
- 40.- Norma Técnica No. 323 para la disposición de órganos y tejidos de seres humanos con fines terapéuticos.
- 41.- Ramos, E.; Kasiske, B.; et al. The evaluation of candidates for renal transplantation. *Transplantation*, 1994, 57(4):490-97.
- 42.- Steiner, R. and Gert, B. Ethical selection of living kidney donors. *AJKD*, 2000; 36(4): 677-686.
- 43.- Hattery, R. and King, B. Technique and application of MR urography. *Radiology*, 1995, 194:25-27
- 44.- Nolte-Ernsting, C.; Bücker, A; et al. Gadolinium enhanced excretory MR urography after low-dose diuretic injection: comparison with conventional excretory urography. *Radiology*, 1998, 209(1):147-157.
- 45.- Tarantino, A. Why should we implement donation in renal transplantation?, *Clin Nephrol*, 2000; 53(4):55-63
- 46.- Cecka, JM. The UNOS scientific renal transplantation registry, 10 years of kidney transplants. *Clin Transpl*, 1997; 11:1-14.
- 48.- Mikkonen, R.; Vehmas, T.; et al. Seasonal variation in the occurrence of late adverse skin reactions to iodine-based contrast media. *Acta Radiol*, 2000; 41(4):390-3.
- 49.- Guillen, JG; Guido, RG y Vargas, ME. Reacciones no fatales del medio de contraste iodado: 29 años de experiencia. *Rev Alerg Mex*, 1998; 45(4): 112-5.
- 50.- Stovsky, MD, Seftel, AD, Resnik, M. Delayed hypersensitivity reaction after infusion of nonionic intravenous contrast for an excretory urogram: a case report and review of the literature. *J Urol*, 1995; 153(5):1641-3.
- 51.- Pedersen, SH; et al. Late allergy-like reactions following vascular administration of radiography contrast media. *Acta Radiol*, 1998; 39(4):344-8
- 52.- Thomsen, HS and Bush, WH. Adverse effects of contrast media: incidence, prevention and management. *Drug Saf*, 1998; 19(4):313-24