

# Evaluación Doppler del riñón trasplantado



**Diana Lisseth Fernández-Ochoa,<sup>1</sup> Melissa Lisbeth Si-cha-Ñahuis,<sup>1</sup> César Augusto Ramírez-Cotrina<sup>3,4</sup>**

## RESUMEN

El trasplante renal (TR) es el tratamiento de elección en pacientes con enfermedad renal crónica en su etapa terminal, que permite llegar a tener una supervivencia a los 5 años de 72 % a 99 %. Por esto, se enfatiza su importancia en la evaluación y el control del riñón trasplantado. La radiología desempeña un rol fundamental en el control, el diagnóstico y el tratamiento de la disfunción del TR, y la ecografía Doppler es el estudio de elección para evaluar los TR en una etapa temprana del período posoperatorio, en el período posterior al TR y para el seguimiento a largo plazo.

**PALABRAS CLAVE.** Trasplante renal, Ecografía Doppler.

## ABSTRACT

Renal transplantation (RT) is the treatment of choice in patients with chronic kidney disease in its terminal stage, which allows to have a 5-year survival of 72 % to 99 %. Therefore, its importance in the evaluation and control of the transplanted kidney is emphasized. Radiology plays a fundamental role in the control, diagnosis and treatment of TR dysfunction, and Doppler ultrasound is the study of choice to evaluate RTs at an early stage of the postoperative period, in the period after the TR and for long term follow up.

**KEYWORDS.** Kidney transplant, Doppler ultrasound.

## CÓMO CITAR ESTE ARTÍCULO

Fernández-Ochoa DL, Si-cha-Ñahuis ML, Ramírez-Cotrina CA. Revisión: evaluación Doppler del riñón trasplantado. Rev Per Radiol. 2019;19:78-87.

## CORRESPONDENCIA

César Augusto Ramírez-Cotrina  
cramirez4242@gmail.com

1 Médico residente, departamento de Diagnóstico por Imágenes, Hospital Nacional Cayetano Heredia (HNCH), Minsa. Lima, Perú.

2 Médico radiólogo, jefe del departamento de Diagnóstico por Imágenes, HNCH, Minsa. Lima, Perú.

3 Médico radiólogo, unidad de Trasplante Renal, HNCH, Minsa. Lima, Perú

## INTRODUCCIÓN

El trasplante renal (TR) constituye un problema de salud pública en el mundo y en Perú,<sup>1,2</sup> pues se ha visto un incremento en el número de pacientes con enfermedad renal crónica en etapa terminal (ERCT) tanto en países desarrollados como Inglaterra y Estados Unidos donde hay un crecimiento a un ritmo del 5 % a 8 %, <sup>3,4</sup> a pesar de los intensos esfuerzos en promover los TR y la donación de órganos, el número de donantes y la frecuencia con la que se realizan los TR es escasa. De los pacientes con ERCT que han recibido tratamiento el 15 % fallecieron y 74 % recibieron diálisis renal y menos de 1 % recibieron TR. Por esto, las prestaciones de salud en Perú han priorizado programas en el manejo de estos pacientes para incrementar el número de TR. Se ha logrado un aumento en estos últimos 10 años,<sup>5</sup> sin embargo, sigue siendo uno de los países con las tasas más bajas en América Latina.

El TR en comparación con la diálisis renal genera una mejora en la calidad de vida y disminución de la mortalidad, por lo cual una evaluación cuidadosa del injerto es esencial para la supervivencia del riñón trasplantado y del paciente desde el aspecto perioperatorio (evaluación del donante y del receptor), posoperatorio inmediato y un seguimiento posterior tardío. La ecografía en escala de grises y el Doppler son los métodos de estudio de primera línea para la evaluación.<sup>6</sup>

## EVALUACIÓN PERIOPERATORIA DEL TR

La evaluación en el período perioperatorio del TR es muy importante, pues, va a ayudar a estudiar tanto al receptor como al donador en la búsqueda de algún factor de riesgo o alguna contraindicación para el procedimiento quirúrgico.<sup>7,8</sup>

### Evaluación del receptor previo al TR

La ecografía en escala de grises y Doppler permite lo siguiente:

- Ayuda al diagnóstico de la enfermedad de base que ha llevado al paciente a la terapia de reemplazo renal.
- Evaluación de la presencia de alguna patología urológica o abdominal que contraindique el TR.
- Evaluación vascular adecuada en los receptores de alto riesgo. La enfermedad cardiovascular es la

primera causa de morbimortalidad en los pacientes trasplantados, y es afectada por la ateromatosis (enfermedad de la íntima que condiciona la oclusión vascular) y la aterosclerosis (afección de la capa media que reduce la distensibilidad arterial), que se evaluará mediante la ecografía Doppler con la medición de la velocidad de la onda aórtica, la reducción de la distensibilidad de la arteria carótida y la evaluación de los miembros inferiores, con el estudio de las ondas espectrales respectivas. En este desaparece la inversión del flujo diastólico y existe disminución de las velocidades de perfusión diastólica y sistólica a medida que se instaura la oclusión de la luz vascular.<sup>7</sup>

- Evaluación Doppler de la vasculatura renal tanto intraparenquimal como extraparenquimal.<sup>9</sup>
- Evaluación de la vasculatura de los vasos ilíacos para la detección de cualquier alteración que pudiera dificultar la anastomosis del TR.<sup>8</sup>

### Técnica para la evaluación Doppler del receptor

Para iniciar la evaluación correctamente, el paciente debe de estar en ayunas por lo menos ocho horas para reducir la presencia de gas intestinal y se puede utilizar medicamentos antilflatulentos en los tres días precedentes.<sup>9</sup> El procedimiento comienza con el paciente en decúbito supino y la cabecera puede elevarse aproximadamente en 30°. Se utiliza un transductor convexo de baja frecuencia (2,5-5MHz) para valorar estructuras vasculares profundas.<sup>10</sup>

El examen se inicia con el paciente en decúbito supino y el transductor en la línea media abdominal para la evaluación de la aorta abdominal en corte longitudinal. Se utiliza como referencia el sitio de emergencia de la arteria mesentérica superior y de las arterias renales, donde se mide el pico de velocidad sistólica que será utilizado más tarde para el cálculo de la relación renal/aórtica.<sup>9</sup>

El ostium de las arterias renales nace 1 a 2 cm por debajo de la arteria mesentérica superior, y se toma a esta arteria como referencia para su ubicación. Su evaluación se realiza en los planos transversal y longitudinal con el paciente en posición decúbito supino y decúbito lateral izquierdo, respectivamente. Se puede evaluar la presencia de posibles arterias renales supernumerarias, las cuales pueden presentar estenosis que llegan a tener repercusión hemodinámica en las arterias renales principales.<sup>9,10</sup> El siguiente paso es evaluar todo el trayecto de ambas arterias renales (tercios proximal,

medio y distal); para el tercio proximal se realiza un abordaje anterior en decúbito supino y para los otros dos segmentos se coloca al paciente en decúbito lateral derecho o izquierdo según la arteria renal que se quiera evaluar (izquierda o derecha, respectivamente). Por último, se realiza la evaluación de las ramas intrarrenales (interlobares) en el polo superior, en la porción media y en el polo inferior de ambos riñones.

La evaluación Doppler color de las arterias renales ayuda a confirmar la etiología y dirección del flujo.<sup>10</sup> Es de alto valor en la valoración de los vasos intrarrenales. El flujo puede ser identificado, en la mayoría de los pacientes, en el hilio renal particularmente si el ángulo de incidencia es optimizado para lograr ángulos menores de 60° relativos al curso del vaso.<sup>3</sup> Los vasos de menor tamaño pueden ser mejor demostrados con el Power Doppler, aunque se pierde la información sobre la direccionalidad del flujo.<sup>9,10</sup>

En la evaluación espectral de las arterias renales y de sus ramas se debe tener en cuenta la morfología de la onda espectral que muestra un patrón de baja resistencia, un pico de velocidad sistólica con un ascenso rápido y un flujo diastólico continuo, dicha onda espectral va a disminuir de amplitud tanto en las fases sistólica como diastólica, mientras más distalmente se va evaluando la vasculatura renal. Así mismo, debe medirse el pico de velocidad sistólica máxima (VPS) el cual debe ser menor de 180-200 cm/s, la velocidad va disminuyendo en las arterias intrarrenales a medida que se van ramificando.<sup>9</sup>

Otro parámetro indispensable para evaluar es el índice de resistencia (IR), que mide el grado de impedancia arterial intrarrenal y se calcula mediante la fórmula  $[(VPS - \text{velocidad diastólica final})/VPS]$ . Se tiene como referencia un valor menor de 0,7 en cada riñón y que la diferencia entre ambos riñones sea menor de 5%. Los valores de IR son más altos en la región hiliar que en las arterias renales más distales y son más bajos en las arterias interlobares.<sup>10</sup> Otros parámetros de evaluación son el tiempo de aceleración, el índice de aceleración, la relación del VPS renal/aórtico, los cuales son parámetros más operador-dependientes y, por ello, menos confiables que el IR.<sup>9</sup> Figura 1.

### Evaluación del donador vivo

Su evaluación comienza con la ecografía en modo B para valorar la anatomía renal, sus dimensiones,

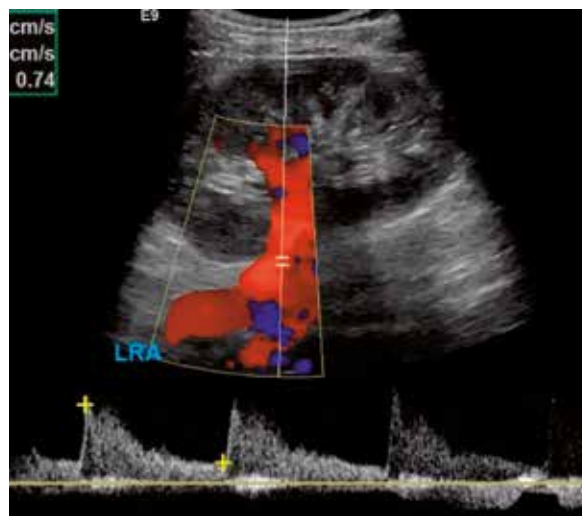


Figura 1. Evaluación de Doppler color y espectral de la arteria renal izquierda donde se visualiza una VPS de 118,4 cm/s y una velocidad diastólica final (ED) de 31,3 cm/s, con índice de resistencia (IR) 0,74.

diferenciación córtico-medular, grosor del parénquima renal, excluir cálculos, lesiones quísticas o sólidas que contraindiquen el TR y la anatomía de la unidad excretora,<sup>8</sup> por lo cual, es importante conocer las características ecográficas de un riñón normal.

Es crucial la valoración de la anatomía vascular normal y sus variantes antes de la extirpación quirúrgica.<sup>12</sup> Cuando los donantes son vivos se debe valorar las variantes arteriales aórticas y/o renales, las variantes anatómicas venosas y/o las malformaciones congénitas; estos aspectos son claves para poder decidir si el donante es apto y, además, decidir qué riñón se extirpará. En la actualidad, existen varios protocolos para la evaluación de los posibles donantes y recomiendan realizar la TCMD (tomografía computarizada multidetector),<sup>8,9,12</sup> para la evaluación ya determinada anteriormente.

## EVALUACIÓN POSTRASPLANTADO

Para un buen abordaje en la evaluación del riñón trasplantado es necesario analizar el reporte operatorio para conocer la ubicación y la técnica quirúrgica usada.

### Aspectos anatómicos del riñón trasplantado

Es necesario saber exactamente el procedimiento quirúrgico realizado a través del reporte operatorio, ya que este permitirá conocer la ubicación y la anatomía vascular y las anastomosis del riñón trasplantado.

Usualmente, el riñón trasplantado se encuentra en la fosa ilíaca derecha a nivel extraperitoneal, ya que la vena ilíaca derecha se sitúa más superficial y horizontalmente en ese lado de la pelvis, de este modo, facilita la anastomosis *end to side* con los vasos ilíacos externos.

Frecuentemente, la anastomosis se realiza con la arteria y la vena ilíaca externa; pero el flujo arterial puede ser suplido por tres tipos de anastomosis:

- DONADOR VIVO. Anastomosis *end to side* con la arteria ilíaca común o externa; anastomosis *end to end* con la arteria ilíaca interna.
- DONADOR CADAVERÍCO. Anastomosis *end to side* con la arteria renal obtenidos con un pequeño *patch* de la aorta (*carrel patch*).<sup>16,18</sup>

La vía excretora puede ser restaurada por ureteroneocistostomía, ureteroureterostomía o pieloureterostomía. El método preferido es la ureteroneocistostomía el cual previene el reflujo.<sup>16-18</sup>

## TÉCNICA DE EXPLORACIÓN

El riñón trasplantado, por su naturaleza superficial, permite adquirir imágenes de alta resolución. La evaluación posoperatoria inmediata consiste en una evaluación en escala de grises y en Doppler.<sup>14-19</sup> Tabla 1.

### Evaluación no vascular del riñón trasplantado en escala de grises

Esta evaluación brinda información sobre la causa de la disfunción del trasplante,<sup>16</sup> por lo cual se requiere una optimización de la configuración de la escala de grises y de la imagen Doppler que se evaluará posteriormente.

Tabla 1. Técnica de exploración

- Uso de transductores convexos de 3,5-6 MHz, se puede usar transductores de alta frecuencia si es posible.
- Evaluación en escala de grises. Ayuda a evaluar el tamaño, ecogenicidad, diferenciación corticomedular, masas, cicatrices, calcificaciones, colecciones perirrenales, hidronefrosis y engrosamiento del urotelio.
- Evaluación de la vejiga. Para detectar presencia de detritus, sangre, presencia de stent, volumen urinario.
- Valoración cualitativa de la perfusión del riñón trasplantado. Se realiza mediante Doppler color o power Doppler.
- Evaluación espectral de la arteria renal trasplantada y vena en la porción de la anastomosis, porción media y el hilio.
- Doppler espectral de los vasos ilíacos ipsilaterales. En sus porciones proximal, distal y a nivel de la anastomosis.

Esto incluye elegir el transductor. Se recomienda un transductor convexo de frecuencia 2,5-6 MHz, la frecuencia de escaneo correctos, ajustar la configuración de ganancia, la profundidad, la posición y el rango de la zona focal y usar imágenes armónicas cuando sea necesario.<sup>16</sup>

Para la evaluación del posoperatorio inmediato se emplea una técnica aséptica, incluido el uso de gel de ultrasonido estéril y de una cubierta para el transductor, para reducir los riesgos potenciales de infección.<sup>16,19</sup> Los siguientes aspectos para valorar, mediante escala de grises, son los siguientes:<sup>13-16,19</sup> Figura 2.

- TAMAÑO. El tamaño del injerto debe ser valorado, ya que servirá de referencia para futuras evaluaciones de complicaciones. Hay que tener en cuenta que los TR pueden estar discretamente hipertróficos en las dos primeras semanas tras el trasplante.<sup>14</sup>
- VOLUMEN RENAL. El cálculo del volumen se estima con la fórmula *prolate ellipsoid* (longitud x diámetro anteroposterior x diámetro transversal x 0,52).
- MORFOLOGÍA. La morfología del riñón trasplantado suele ser similar a la de los riñones nativos, con forma elíptica. Hay que descartar la presencia de lesiones intraparenquimales benignas (quistes renales simples o angiomiolipomas) o malignas.
- DIFERENCIACIÓN CÓRTICO-MEDULAR.
- EVALUACIÓN DE LA VÍA EXCRETORA. En los recién trasplantados puede existir cierto grado de ectasia que se relaciona con denervación posoperatoria.
- EVALUACIÓN DE LA VEJIGA.
- EVALUACIÓN DEL ESPACIO PERIRRENAL.

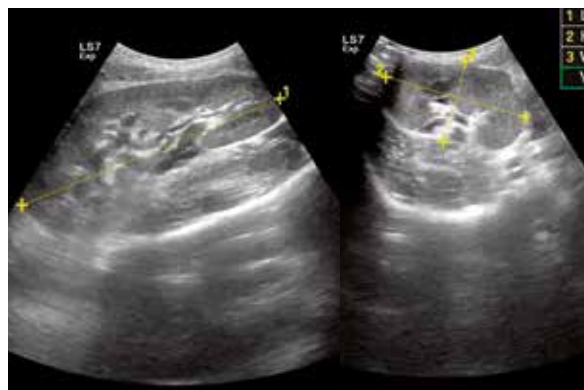


Figura 2. Técnica de exploración en modo B: Riñón trasplantado, localizado en fosa ilíaca derecha, de forma habitual. Parénquima homogéneo, con adecuada diferenciación corticomedular; no hidronefrosis ni litiasis. Volumen renal: 250 mL (DL: 145 mm, AP: 48 mm, DT: 75 mm)

## Evaluación vascular con ecografía Doppler del riñón trasplantado

La evaluación vascular del TR en el posoperatorio inmediato se basa en comprobar una adecuada permeabilidad de las anastomosis vasculares. Esta evaluación consta del doppler color, espectral, y el power Doppler que puede identificar el flujo que no es detectable en el Doppler color; sin embargo, no proporciona la velocidad ni la dirección del flujo.<sup>14,16,20</sup> Para la evaluación Doppler se debe, en primera instancia, optimizar el Doppler color y espectral para una adecuada evaluación.<sup>16,20,21</sup>

### OPTIMIZACIÓN DE LA EVALUACIÓN DOPPLER COLOR Y ESPECTRAL

Los ajustes son diferentes para la evaluación de una estructura de bajo flujo como la vena renal frente a una arteria renal de alto flujo. Se optimiza la ganancia Doppler, la escala de velocidad, la línea de base, el ángulo Doppler, el volumen de muestra y el filtro de pared.<sup>16,20</sup>

Al igual que los ajustes preestablecidos de la máquina en escala de grises, los fabricantes tienen parámetros preestablecidos disponibles para imágenes vasculares. Los ajustes preestablecidos vasculares abdominales para un transductor curvo pueden tener opciones para imágenes de bajo, medio o alto flujo con diferente frecuencia, escala, filtro de pared y otras configuraciones.<sup>16,22</sup>

- **GANANCIA DOPPLER.** La configuración de la ganancia Doppler controla la ganancia de color en el modo Doppler color o de potencia y la ganancia espectral en el modo Doppler de onda de pulso. Si los ajustes de ganancia de color son demasiado bajos, es posible que no se visualice el flujo existente. Esto puede dar la falsa percepción de disminución de la perfusión renal. Si la configuración de ganancia de color es demasiado alta, entonces la presencia un flujo puede mostrarse artificialmente en una estructura que en realidad no tiene ningún flujo. La ganancia espectral controla la amplitud de la visualización espectral. El exceso de ganancia espectral puede generar una onda falsa con ensanchamiento espectral y flujo turbulento.<sup>16,22</sup>
- **AJUSTE DE LA MUESTRA DE VOLUMEN.** Durante el Doppler espectral, la forma de onda obtenida es una reflexión de la distribución y el cambio en la velocidad a lo largo del ciclo cardíaco dentro del volumen de la muestra. Para obtener una forma de onda espectral precisa de un vaso, el tamaño del

volumen de la muestra debe optimizarse de acuerdo con el diámetro del vaso que se está estudiando y se debe colocar en el centro de la luz del vaso.<sup>16</sup>

- **AJUSTE DE LA ESCALA DE VELOCIDAD Y LA LÍNEA DE BASE.** La escala de velocidad se usa para ajustar el rango de velocidades que se muestran en el doppler color y doppler espectral. Ajustar la línea de base espectral permite la visualización de la forma de onda. En la evaluación de TR, la optimización de la escala de velocidad espectral ayuda a representar con precisión la velocidad en la arteria renal y también a caracterizar las formas de onda intrarrenal.<sup>16</sup>
- **OPTIMIZACIÓN DEL ÁNGULO DOPPLER.** Para medir la velocidad del pico sistólico con precisión, es necesario tener el ángulo Doppler lo más bajo posible (idealmente 30°-60°). La posición y orientación del TR en la pelvis puede ser variable, y es necesario cambiar la posición de la sonda de acuerdo con la orientación del riñón.<sup>16,22</sup>
- **EFFECTO DE LA COMPRESIÓN DE LA SONDA.** Los TR están localizados de manera superficial y la aplicación de demasiada presión sobre la piel con la sonda puede comprimir el aloinjerto y afectar la morfología de las ondas intrarrenales. La aplicación de excesiva presión con la sonda puede causar falsamente que el flujo diastólico se reduzca o incluso se pierda, lo que da como resultado un incremento del IR.<sup>16,22</sup>
- **IDENTIFICACIÓN CORRECTA DE LA VELOCIDAD DEL FINAL DE LA DIÁSTOLE.** Es necesario la identificación correcta de la velocidad diastólica final para la medición precisa de IR pues, de lo contrario, puede generar alteración en su medición. Reposicionar el volumen de la muestra sobre la arteria y/o reducir el tamaño de la muestra para excluir la vena y la colocación correcta de los calibradores pueden ayudarnos a reducir una medición incorrecta.<sup>16</sup>
- **MEDICIÓN CORRECTA Y PRECISA DEL TIEMPO DE ACELERACIÓN.** El tiempo de aceleración se mide desde el inicio de la curva sistólica hasta el primer pico o cambio abrupto en la velocidad de la curva. El tiempo de aceleración normal es menor de 0,1 s. Se recomienda el uso de ajustes de frecuencia más alta, ya que las frecuencias más bajas pueden dificultar la identificación del cambio en la curva de velocidad, lo que dificulta la evaluación precisa del tiempo de aceleración.<sup>16,22</sup>

## TÉCNICA DE EXPLORACIÓN DOPPLER

El examen Doppler renal postrasplante se realiza dentro las primeras 24 a 48 horas y también como método de evaluación de primera línea en el caso de signos de disfunción del TR. Esta evaluación debe incluir la evaluación de la arteria y vena ilíacas externas, la arteria y vena renales, las anastomosis y las arterias intraparenquimales del riñón trasplantado (arterias segmentarias o interlobares en sus aspectos inferior, medio y superior). Permite la visualización de un flujo parenquimatoso uniforme, la identificación de la arteria renal principal con sus divisiones anterior y posterior.<sup>6,14,18</sup>

- ARTERIA(S) RENAL(ES) PRINCIPAL(ES). Se registra el número de arterias renales principales, si es que hay más de una con anastomosis separada se debe evaluar una por una. Se debe evaluar la arteria o arterias en Doppler color desde el riñón trasplantado hasta la anastomosis. La medición de la velocidad se debe obtener en la anastomosis y distal a ella.<sup>14</sup> [Figura 3]

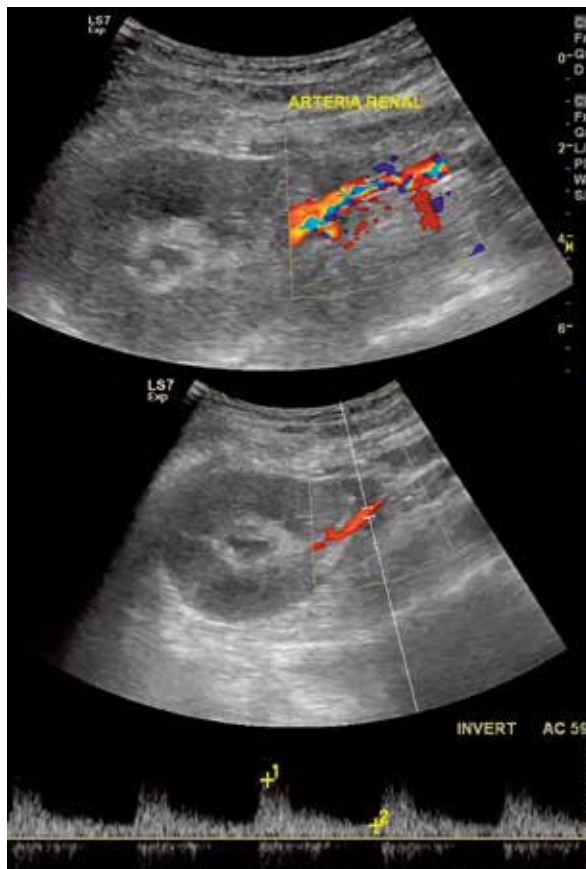


Figura 3. Evaluación Doppler color y espectral de la arteria renal principal. Visualización del flujo, con VPS y velocidad diastólica final en rangos normales.

- VENA RENAL PRINCIPAL. Las imágenes en Doppler color deben obtenerse desde el riñón trasplantado hasta la anastomosis, mientras que las ondas espectrales se evalúan en el lugar de la anastomosis y distal a ella.<sup>14</sup>
- ARTERIA Y VENA ILÍACAS EXTERNAS. Las imágenes Doppler color y espectral de la arteria y vena ilíaca externa deben obtenerse de forma cefálica hacia la anastomosis de la vena y arteria renal principal. Puede ser útil el cálculo de la relación de la velocidad pico sistólica de la arteria renal y la arteria ilíaca para evaluar estenosis e la arteria renal.<sup>14</sup> [Figura 4]
- ARTERIAS INTRARRENALES. Se deben obtener imágenes de Doppler color o power Doppler de todo el riñón, para proporcionar una evaluación global de la perfusión renal. Los índices cuantitativos evaluados IR y tiempo de aceleración (TA) deben ser obtenidos de las arterias interlobares o segmentarias en sus polos superior e inferior e interpolares.<sup>14</sup>

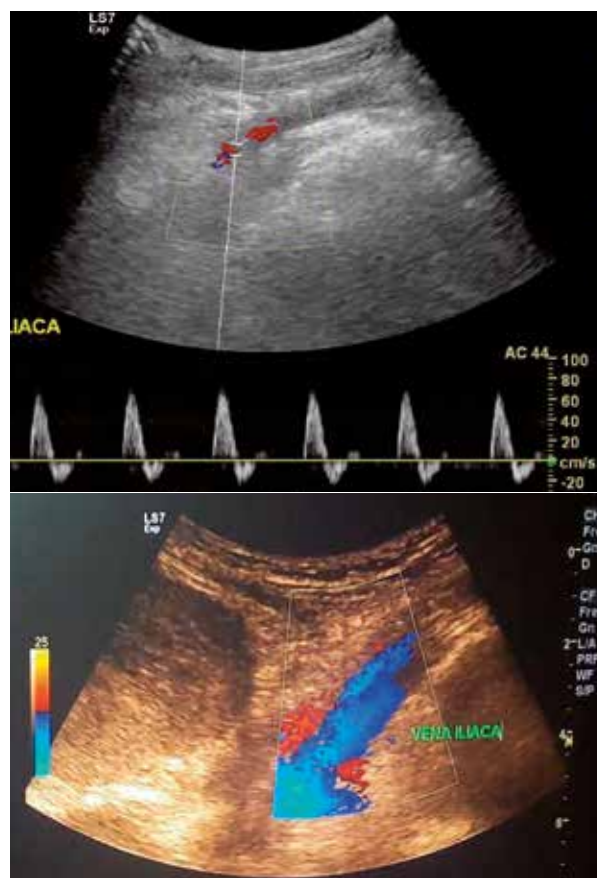


Figura 4. Evaluación de vasos ilíacos. A) Doppler color y espectral de Arteria ilíaca. B) Doppler color de vena ilíaca.

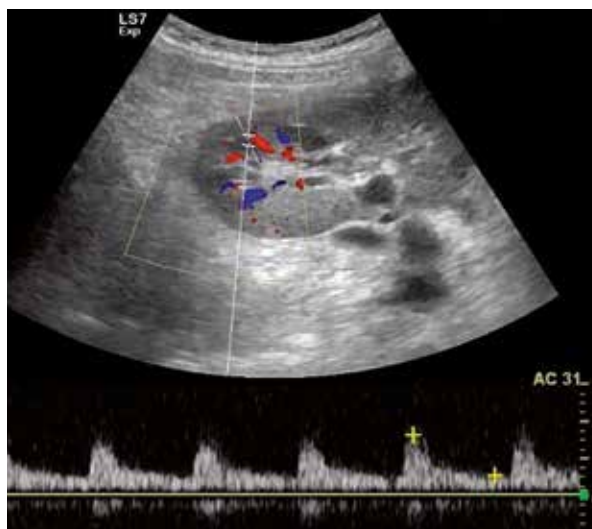


Figura 5. Arteria interlobar del polo superior. Muestra onda bifásica con VPS (32,7 cm/s) y velocidad diastólica (10,6 cm/s) adecuados; IR: 0,67.

- **VENAS INTRARRENALES.** Se pueden obtener imágenes de Doppler color y espectral para evaluar el flujo venoso dentro del trasplante.<sup>14</sup> [Figura 5]

Se realiza una evaluación cualitativa con el Doppler color, power Doppler, y una evaluación cuantitativa la cual permite evaluar los siguientes parámetros:<sup>18</sup>

- Índice de resistencia
- Índice de pulsatibilidad
- Forma de la onda Doppler
- Estudio del flujo de la onda diastólica
- Velocidades de los flujos

### DOPPLER COLOR- POWER DOPPLER

El Doppler color evalúa la permeabilidad y la dirección del flujo en las arterias y venas del trasplante. El power Doppler brinda información sobre la presencia de flujo o no, sobre todo cuando son flujos lentos, por lo que, puede detectar si el riñón trasplantado se encuentra poco perfundido, no da información sobre la dirección del flujo. Si un paciente ha sido sometido a un trasplante en bloque se debe evaluar de forma individual cada riñón.<sup>6,19</sup> Figura 6.

#### Onda espectral de riñón trasplantado normal

La arteria renal tiene un registro de onda de baja resistencia con un pico de velocidad sistólico la que tiene un ascenso rápido y un flujo diastólico continuo. Entre

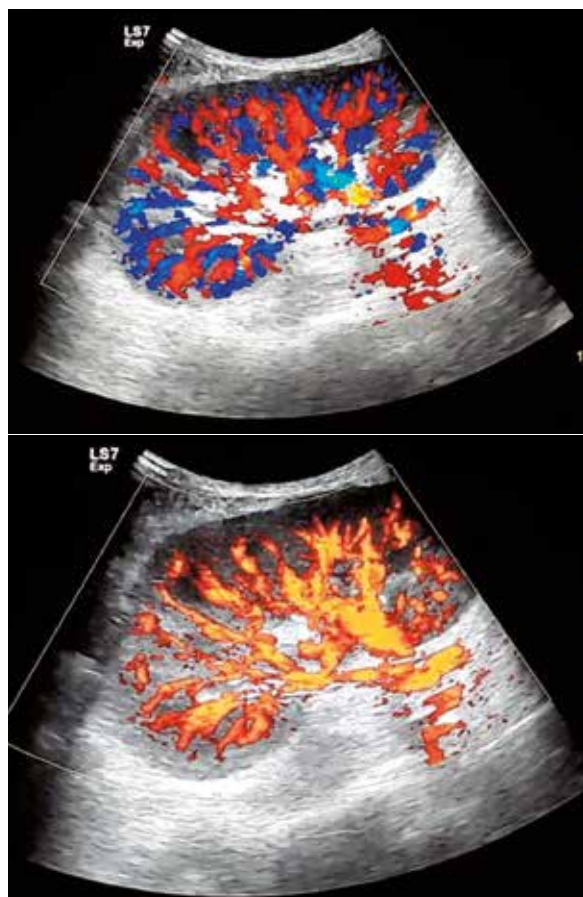


Figura 6. Evaluación Doppler color y power Doppler de la vascularización renal.

la arteria renal principal y los vasos intrarrenales existe un descenso de la amplitud sistólica y diastólica.<sup>23</sup> En la zona de anastomosis puede encontrarse un patrón de flujo turbulento como consecuencia de la anastomosis quirúrgica de los vasos. Con la onda de flujo de la arteria renal se calcula el índice de resistencia el cual viene determinado por la velocidad pico sistólica y la velocidad diastólica mínima.<sup>16,20,21,23</sup>

#### Evaluación del índice de resistencia como predictor de disfunción del TR

La determinación del IR intrarrenal permite estimar la perfusión diastólica en relación a la perfusión sistólica, por lo que un aumento del IR puede ser secundario a cualquier afección que provoque como consecuencia una reducción en la perfusión renal diastólica en comparación con la sistólica.<sup>24</sup> El IR se calcula mediante la siguiente fórmula:  $\text{índice de resistencia} = \frac{\text{velocidad pico sistólico} - \text{velocidad telediastólica}}{\text{velocidad pico sistólico}}$  con un valor normal entre el rango de 0,6 a 0,8.<sup>30</sup> [Figura 7]

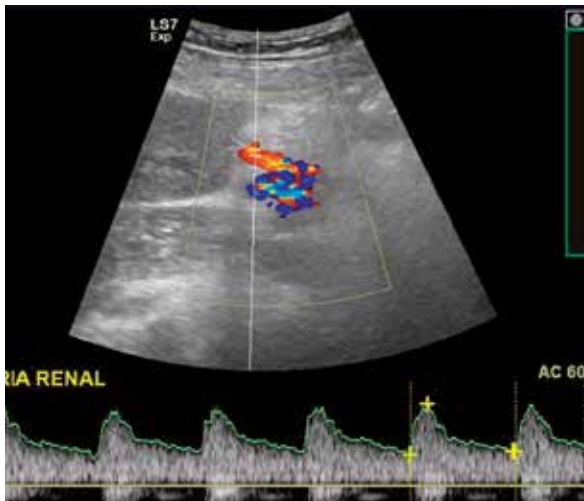


Figura 7. Evaluación del IR: 0.57 e IP: 0.94 de la arteria renal, ambos en rango adecuado.

EL IR intrarrenal está influenciada no solo por la resistencia arterial, sino también por factores extrarrenales, por lo cual tiene un valor limitado para la identificación de la causa de la disfunción del trasplante (insuficiencia renal aguda, obstrucción del tracto urinario, enfermedades vasculares u otras causas).<sup>6,24,25</sup> Los estudios han sugerido que el IR no es sensible ni específico en la identificación de la causa de la disfunción del trasplante funcional.<sup>6</sup>

Al utilizar  $IR > 0,90$ , Rifkin et al. encontraron una sensibilidad de 13 %, una especificidad de 100 %, un valor predictivo positivo (VPP) de 100 % y un valor predictivo negativo (VPN) de 66 % en el diagnóstico de rechazo agudo. Genkins et al.<sup>6</sup> utilizaron un corte de IR de 0,90 para el diagnóstico de rechazo de TR y encontraron una sensibilidad de 9 %, una especificidad de 91 %, un VPP de 29 % y un VPN de 70 %.<sup>6,25,26</sup>

Otros estudios han demostrado que el IR de la arterial renal es útil para predecir la supervivencia del riñón trasplantado, cuando es inferior de 0,8. Radermacher et al.,<sup>27</sup> con un límite de IR de 0,80 como referencia encontró que, a los 3 meses después del trasplante, 47 % de los pacientes con  $IR > 0,80$  desarrollaron nefropatía crónica por aloinjerto (CAN), en comparación con el 9 % de los pacientes con un  $IR < 0,80$ . Naesens et al.<sup>28</sup> plantea dudas sobre esta teoría, pues en su estudio se analizó el IR en el momento de la toma de biopsias del aloinjerto renal basal y en los pacientes con disfunción del injerto. El IR fue significativamente mayor en la biopsia realizada en pacientes con disfunción del

injerto, pero los cambios en la IR no reflejaron cambios en las características histológicas cuando las biopsias se realizaron en puntos de tiempo específicos del protocolo. Los autores supusieron que estos cambios no reflejaban un proceso subyacente de la enfermedad intrarrenal, sino que estaban relacionados con la edad del paciente y los factores hemodinámicos centrales.<sup>28</sup>

### Evaluación del índice de pulsatilidad y del índice de resistencia como predictores de la disfunción del TR a largo plazo

Como se mencionó anteriormente, el análisis de la onda espectral de las arterias intrarrenales permite la valoración cuantitativa del índice de pulsatilidad (IP) e IR, los cuales se calcula con las siguientes formulas:

- IP:  $\text{velocidad pico sistólica} - \text{velocidad diastólica} / \text{velocidad media}$
- IR:  $\text{velocidad pico sistólico} - \text{velocidad telediastólico} / \text{velocidad pico sistólico}$

Los valores normales para el IP [Figura 7] oscilan entre 1,36 y 1,26 y para IR entre 0,6 y 0,8. La sensibilidad y especificidad de estos índices en la detección de rechazo agudo del riñón trasplantado varían según el nivel de corte utilizados.

McArthur et al.<sup>27</sup> encontró que tanto el índice de IR como el IP medidos entre la 1 semana y los 3 meses se correlaciona significativamente con la tasa de filtración glomerular o la creatinina sérica y la función del riñón trasplantado a corto plazo (a un año después del trasplante). Sin embargo, su relación con la función a largo plazo es controvertido,<sup>29</sup> pues hay estudios con resultados contradictorios.

No solo pueden usarse para monitorizar el TR en busca de complicaciones tempranas, también pueden considerarse marcadores pronósticos no invasivos útiles para ayudar en la estratificación del riesgo para la integridad futura del trasplante.

### Evaluación del flujo diastólico

El riñón trasplantado funcionando tiene una resistencia vascular baja al igual que el riñón sano, lo que permite que el flujo sanguíneo permanezca constantemente anterógrado durante el ciclo cardíaco. La alteración del IR se ve reflejado en la velocidad del flujo diastólico,



por lo cual un incremento en el índice de resistencia se verá reflejado en la reducción de la velocidad del flujo diastólico (el cual puede hacerse reverso o inverso) de la arteria renal principal y las segmentarias y, como consecuencia se produce el incremento en la relación entre la velocidad sistólica y diastólica.<sup>30,31</sup>

La monitorización del flujo diastólico a nivel de las arterias interlobares del riñón trasplantado permite un diagnóstico temprano de los cambios hemodinámicos intrarrenales que expresan daño en los órganos.

Existen diversas patologías que pueden alterar el IR y, en consecuencia, alterar la onda espectral del flujo diastólico por lo cual es importante la monitorización de este parámetro para la evaluación de su funcionalidad.

Entre las causas del incremento del IR y del flujo diastólico inverso se encuentran el rechazo agudo del riñón trasplantado, torsión vascular, hematomas compresivos extrarrenales y necrosis tubular aguda donde el flujo diastólico puede desaparecer o invertirse como lo describe Lockhart et al.<sup>30,31</sup> Estas diferentes causas tienen diferentes pronósticos y tratamientos.<sup>6, 30,31</sup>

Se ha demostrado que la detección del flujo diastólico inverso tiene un valor pronóstico negativo para la funcionalidad a corto y largo plazo del injerto y hasta la fecha se han descrito tres patrones diferentes.

Diversos estudios han descrito variedades de formas de ondas diastólicas reversas y se ha sugerido que la división clínicamente relevante debe darse entre las ondas que muestran un flujo retrógrado transitorio seguido de un retorno a la línea de base o un flujo anterógrado para el resto de la diástole. A raíz de esto surgió un consenso general que indica que, el flujo diastólico inverso presente a lo largo de la diástole representa una mayor resistencia vascular y, en consecuencia se asocia con una mayor pérdida del riñón trasplantado.

Lockhart et al. propusieron un modelo de clasificación que consiste en tres tipos de ondas, las cuales se caracteriza por lo siguiente [Figura 8].<sup>6,30,31</sup>

- ONDA DE ESPECTRO NORMAL BASAL [Figura 8A]
- ONDA TIPO 1 O TRANSITORIA. Se define como una onda con pequeña cantidad de flujo invertido seguida de un retorno a la línea de base (onda bifásica) o de un flujo anterógrado (onda trifásica) ya sea bifásico o

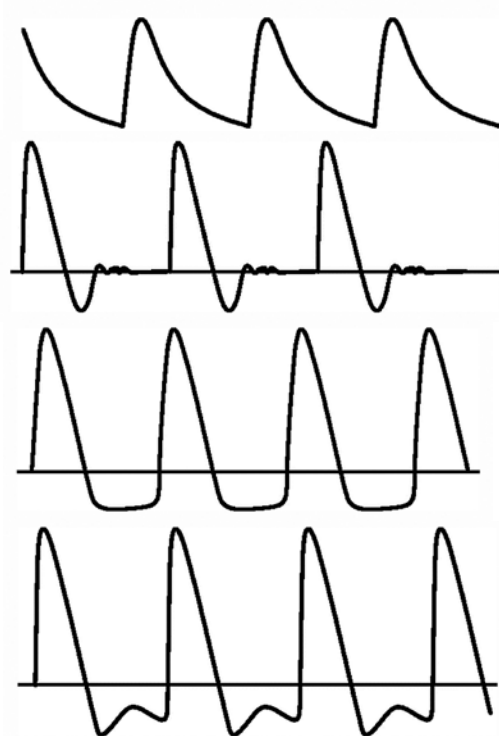


Figura 8. A) Onda a normal. Flujo anterógrado persistente a lo largo del ciclo cardíaco. B) Tipo 1. Presenta inversión de la onda diastólica transitoria del flujo. C) Tipo 2. Inversión constante a lo largo del ciclo. D) Tipo 3. Flujo invertido a lo largo de la diástole. Velocidad invertida es menor en la diástole media que en el resto de la diástole.

trifásico, el flujo inverso se clasifica como transitorio cuando la forma de la onda diastólica inverso regresa a la línea de base antes de la diástole final [Figura 8B]

- ONDA TIPO 2 O MESETA. Esta onda tiene un aspecto plano, y la velocidad del flujo invertido se mantiene relativamente constante a lo largo de la diástole [Figura 8C]
- ONDA TIPO 3 O M INVERTIDA. Esta onda de flujo invertido tiene en particular una muesca central o simplemente una muesca. La desaceleración media de la diástole del flujo invertido puede o no alcanzar la línea de base antes de reanudar al flujo invertido hasta la diástole final [Figura 8D]

Las causas de la alteración del flujo diastólico son diversas patologías y dependen del momento en que aparece esta alteración. Por ejemplo, para la inversión aguda del flujo diastólico dentro de las primeras 24 horas, la causa más frecuente es el hematoma, una causa potencialmente tratable con la evacuación quirúrgica, seguida en frecuencia por la torcedura vascular y el rechazo agudo. En el período perioperatorio la alteración del flujo diastólico es un signo sensible, pero, no específico de

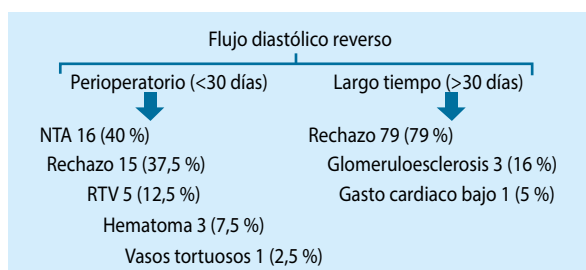


Figura 9. Causas de alteración del flujo diastólico en relación al tiempo de aparición. NTA: necrosis tubular aguda. RTV: trombosis venosa renal.

trombosis de la vena renal, que, generalmente, termina con la pérdida del riñón trasplantado. En el período a largo plazo ayuda para identificar el rechazo crónico del injerto y la glomeruloesclerosis.<sup>6,30,31</sup> Figura 9.

La ecografía Doppler es una herramienta no invasiva de primera línea en la evaluación de la sospecha de la estenosis de la arteria renal con una sensibilidad de 90 % a 96,8 % y una especificidad de 87,5 % a 96 % para su diagnóstico, así como también ayuda para el diagnóstico de trombosis de la vena renal y de la arteria renal como ausencia total del flujo al doppler color y en el análisis espectral; y de rechazo hiperagudo del riñón trasplantado y otras complicaciones que serán evaluadas en la segunda parte de esta revisión.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Guerini Rocco D, Mercieri A, Yavuzer G. Multidimensional health-status assessment of chronic hemodialysis patients: the impact on quality of life. *Eura Medicophys.* 2006;42(2):113-9.
- Neipp M, Karavul B, Jackobs S, Meyer zu Vilsendorf A, Richter N, Becker T, et al. Quality of life in adult transplant recipients more than 15 years after kidney transplantation. *Transplantation.* 2006;81:1640-1644.
- USRDS: the United States Renal Data System. American journal of kidney diseases: the official journal of the National Kidney Foundation. 2003;42(6 Suppl 5):1-230.
- Byrne C, Ford D, Gilg J, Ansell D, Feehally J. UK Renal Registry 12th Annual Report (December 2009): chapter 3: UK ESRD incident rates in 2008: national and centre-specific analyses. *Nephron Clin Pract.* 2010;115 Suppl 1:c9-39.
- Saavedra-López A. Epidemiología de la IRC. X Congreso Internacional de Nefrología - Sociedad Peruana de Nefrología. 14 al 17 septiembre, Lima Perú. 2006.
- Panel de Expertos sobre Urologic Imaging: Taffel MT, Nikolaidis P, Beland MD, Blaufox MD, Dogra VS, Goldfarb S, et al. Los criterios del ACR Adecuación © Renal Transplant. *J Am Coll Radiol.* 2017;14 (5S):S272-S281.
- Burgos Revilla FJ, Marcen Letosa R, Pascual Santos J, Lopez Fando L. Utilidad de la ecografía y el Eco-Doppler en el trasplante renal. *Arch Esp Urol.* 2006;59:343-352.
- Villa Pérez M, Rodríguez Mesa JM, Rivera Sánchez E, Artero Muñoz I, Muñoz Ruiz-Canela JJ, Málaga ES. SERAM 2012. Trasplante renal. ¿Cómo ayuda la radiología intervencionista? Disponible en: [https://poster.ng.netkey.at/esr/viewing/index.php?module=viewing\\_poster&task=viewsection&pi=113586&ti=365439&searchkey=](https://poster.ng.netkey.at/esr/viewing/index.php?module=viewing_poster&task=viewsection&pi=113586&ti=365439&searchkey=)
- Sanchez Perez M, Hernández Mejía CL, Sanchez Martin A, Barcina García

- Díaz I, Amengual Aldehuela C, Seram 2012. Ecografía doppler de las arterias renales. ¿Es una técnica obsoleta? Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1594/seram2012/S-0778>
- Granata A, Fiorini F, Andrulli S, Logias F, Gallieni M, Romano E, et al. Fiorea Doppler ultrasound and renal artery stenosis: An overview. *J Ultrasound.* 2009;12(4):133-143.
- Loza-Concha E, Quispe AM. Costo-utilidad del trasplante renal frente a la hemodiálisis en el tratamiento de la insuficiencia renal crónica terminal en un hospital peruano. *Rev. Perú. Med. Exp. Salud Pública.* 2011;28(3).
- Valdair Francisco Muglia, Sara Reis Teixeira, Elen Almeida Romão, Marcelo Ferreira Cassini, Murilo Ferreira de Andrade, Mery Kato, Maria Estela Papini Nardin and Silvio Tucci Jr. Imaging in Kidney Transplantation. Disponible en: <https://www.intechopen.com/books/current-issues-and-future-direction-in-kidney-transplantation/imaging-in-kidney-transplantation>
- Loza-Concha E, Quispe AM, Muruzábal M, Páramo M, Zalazar LR, Cano D, Benito Boillos A. Pamplona/ES. Evaluación mediante ecografía Doppler de las complicaciones del trasplante renal. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1594/seram2014/S-0293>.
- Guideline developed in collaboration with the American College of Radiology (ACR), the Society for Pediatric Radiology (SPR), and the Society of Radiologists in Ultrasound (SRU). *Ultrasound Examination of Solid-Organ Transplants.* *J Ultrasound Med.* 2014;33:1309-1320.
- Kolofousi C, Stefanidis K, Cokkinos DD, Karakitsos D, Antypa E, Piperopoulos P. Ultrasonographic features of kidney transplants and their complications: an imaging review. *ISRN Radiol.* 2013;2013:480862.
- Galgano SJ, Lockhart ME, Fananapazir G, Sanyal R. Optimizing renal transplant Doppler ultrasound. *Abdominal Radiology.* 2018;43(10):2564-2573.
- Leong KG, Coombs P, Kanellis J. Renal transplant ultrasound: The nephrologist's perspective. *Australas J Ultrasound Med.* 2015;18(4):134-142.
- Garrouche N, Mestiri MM, Berrich A, Abdallah B, Arifa N, Jemni H. Evaluación ecográfica Doppler de trasplantes renales. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1594/ecr2017/C-0328>.
- Belfield JC, Griffin CP, Powell S. Renal transplant ultrasound: a pictorial review. Disponible en: <https://doi.org/10.1258/ult.2012.011058>
- Irshad A, Ackerman SJ, Campbell AS, Anis M. An overview of renal transplantation: current practice and use of ultrasound. *Semin Ultrasound CT MR.* 2009;30(4):298-314.
- Fananapazir G, McGahan JP, Corwin MT, et al. Screening for transplant renal artery stenosis: ultrasound-based stenosis probability stratification. *AJR Am J Roentgenol.* 2017;209:1064-1073.
- García Roch C, Cereceda Pérez CN, García F, Fontanilla Echeveste T, Pérez Martínez A, Pinto Varela JM. La ecografía en el paciente trasplantado de riñón que no evoluciona bien ¿qué tengo que buscar? *Seram.* 2012/s-1169. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1594/seram2012/S-1169>
- García Barquin P, Millor Muruzábal M, Páramo M, Zalazar LR, Cano D, Benito Boillos A. Evaluación mediante ecografía Doppler de las complicaciones del trasplante renal. *SERAM* 2014. <http://dx.doi.org/10.1594/seram2014/S-0293>
- Saracino AI, Santarsia G, Latorraca A, Gaudiano V. Early assessment of renal resistance index after kidney transplant can help predict long-term renal function. *Nephrol Dial Transplant.* 2006;21(10):2916-20.
- Tublin ME, Bude RO, Platt JF. The resistive index in renal Doppler sonography: Where do we stand? *Am J Roentgenol.* 2003;180:885-892.
- Radermacher JJ, Mengel M, Ellis S, Stult S, Hiss M, Schwarz A, Eisenberger U, Burg M, Luft FC, Gwinner VW, Haller H. The renal arterial resistance index and renal allograft survival. *N Engl J Med.* 2003 Jul 10;349(2):115-24.
- McArthur C, Geddes CC, Baxter GM. Early measurement of pulsatility and resistive indexes: correlation with long-term renal transplant function. *Radiology.* 2011;259:278-285.
- Naesens M, Heylen L, Lerut E, et al. Intrarenal resistive index after renal transplantation. *N Engl J Med.* 2013;369:1797-1806.
- Akgul A, Ibis A, Sezer S, et al. Early assessment of renal resistance index and long-term renal function in renal transplant recipients. *Ren Fail.* 2009;31(1):18-24.
- Granata A, Di Nicolò P, Scarfia VR, Insalaco M, Lentini P, Veroux M, Fatuzzo P, Fiorini F. Renal transplantation parenchymal complications: what Doppler ultrasound can and cannot do. *J Ultrasound.* 2014;18(2):109-116.
- Lockhart MEI, Wells CG, Morgan DE, Fineberg NS, Robbin ML. Reversed diastolic flow in the renal transplant: perioperative implications versus transplants older than 1 month. *AJR Am J Roentgenol.* 2008;190(3):650-5.