

CRITERIOS DE DIAGNÓSTICO ECOGRÁFICO EN LA EVALUACIÓN DE LA SOSPECHA DE ESTENOSIS DE LA ARTERIA RENAL

DANIEL COSTA, FERNANDO MAUAD

RESUMEN

INTRODUCCIÓN: Con el aumento de la esperanza de vida y la incidencia de enfermedad ateromatosa, diabetes e hipertensión en la población, el diagnóstico para el manejo adecuado de la estenosis renal tiende a ser cada vez más importante. Esta tendencia se evidencia en el aumento del número de pacientes en diálisis.

MÉTODO: En esta revisión se recopilamos estudios comparativos sobre los criterios diagnósticos de estenosis de la arteria renal por ecografía Doppler publicados en las siguientes bases de datos: MEDLINE, LILACS y SciELO, según criterios de impacto, citación y visualización entre 1973 y 2021.

RESULTADOS: Seleccionamos 30 artículos. Separamos por criterios diagnósticos de estenosis renal según criterios indirectos y directos, criterios adicionales y combinación de criterios para sus respectivos análisis.

DISCUSIÓN: Los criterios con mejor precisión y mayor apoyo en los trabajos son la velocidad pico sistólica de la estenosis; la relación renal-aórtica y la combinación de estos dos criterios.

CONCLUSIÓN: Aunque no existe un consenso sobre la mejor manera de diagnosticar la estenosis de la arteria renal mediante Doppler, es evidente que todavía hay espacio para su uso para el cribado de la población así como para mejorar su precisión.

PALABRAS CLAVE: ESTENOSIS, ARTERIA RENAL, DOPPLER, ECOGRAFÍA, DIAGNÓSTICO

INTRODUCCIÓN

La estenosis de la arteria renal (EAR) se refiere al estrechamiento u obstrucción parcial del flujo en el lecho arterial renal. Su etiología puede ser displasia fibromuscular, arteritis de grandes y medianos vasos (como la arteritis de Takayasu), traumatismo, disección. Sin embargo, la causa más común es la aterosclerosis, responsable del 90% de los casos.

Como causa de hipertensión arterial secundaria, la EAR se considera la más frecuente, alcanzando el 5% del total de casos de hipertensión, como en el estudio inglés de Connolly.¹

Los trabajos de Dean y Foster sugerían que la evolución natural de la enfermedad renovascular era una disminución de la masa renal y del filtrado glomerular. Su historia natural, por lo tanto, evoluciona a insuficiencia renal².

El término nefropatía isquémica fue introducido por Jacobson y Breyer en 1993. Puede definirse como una disminución de la tasa de filtración glomerular (TFG) debido a una enfermedad renovascular hemodinámicamente significativa.

Otras denominaciones para esta entidad incluyen enfermedad renal crónica isquémica, enfermedad renovascular azotémica o insuficiencia renal por hipertensión renovascular.

El diagnóstico adecuado en casos sospechosos proporciona un tratamiento adecuado y reduce las hospitalizaciones y los tratamientos por morbilidades asociadas. Por tanto, su

identificación y tratamiento adecuado permiten una reducción de costes y hospitalizaciones. Otro reto lo encontramos en el grupo de pacientes donde la estenosis es asintomática hasta la aparición de sus complicaciones. El hecho de que sea una forma corregible de enfermedad isquémica renal hace que sea objeto de algunos estudios terapéuticos.

La Sociedad Brasileña de Nefrología recoge anualmente desde hace más de 20 años el importante Censo Brasileño de diálisis. Estos datos muestran que en 1994 se mantenían en programa de diálisis 24.000 pacientes. En 2006 esta cifra superó los 70.000 pacientes, el 89% de ellos atendidos por el Sistema Único de Salud. En 2019 este número llegó a 139.691.³⁻⁵

En cuanto al perfil de los pacientes en el último censo, el 58% eran hombres en el grupo de edad de 45 a 64 años, con un 36% de pacientes mayores de 65 años. En la enfermedad de base, la nefroesclerosis hipertensiva es la principal causa con un 34% de los pacientes, seguida de la nefropatía diabética con un 32%.

Estudios como los de Conlon han propuesto una prevalencia del 11 al 23% de EAR en pacientes con enfermedad arterial coronaria (EAC) documentada. Plouin et al en 2001 encontraron una prevalencia del 16% en pacientes sospechosos para pacientes evaluados para EAC mediante angiografía

coronaria en un estudio realizado en Francia. Imori et al, en 2014, en un estudio realizado en Japón, demostraron la relación estadística entre EAC, EAR, estenosis carotídea y enfermedad arterial periférica, registrando una prevalencia del 7% de EAR en pacientes con sospecha de EAC. Esta prevalencia se elevó al 9% en pacientes con EAC confirmada.⁶⁻⁸

En 2005, Kalra et al realizaron una muestra de población de 1 millón de personas en los Estados Unidos. La prevalencia de enfermedad renovascular fue del 0,5%. En el subgrupo de enfermedad renal crónica, la prevalencia de nefropatía isquémica alcanzó el 5,5%. En este estudio también se evidenció la relación entre la estenosis de la arteria renal y la enfermedad aterosclerótica. En los pacientes con enfermedad renovascular, el 67 % tenía EAC concomitante, el 37 % tenía enfermedad cerebrovascular y el 56 % tenía enfermedad arterial periférica.⁹

Es importante señalar que la esperanza de vida en los EE. UU. en el momento de este trabajo era de 77 años. Y en 2008 ya llegaba a los 78 años. Esta es la importancia del tema que vamos a tratar.

MÉTODOS

Se realizó una búsqueda en las principales bases de datos disponibles, MEDLINE, LILACS y SciELO utilizando las palabras clave “hipertensión renovascular”, “estenosis”, “ecografía doppler” y “arteria renal”, en el campo de título de búsqueda.

De 588 artículos devueltos por la búsqueda, excluimos las referencias duplicadas. Además de seleccionar artículos en inglés y portugués, priorizamos artículos de acceso abierto con buenos o excelentes grados de impacto, citación y visualización. De estos, se seleccionaron estudios clínicos comparativos cuyo grupo control fue sometido a angiografía de las arterias renales.

El resultado fueron 30 artículos que se dividieron entre los criterios diagnósticos directo, indirecto, adicional y combinación de criterios para su adecuado análisis.

RESULTADOS

En las siguientes tablas se muestran los artículos encontrados según los criterios diagnósticos.

| Criterios diagnósticos indirectos (16) | Referências: |
|--------------------------------------------------------------------|--------------|
| Índice de velocidade de pico sistólico de artéria interlobar PSVai | 12, 13 |
| Diferença do índice de resistência dIR | 14-16 |
| Tempo de aceleração TA | 17-21 |
| Índice de aceleração IA | 17-19; 21-24 |

Tabla 1. Distribución de referencias por criterios diagnósticos indirectos

| Criterios diagnósticos directos (18) | Referências |
|--------------------------------------|-------------------------------|
| Velocidade diastólica final VDF | 14, 16, 25, 26 |
| Pico de velocidade sistólica PSVe | 13, 16, 20, 24, 25, 28-32 |
| Relação renal-aórtica RRA | 13, 16, 20, 24, 25, 28, 33-36 |
| Relação reno-renal RRR | 13, 37 |

Tabla 2. Distribución de referencias por criterios diagnósticos directos

| Criterios diagnósticos adicionais (3) | Referências |
|---------------------------------------|------------------------|
| Relação renal-segmentar RRS | 24 |
| Relação renal-interlobar RRI | 12,13 |
| Criterios diagnósticos combinados (6) | |
| PSVe + RRA | 20, 26, 27, 35, 38, 39 |

Tabla 3. Distribución de referencias por criterios diagnósticos adicionales y combinados

DISCUSIÓN

Criterios diagnósticos en Doppler

Se han probado y desarrollado varios métodos en los últimos 40 años para evaluar la estenosis renal. Los trabajos aquí referenciados realizaron sus estudios sobre EAR, en la gran mayoría de ellos, con lesiones por aterosclerosis. Por lo tanto, el uso de los índices y valores aquí mencionados en otras causas de EAR como DFM, disección u otras, debe hacerse con cautela, debido a su virtual falta de validación para estas situaciones.

Las técnicas y criterios utilizados en el Doppler son separados por la mayoría de los autores en indirectos y directos.

Las medidas indirectas son mediciones tomadas de todo el árbol arterial renal, excepto el punto de estenosis y la arteria renal. Por tanto, en la mayoría de los estudios se trata de mediciones flujométricas de muestras a la altura del hilio o más distalmente en arterias segmentarias.

Los métodos de diagnóstico directo utilizan mediciones de la muestra del punto de estenosis, ya sea solo la muestra de este punto, como en la medición aislada del pico de velocidad sistólica, o en comparación con la muestra de otros segmentos del árbol arterial, como en la relación renal-aórtica o en la relación renal-renal.

Criterios indirectos

Los métodos diagnósticos indirectos evaluados en esta revisión son:

- El índice de resistencia (IR);
- El índice de pulsatilidad (IP);
- El índice de velocidad pico sistólica de la arteria interlobular (VPSai);
- La diferencia del índice de resistencia (dIR);

- El tiempo de aceleración (TA);
- El índice de aceleración (IA) y sus variaciones.

Se crearon criterios diagnósticos indirectos como primera forma de evaluación. Principalmente en una época sin filtros y con máquinas de bajo procesamiento, se convirtió en un desafío inmenso evaluar las arterias con mayor profundidad. Por lo tanto, en los pacientes en los que no fue posible evaluar directamente el sitio de la estenosis, los criterios indirectos fueron más reproducibles. La rapidez en la obtención de estos criterios también es algo mencionado como ventaja en algunos trabajos. Actualmente, algunos estudios sugieren su uso como adyuvantes importantes en la confirmación de evaluaciones directas de la estenosis.

El índice de pulsatilidad y el índice de resistencia mostraron valores predictivos positivos (VPP) y negativos (VPN) bajos durante los estudios evaluados, siendo clasificados consistentemente como inadecuados para el tamizaje poblacional, por lo que aquí solo se discutirán brevemente.

A pesar de la baja correlación de la IR con el diagnóstico de EAR, existen estudios que apoyan un valor de referencia de $IR=0,8$ o más como predictor de respuesta a la corrección intervencionista de la EAR, ya sea angioplastia, angioplastia con stent o cirugía. En algunas publicaciones se hace referencia al índice como índice de resistividad, siendo la única diferencia en su fórmula con relación al convencional su multiplicación por 100 en estos trabajos. Por tanto, su valor de referencia es 80. Tanto Radermacher et al en 2001 como Santos et al en 2010 encontraron una mejor respuesta a la intervención, en cuanto a función renal y enfermedad hipertensiva en pacientes con IR menor de 0,80.^{10,11}

El índice de velocidad pico sistólica de la arteria interlobar

Este índice fue evaluado durante el trabajo de Li et al en 2006, la obtención de este índice fue parte del cálculo de la relación renal-interlobular que se discutirá más adelante. Durante el trabajo evaluaron arterias interlobulares en el polo superior, medio e inferior. Como estaban analizando hallazgos de trabajos anteriores, utilizaron las pirámides como marcador anatómico para su trabajo, principalmente porque pensaron que incluso una estenosis en la porción distal de la arteria renal ya habría perdido el efecto de la turbulencia y aumentado la velocidad pico sistólica (VPS) en este segmento. La relación renal-interlobar mostró buena sensibilidad y especificidad en estenosis severas, ayudando en casos de estenosis post-stent y estenosis en tercio medio. Sin embargo, la VPS de la arteria interlobar, como criterio diagnóstico aislado, se mostró insuficiente, con baja sensibilidad y especificidad. No se encontraron otros trabajos que evaluaran este criterio.^{12,13}

La diferencia del índice de resistencia

El índice de resistencia (IR) por sí solo puede haber mostrado poca precisión, pero el dIR ha mostrado evidencia para respaldar el diagnóstico de EAR. Este índice se calcula a través de la diferencia de IR en muestras hiliares. En los trabajos citados se puede apreciar una evaluación de este valor que va de 0,01 a 0,007. Existe un cuerpo de evidencia a favor de 0,05

como punto de corte para la estenosis hemodinámicamente significativa (EHS), por lo general del 70% o más. Una reducción de 0,05 o más en uno de los hilos sugiere EHS ipsilateral. Como con todos los criterios, se sugiere que se mida más de una vez para aumentar la confiabilidad de este hallazgo. La figura 1 muestra un ejemplo de un paciente con EHS en la arteria renal izquierda confirmado por control angiográfico.

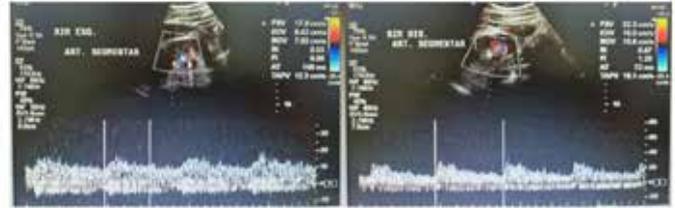


Figura 1: Evaluación vascular intrarrenal. Tenga en cuenta dIR que se calcula en $0,67-0,53 = 0,14$, lo que indica una estenosis hemodinámicamente significativa a la izquierda. También es importante notar la diferencia en la morfología de onda y en el TA.

Zeller et al en 2001 proporcionaron una sensibilidad del 77% y una especificidad de hasta el 99% para una estenosis del 70%.¹⁴

Ripollés et al en 2001 obtuvieron una sensibilidad del 50% y una especificidad del 90%. Sin embargo, lo más interesante de este estudio fue la diferencia en sensibilidad y especificidad reportada para pacientes mayores y menores de 50 años. Los pacientes menores de 50 años tuvieron mejor sensibilidad y especificidad en este criterio, sugiriendo una probable interferencia de la edad en la distensibilidad de estas arterias y por lo tanto interferencia en el uso de este criterio.¹⁵

Staub et al, en 2007, realizaron un extenso estudio retrospectivo sobre los criterios diagnósticos en 49 pacientes diagnosticados de estenosis de la arteria renal por Doppler y remitidos para confirmación mediante angiografía y medición de la presión intraarterial. Para una estenosis del 70 %, un dIR de 0,05 tuvo una sensibilidad del 42 %, una especificidad del 91 %, un VPP del 69 %, un VPN del 77 % y una precisión general del 76 %. Para una estenosis del 50 %, el mismo valor de dIR mostró una sensibilidad del 31 %, una especificidad del 97 %, un VPP del 93 %, un VPN del 50 % y una precisión del 58 %.¹⁶

La tabla 4 resume los estudios sobre el criterio dIR en cuanto a sus hallazgos.

| Autor | AP | Est. | PC | Sens. | Espec. | VPP | VPN |
|----------------|------|------|------|-------|--------|-----|-----|
| Zeller et al | 2001 | 70% | 0,05 | 77% | 99% | 69% | 92% |
| Ripollés et al | 2001 | 75% | 0,05 | 50% | 96% | 69% | 92% |
| Staub et al | 2007 | 50% | 0,05 | 31% | 97% | 93% | 50% |
| Staub et al | 2007 | 70% | 0,05 | 42% | 91% | 69% | 77% |
| Staub et al | 2007 | 70% | 0,07 | 35% | 95% | 75% | 76% |

Tabla 4: año de publicación (AP), grado de estenosis (Est.), punto de corte (PC), sensibilidad (Sens.), especificidad (Spec.), valor predictivo positivo (VPP), valor predictivo negativo (VPN) .

El tiempo de aceleración

Este índice mostró buena reproducibilidad de su metodología en los trabajos evaluados. De los índices indirectos, presentó el mayor número de trabajos con su evaluación. Es el tiempo desde el inicio de la rampa de aceleración hasta el pico máximo sistólico. Como punto de corte se utilizaron valores de 70 a 100ms.

En 1988, se publicaron estudios de Handa et al que muestran el uso del tiempo de aceleración y la IA con buena sensibilidad y especificidad para estenosis del 60% o más. Quizás el primer trabajo para evaluar TA. Como punto de corte sugieren 0.07s.^{17,18}

Stavros et al publicaron en 1992 sus hallazgos en un estudio prospectivo con 56 pacientes con angiografía como control. Utilizando 0,07s o más como punto de corte para una estenosis del 60% o más, encontraron una sensibilidad del 78%, una especificidad del 94%, un VPP del 85%, un VPN del 91% y una precisión global del 89%.¹⁹

En 1999, House et al publicaron su estudio prospectivo con 63 pacientes, encontrando una sensibilidad del 41% y una especificidad del 85% para una TA mayor de 70ms como criterio para una EAR del 60% o más.²⁰

Bardelli et al en 2006 sugirieron 80ms como el mejor punto de corte, con una sensibilidad de 93%, especificidad de 65, VPP de 51% y VPN de 96% para una estenosis de 60% o más.²¹

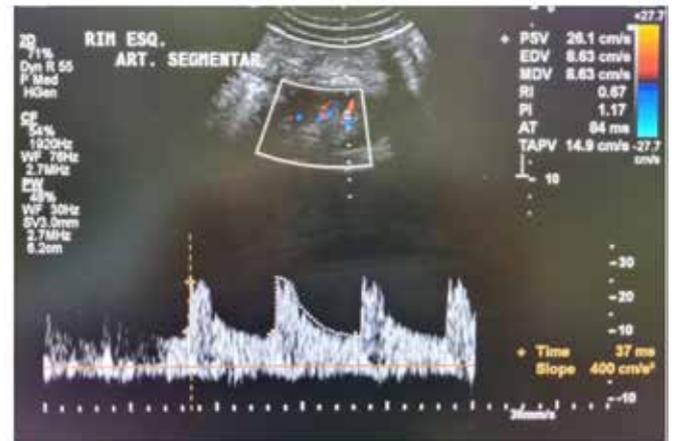


Figura 2: Observar que durante el procesamiento posterior de la imagen, se calculó la pendiente o aceleración, que se encuentra dentro de los límites normales con un valor de 400 cm/s².

El primer artículo encontrado por esta revisión que trata sobre este índice es el de Handa et al en 1986. En él se evalúan dos parámetros de flujometría en las arterias renales bilaterales de ocho pacientes controles, 19 hipertensos esenciales y 8 hipertensos, utilizando ecodoppler renovascular. Los dos parámetros son el índice de aceleración y la relación S (pico sistólico)/D (velocidad diastólica final). El estudio no define una unidad para el índice de aceleración, pero el cálculo se muestra como el cociente de la pendiente tangencial calculada en KHz por la rampa de aceleración en 1 segundo y dividida por la frecuencia emitida en MHz. Se deduce como unidad KHz/s/MHz. Esta medición se realiza en la región hilar. Por lo tanto, es una forma técnica de caracterizar una onda de flujo de tardus parvus. Se sugiere un punto de corte de 2.5 o menos durante la presentación de resultados. Y el valor medio de los controles gira en torno a 8,1 y 8,5. En 1988, Handa et al evaluaron nuevamente el IA. En estos trabajos se define la unidad de medida y el mejor punto de corte es 3.78KHz/s/MHz, con una precisión del 95%, sensibilidad del 100% y especificidad del 93%.^{17,18,22}

Una dificultad con este tipo de índice es encontrar máquinas Doppler que realicen este cálculo, dejando que el operador lo realice. Es más fácil encontrar máquinas que hagan cálculos de slope, o en español pendiente. Esta función calcula la aceleración en cm/s² o m/s². Así que esta es otra fórmula para calcular la rampa de aceleración.

La presencia de uno o dos riñones, la edad, la hipertensión sistémica, la aterosclerosis o la diabetes afectando la distensibilidad del árbol arterial renal, además de la enfermedad de las válvulas cardíacas, la insuficiencia cardíaca izquierda y los medicamentos cardiovasculares son algunos de los factores que pueden afectar la evaluación del IA.^{17,21, 22}

Como el IA es un intento de caracterizar la onda, es común que los estudios lo evalúen en conjunto con otros índices, como el tiempo de aceleración y la pérdida del pico sistólico temprano.

Durante la revisión de artículos, el valor más citado

| Autor | AP | Est. | PC | Sens. | Espec. | VPP | VPN |
|----------------|------|------|-------|-------|--------|------|------|
| Handa et al | 1988 | 60% | 0,07s | 100% | 83% | 66% | 100% |
| Stavros et al | 1992 | 60% | 0,07s | 78% | 94% | 85% | 91% |
| House et al | 1999 | 60% | 70ms | 41% | 85% | 36% | 88% |
| Motew et al | 2000 | 60% | 58ms | 58% | 96% | 97% | 52% |
| Motew et al | 2000 | 60% | 100ms | 32% | 100% | 100% | 41% |
| Ripollés et al | 2001 | 75% | 80ms | 89% | 99% | 94% | 98% |
| Bardelli et al | 2006 | 60% | 80ms | 93% | 65% | 51% | 96% |

La Tabla 5 resume los hallazgos sobre el criterio TA. Note el cambio en unidades (0.07s=70ms).

El índice de aceleración

Este es quizás el criterio indirecto más confuso en la reproducibilidad. Existen diferentes metodologías para el cálculo de este índice. Incluyendo trabajos donde la pérdida del pico sistólico temprano es el resultado del análisis morfológico de la onda, reflejando una caída en la aceleración. El resultado de esto son los diferentes valores de corte y unidades de medida citados por las fuentes en esta revisión, como 3.78KHz/s/MHz, 4m/s², 300cm/s² y 9s-1. La figura 2 es un ejemplo de evaluación del índice de aceleración en una arteria renal sin estenosis.

como límite de aceleración fue de 300 cm/s² (también citado como 3 m/s²). Por tanto, valores inferiores a 300cm/s² sugieren EAR hemodinámicamente significativa. Algunos estudios, como el de Miralles et al, ni siquiera discutieron los resultados del IA, lo que sugiere una baja precisión obtenida durante el estudio en comparación con otros índices.

En 1992, Stavros et al atestiguan una aceleración de menos de 3 m/s² (o 300 cm/s²), como punto de corte para estenosis del 60 % o más, una sensibilidad del 89 %, una especificidad del 83 %, un VPP de 69, una VPN del 95 % y una precisión general del 85%. En su metodología, la curva de este índice se recogió de las arterias segmentarias de los polos superior e inferior. House et al en 1999 también publicaron en su estudio para el mismo valor de aceleración en una estenosis del 60% o más una sensibilidad del 56% y una especificidad del 62%, con una precisión del 47%. Nótese que en la metodología de House et al este índice se recogía fuera del parénquima renal en la rama principal o en la propia arteria renal.^{19, 20}

En el estudio de Souza de Oliveira en 2000, el índice de aceleración fue recogido en arterias segmentarias de los tres grupos anatómicos: superior, medio e inferior. El control angiográfico se utilizó como control de estenosis iguales o superiores al 50%. Se analizaron como un punto de corte de 1-6m/s². Sin embargo, ninguno de ellos presentó una precisión global satisfactoria.²⁴

El IA presentó, a lo largo de algunos trabajos, variadas sensibilidades y especificidades. Bardelli et al en 2006 evaluaron el uso de algunos criterios indirectos como el tiempo de aceleración y la aceleración. Al darse cuenta de la pérdida del pico sistólico temprano, proponen dos nuevos índices indirectos basados en la aceleración: la aceleración sistólica máxima (ACCmax) y el índice de aceleración máxima (IAMax). Para el cálculo de la primera se utiliza la curva de aceleración hacia el mayor VPS, dividida por el menor TA hasta que se produzca un cambio significativo en la curva de velocidad. En el trabajo se llama tiempo máximo de aceleración (TAMax). El cálculo de IAMax se considera una corrección para el régimen de flujo absoluto. Se calcula dividiendo la ACCmax por el pico sistólico máximo (VPSmax).²³

En este estudio con 200 riñones y 56 de ellos con estenosis del 60% o más, son evaluados índices como IP (índice de pulsatilidad), IR (índice de resistencia), TA, ACCsys (aceleración sistólica médica o simplemente la aceleración), ACCmax (aceleración sistólica máxima) y IAMax. Como resultado, relatan fallas de IP e IR de forma independiente para llegar a una VPN adecuada para la detección. Entre los índices que tienen valores de VPN y VPP adecuados, señalan que el IAMax alcanzó el VPN más alto y el PPV más alto entre los índices indirectos evaluados individualmente. En su trabajo, los valores de 80ms para TA, 4m/s² (o 400cm/s²) para ACCsys, 4m/s² para ACCmax y 9s-1 para IAMax se evidencian como el mejor corte para EAR graduado en 60% o más. En este cutoff, el IAMax logró una sensibilidad y especificidad del 93% y del 84% para una estenosis del 60%. Por lo tanto, fue un hallazgo interesante, pero no se

identificaron nuevos estudios en nuestra investigación que utilicen esta forma de cálculo de aceleración. El ACCsys de 400cm/s² tuvo una sensibilidad del 93%, especificidad del 56%, VPP del 56% y VPN del 95%.²³

| Autor | AP | Est. | PC | Sens. | Espec. | VPP | VPN |
|-------------------------|------|------|----------------------|-------|--------|-----|------|
| Handa et al | 1988 | 50% | AI 3,78 | 100% | 93% | 83% | 100% |
| Stavros et al | 1992 | 60% | Ac 3m/s ² | 89% | 83% | 69% | 95% |
| House et al | 1999 | 60% | Ac 3m/s ² | 56% | 62% | 23% | 87% |
| Souza de Oliveira et al | 2000 | 50% | ESA 4,0 | 40% | 22% | 20% | 43% |
| Ripollés et al | 2001 | 75% | Ac 1m/s ² | 89% | 98% | 89% | 98% |
| Ripollés et al | 2001 | 75% | Ac 3m/s ² | 100% | 51% | 26% | 100% |
| Bardelli et al | 2006 | 60% | ACCsys 4,0 | 93% | 56% | 45% | 95% |
| Bardelli et al | 2006 | 60% | ACCmax 4,0 | 94% | 75% | 60% | 97% |
| Bardelli et al | 2006 | 60% | Almax 9,0 | 93% | 84% | 70% | 97% |

La Tabla 6 recoge los hallazgos de los trabajos sobre el criterio de IA.

Criterios directos

En general, los criterios directos, cuando factibles, obtuvieron mayor precisión global en relación a los indirectos. Sin embargo, técnicamente puede ser difícil obtener estos índices debido a la interposición de gases o en algunos grupos de obesidad.

Se consideran criterios directos:

- Evaluación morfológica de la estenosis
- Velocidad diastólica final (VDF)
- Velocidad pico sistólica de la estenosis (VPSe)
- Relación riñón-aorta (RRA)
- Relación reno-renal (RRR)

Evaluación morfológica

De los criterios directos, la valoración morfológica de la estenosis no se realiza por vía transabdominal. La frecuencia requerida para la evaluación carece de resolución lineal, por lo que no existen trabajos sobre esta forma de diagnóstico. Para mantener una buena precisión con este método, es necesario recurrir a un método invasivo: el IVUS. Sin embargo, la ecografía intravascular pierde algunas de las ventajas de la técnica transabdominal, con complicaciones similares a las de los procedimientos invasivos.

Por lo tanto, IVUS no se considera un método para la detección y el diagnóstico de EAR en la población. Sin embargo, es un método para confirmar la EAR y ayudar a tomar decisiones terapéuticas antes del procedimiento, durante el procedimiento y después del procedimiento.

Velocidad diastólica final

De los criterios directos ya evaluados por vía transabdominal, éste ha sido abandonado por artículos de estudios prospectivos y de revisión. Es una medida proporcionada automáticamente cuando la curva de velocidad está envuelta en flujometría.

El primer estudio encontrado por esta revisión fue el de Miralles et al en 1996. Sin embargo, se comenta que la VPS se encontró como el mejor parámetro para sospechar una estenosis del 60% o más, seguida de la RRA y la VDF. El valor medio de VDF en estas estenosis fue de 72,9 cm/s frente a un valor medio de 39,9 cm/s para estenosis menores o ausencia. Sin embargo, el trabajo no propone un punto de corte para la VDF, y mucho menos una evaluación de su precisión.²⁵

En 2005, en el trabajo de Engelhorn et al, se propuso una velocidad de 48 cm/s como punto de corte de la VDF para estenosis del 60% o más. La sensibilidad encontrada fue del 70% y la especificidad del 72%, con una precisión del 70%.²⁶

En el trabajo de 2007 de Staub et al, consiguieron una precisión del 83% para una estenosis del 70% o más en el control angiográfico, utilizando como punto de corte una VDF de 90cm/s o más. La sensibilidad fue del 77%, la especificidad del 87%, el VPP del 74% y el VPN de 88%. Fue el mejor desempeño de este criterio en estudios prospectivos.¹⁶

Zeller et al, en 2008, comentan el aumento del IR en la progresión de la enfermedad renal, lo que reduciría la VDF, y en última instancia, inutilizaría el uso de este criterio. Por lo tanto, debemos recordar que valores bajos de VDF no pueden excluir la posibilidad de estenosis. Su dependencia de la frecuencia cardíaca y la resistencia periférica también comprometen su uso.²⁷

En algunos estudios, la VDF formaba parte del cálculo de la relación diastólica final mediante la división de la VDF por la VPSe. Se trató de encontrar los pacientes que pudieran responder mejor a una intervención quirúrgica sobre la estenosis, pero se abandonó por la baja correlación estadística.

Pico de velocidad sistólica de la estenosis

Con la introducción de los transductores de baja frecuencia, la mejora de la técnica ecográfica y, en consecuencia, de las muestras flujométricas, las técnicas de valoración directa de la lesión comenzaron a mostrar una mayor precisión global en los estudios publicados. Muchos trabajos hasta los años 90 tratan exclusivamente de métodos indirectos. A finales de la década de 1980 aparecieron publicaciones sobre métodos directos, y esta tendencia no hizo sino aumentar en las décadas siguientes. Algunos autores destacan la importancia de las técnicas indirectas por ser más factibles, incluso en pacientes obesos o con preparación inadecuada. Sin embargo, a lo largo de los años, se ha observado que los autores citados en esta revisión sugieren el uso de técnicas directas siempre que sea posible.

La evaluación de la velocidad sistólica pico en el punto de mayor estenosis se ayuda con el Doppler color tanto para determinar el punto de mayor estenosis como para corregir el ángulo de la muestra. Incluso la disminución de la variabilidad de los valores utilizados como punto de corte de 100 a 220 cm/s a 180 a 200 cm/s a lo largo de los trabajos publicados está justificada por los artículos de revisión como consecuencia de esta asistencia. Vemos un ejemplo en la figura 3 de una VPSe compatible con EHS en la arteria renal derecha y confirmada por angiografía.

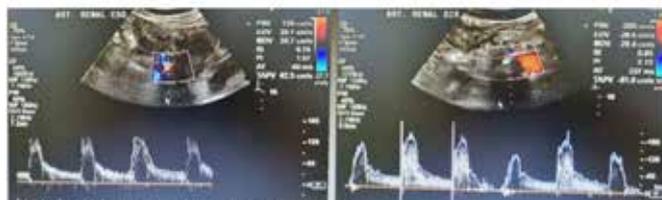


Figura 3: Evaluación de la velocidad sistólica máxima que demuestra estenosis de la arteria renal derecha. Observar VPS de 129 cm/s a la izquierda y 200 cm/s a la derecha.

Observe el flujo laminar a la izquierda y el remolino a la derecha.

El trabajo más antiguo con VPSe encontrado por esta revisión fue el de Hoffmann et al en 1991. Analizamos 74 arterias renales en 41 pacientes utilizando la angiografía como control. En este trabajo la sensibilidad de este criterio fue del 95% y la especificidad del 90%, para un punto de corte de 180cm/s en estenosis del 60% o más en el control. El VPP estimado fue del 98% y el VPN del 75%.²⁸

Miralles et al, en 1996, realizaron un estudio comparando prospectivamente índices directos e indirectos. De 78 pacientes, se analizaron 142 arterias renales. En la evaluación de VPS, se identificó una velocidad de 198 cm/s como el mejor punto de corte para una estenosis del 60% o más. Con este valor se identificó una sensibilidad del 87% y una especificidad del 92%.²⁵

House et al en 1999 publicaron un estudio prospectivo con 63 pacientes en los que se disponía de una angiografía de control. Para una estenosis del 60 % o más en la angiografía, la velocidad de 180 cm/s proporcionó una sensibilidad del 80%, una especificidad del 77 %, un VPP del 43% y un VPN del 95%. Lo más interesante de este trabajo fue la combinación de criterios, ítem que será discutido más adelante.²⁰

En 2000, Motew et al publicaron un estudio prospectivo sobre 41 pacientes con angiografía como control de una estenosis del 60% o más. Compara criterios directos e indirectos. Como punto de corte para la VPSe se utilizó 2m/s o 200cm/s, obteniendo una sensibilidad del 91%, una especificidad del 96%, un VPP del 98%, un VPN del 83%, con una precisión global del 92%. En el trabajo se evidencia la superioridad de este criterio en relación al TA. Sin embargo, con una alta especificidad y VPP, también se sugiere la importancia auxiliar de este criterio indirecto.²⁹

El primer estudio brasileño sobre criterios diagnósticos identificado por esta revisión data de 2000. Souza de Oliveira et al publicaron una serie prospectiva de 96 arterias renales, excluyendo nueve por dificultades técnicas. En este trabajo, la estenosis angiográfica del 50% o más es un control para el examen Doppler. Un VPSe de 150 cm/s tiene una sensibilidad del 83% y una sensibilidad de 89,47 cm/s. Una VPSe de 170cm/s tuvo 70% y 98% respectivamente para el mismo grado de estenosis.²⁴

En 2005, Engelhorn et al publicaron un artículo sobre la importancia de validar los criterios de diagnóstico. Incluso

informan sobre la variabilidad de los criterios directos, con el punto de corte de la VPS de 100 a 200 cm/s y de la RRA entre 3,2 y 3,5 en diferentes referencias. En este trabajo analiza individualmente los criterios directos utilizados, sugiriendo una velocidad de 252 cm/s como el mejor punto de corte para VPS, con una sensibilidad del 83%, una especificidad del 92% y una precisión del 87%.²⁶

Cardoso et al, en 2006, obtuvieron mejores precisiones con VPSe, al compararlas con la RRA o incluso con la combinación de criterios. Incluso cuando el punto de corte fue corregido por la curva ROC. El VPSe corregido a 189cm/s obtuvo la mayor precisión del trabajo, que se calculó en un 97%.³⁹

Staub et al, en el 2007, realizaron un estudio prospectivo con 49 pacientes dando como resultado un análisis de 98 arterias renales, donde los criterios doppler tenían la angiografía y el gradiente de presión intraarterial como controles para estenosis del 50% o más y para estenosis de 70 % o más. Estas opciones de corte tuvieron una implicación en las decisiones terapéuticas. En ese momento, varios estudios indicaron la necesidad de intervención para estenosis del 70% o más, pero hubo desacuerdo sobre la intervención en estenosis del 60% o más. Por tanto, una estenosis del 50% indicaría la necesidad de una monitorización más frecuente del paciente, mientras que una estenosis del 70% o más ya indicaría la necesidad de una intervención. Demostraron que las estenosis superiores al 50 % ya causaban una diferencia en el gradiente de presión intraarterial antes y después de la lesión de 20 mmHg o más.¹⁶

En este trabajo registraron una sensibilidad del 96%, una especificidad del 69%, un VPP del 81%, un VPN del 93% y una precisión del 85% para una VPSe de 180cm/s para estenosis del 50% o más. Una VPSe de 200 cm/s dio como resultado una sensibilidad del 92%, una especificidad del 81%, un VPP del 87% y un VPN del 88%, con una precisión del 87% para el mismo grado de estenosis. Para una VPSe de 250cm/s se encontró una sensibilidad del 78%, especificidad del 92%, VPP del 93%, VPN del 75%, con una precisión del 84%. Por tanto, la mejor precisión fue con una VPSe a 200 cm/s para una estenosis del 50% o más.¹⁶

En el mismo estudio, para una estenosis del 70 % o más, la mejora de la precisión global, calculada en un 84 %, se encontró con un punto de corte de 300 cm/s.

En 2008, Li et al publicaron un estudio prospectivo con 77 pacientes y 153 arterias renales con angiografía de control para estenosis del 50% o más. VPSe, dIR y relación renal-segmentaria fueron los mejores criterios en este trabajo. El valor de 170cm/s tuvo una sensibilidad del 90%, especificidad del 90%, VPP del 88% y VPN del 91%. Un punto interesante de este trabajo fue la discusión de cómo la estenosis aórtica en 8 pacientes influyó en los índices directos y cómo el VPSe aun así logró una buena precisión en este escenario.¹³

Abu Rahma et al en 2012 registraron una sensibilidad del 89%, una especificidad del 54%, un VPP del 56%, un VPN del 88% y una precisión del 68% para una VPSe de 200cm/s para una estenosis del 60% o más.³¹

| Autor | AP | Est. | PC | Sens. | Espec. | VPP | VPN |
|-------------------------|------|------|---------|-------|--------|-----|------|
| Hoffmann et al | 1991 | 60% | 180cm/s | 95% | 90% | 98% | 75% |
| Miralles et al | 1996 | 60% | 198cm/s | 87% | 92% | 86% | 92% |
| House et al | 1999 | 60% | 180cm/s | 80% | 77% | 43% | 95% |
| Motew | 2000 | 60% | 180cm/s | 94% | 88% | 94% | 88% |
| Motew | 2000 | 60% | 200cm/s | 91% | 96% | 98% | 83% |
| Souza de Oliveira et al | 2000 | 50% | 150cm/s | 83% | 90% | 80% | 92% |
| Souza de Oliveira et al | 2000 | 50% | 170cm/s | 70% | 98% | 95% | 87% |
| Engolhorn et al | 2005 | 60% | 252cm/s | 83% | 92% | | |
| Cardoso et al | 2005 | 60% | 189cm/s | 100% | 87% | 96% | 100% |
| Cardoso et al | 2005 | 60% | 180cm/s | 100% | 81% | 94% | 100% |
| Staub et al | 2007 | 50% | 200cm/s | 92% | 81% | 87% | 88% |
| Staub et al | 2007 | 50% | 180cm/s | 96% | 69% | 81% | 93% |
| Staub et al | 2007 | 70% | 300cm/s | 89% | 81% | 69% | 94% |
| Staub et al | 2007 | 70% | 250cm/s | 89% | 70% | 58% | 93% |
| Li et al | 2008 | 50% | 170cm/s | 90% | 90% | 88% | 91% |
| Abu Rahma et al | 2012 | 60% | 200cm/s | 89% | 54% | 56% | 88% |

La Tabla 7 muestra los hallazgos en los trabajos relacionados con el criterio del VPSe.

Relación renal-aórtica

Obtener el índice dividiendo la VPS de la estenosis de la arteria renal por la VPS de la aorta entre la mesentérica superior y el ostium renal es una corrección del régimen hemodinámico del paciente. Esta corrección puede tener problemas, como sugieren algunos estudios, como la caída de la VPS aórtica a medida que aumenta su calibre, lo que puede ocurrir con la edad avanzada del paciente y con la presencia de aneurismas; o incluso con la presencia de estenosis hemodinámicamente significativas en la aorta. La figura 4 ejemplifica una RRA compatible con EHS de la arteria renal derecha, confirmada por angiografía.

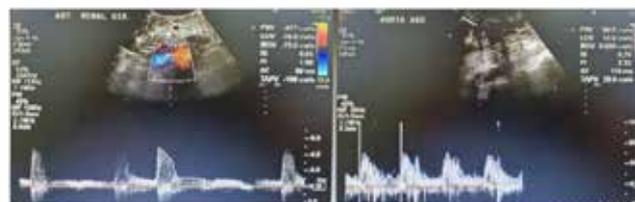


Figura 4: Obsérvese una VPSe de 471 cm/s y una VPS en la aorta de 88,9 cm/s. Se calcula un RRA de 5,29. Por tanto, en este caso existen 2 índices indicativos de estenosis hemodinámicamente significativa: VPSe y RRA. También se observa un flujo arremolinado.

El primer estudio identificado por esta revisión fue el de Kohler et al en 1986. En él evaluaron retrospectivamente a 158 pacientes, y sólo se dispuso como control el angiograma de 43 arterias renales. Con una sensibilidad del 91% y una especificidad del 95% para una estenosis del 60% o más, los

autores hablan de la necesidad de estudios prospectivos para evaluar mejor la RRA.³³

Por lo tanto, en 1988, Taylor et al publicaron un estudio prospectivo sobre este índice. Cincuenta y ocho arterias en 29 pacientes se analizan con angiografía como control. Obtuvieron una sensibilidad del 84%, una especificidad del 97%, un VPP del 94% y un VPN del 90% para una estenosis del 60% o más. Es importante señalar en la metodología que además de la alteración en la RRA, era necesario tener un aumento focal en la velocidad con flujo turbulento hacia abajo en el Doppler color. Un dato curioso de esta obra fue la presencia de autores como Strandness Jr., Moneta y el mismo Kohler.³⁴

El trabajo de 1990 de Strandness Jr es una revisión del trabajo de 1988 con mayores detalles sobre la técnica empleada y la metodología, con un nuevo análisis sobre la sensibilidad y la especificidad.³⁵

Hansen et al, en 1990, publicaron un estudio prospectivo, donde 74 pacientes tenían angiografía de control con arterias permeables. De estos pacientes, seis exploraciones Doppler resultaron inadecuadas debido a la obesidad o la presencia de gas en el asa, lo que resultó en la evaluación comparativa de 142 arterias. Se utilizaron como criterios en el Doppler una RRA mayor o igual a 3,5 y la presencia de flujo turbulento en la lesión o hacia abajo para estenosis del 60% o mayor en la angiografía. Luego publican una sensibilidad del 93%, una especificidad del 98%, un VPP del 98% y un VPN del 94%. Reportan que estos índices fueron obtenidos de riñones con una sola arteria principal y en la discusión refieren que una VPSe de 2m/s (200cm/s) fue capaz de predecir la presencia de estenosis así como la RRA de 3.5.36

En el trabajo de 1991 de Hoffmann et al, el índice de 3,5 demostró una sensibilidad del 92%, una especificidad del 62%, un VPP del 81% y un VPN del 80%.²⁸

En 1996, Miralles et al, para una RRA de 3,3, que se identificó como el mejor punto de corte para una estenosis del 60% o más, obtuvo una sensibilidad del 76%, una especificidad del 92%, un VPP del 86% y un VPN del 87%.²⁵

En el trabajo de House et al de 1999 se obtuvo una sensibilidad del 50%, una especificidad del 88%, un VPP del 50% y un VPN del 88% con un índice de 3,5 para una estenosis del 60% en la angiografía. Una relación de 3,0, en cambio, obtuvo una sensibilidad del 70%, una especificidad del 80%, un VPP del 46% y un VPN del 92%.²⁰

El trabajo de Souza de Oliveira et al en 2000 obtuvo para una estenosis del 50% o más en el control angiográfico, utilizando una RRA optimizada de 1,8 en la evaluación Doppler, una sensibilidad del 83% y una especificidad del 79%.²⁴

Engelhorn et al, en 2005, publicaron una RRA de 3,27 como punto de corte ideal para su muestra de 137 arterias, con una sensibilidad del 85%, una especificidad del 86%, con una precisión del 86%.²⁶

Staub et al, en 2007, para una estenosis del 50% o más en la angiografía, obtuvieron la mejor precisión global para una RRA de 2,5 y 3,0, con una sensibilidad del 92%, especificidad del 79%, VPP del 86% y VPN de 87% para el pri-

mer valor y 83%, 91%, 93% y 80% respectivamente para el segundo valor. Ambos con una precisión calculada al 87%. Una precisión similar al criterio VPSe de 200cm/s para el mismo grado de estenosis en el mismo estudio.¹⁶

En el mismo estudio, para una estenosis del 70%, la RRA de 3,5 tuvo una sensibilidad del 84%, especificidad del 72%, VPP del 57% y VPN del 91%, con una precisión del 76%. Para el mismo grado de estenosis, la RRA de 4,0 mostró valores de 60%, 84%, 63% y 83% respectivamente. Con un punto de corte de 4,5 para el RRA, obtuvieron una precisión calculada del 77%, similar al punto de corte de 4,0, pero penalizando la sensibilidad.

En 2008, Li et al identificaron en su trabajo prospectivo, para una estenosis del 50% o más en la angiografía con un valor de corte de la RRA optimizado de 2,3, una sensibilidad del 76%, una especificidad del 89%, un 85% VPP, un 82 % de VPN y una precisión general del 83 %.¹³

| Autor | AP | Est. | PC | Sens. | Espec. | VPP | VPN |
|-------------------------|------|------|------|-------|--------|-------|-----|
| Kohler et al | 1986 | 60% | 3,5 | 91% | 95% | 93% | 94% |
| Taylor et al | 1988 | 60% | 3,5 | 84% | 97% | 94% | 90% |
| Hansen et al | 1990 | 60% | 3,5 | 93% | 98% | 98% | 94% |
| Strandness et al | 1990 | 60% | 3,5 | 84% | 97% | 94% | 90% |
| Hoffmann et al | 1991 | 60% | 3,5 | 92% | 62% | 81% | 80% |
| Miralles et al | 1996 | 60% | 3,3 | 76% | 92% | 86% | 87% |
| House et al | 1999 | 60% | 3,5 | 50% | 88% | 50% | 88% |
| House et al | 1999 | 60% | 3,0 | 50% | 88% | 50% | 88% |
| Souza de Oliveira et al | 2000 | 50% | 1,8 | 83% | 79% | 66% | 91% |
| Engelhorn et al | 2005 | 60% | 3,27 | 85% | 86% | | |
| Cardoso et al | 2006 | 60% | 3,5 | 79% | 93% | 97% | 60% |
| Cardoso et al | 2006 | 60% | 2,6 | 96% | 87% | 96% | 87% |
| Staub et al | 2007 | 50% | 2,5 | 92% | 79% | 86% | 87% |
| Staub et al | 2007 | 50% | 3,0 | 83% | 91% | 93% | 80% |
| Staub et al | 2007 | 70% | 3,5 | 84% | 72% | 57% | 91% |
| Staub et al | 2007 | 70% | 4,0 | 60% | 84% | 63% | 83% |
| Li et al | 2008 | 50% | 2,3 | 76,5% | 89% | 85,3% | 82% |

La tabla 8 resume las pruebas diagnósticas sobre el criterio RRA.

Relación reno-renal

El primer trabajo publicado sobre la relación reno-renal (RRR) fue Chain et al en 2006. El índice es una división de la VPS de la lesión por la VPS distal a la lesión en la misma arteria principal.³⁷

En el mencionado trabajo se evaluaron criterios como RRA y VPSe, además de RRR. Para ello, se realizó una evaluación prospectiva en 34 pacientes con sospecha de EAR, utilizando la angiografía como control para una estenosis del 50% o más. El mejor punto de corte encontrado para la RRR fue 2,7, con una sensibilidad del 97%, especificidad del

96%, VPP del 97% y VPN del 96%. En el trabajo, este criterio obtuvo mejor precisión global en relación a los otros dos.

En el estudio de 2008 de Li et al, el mejor punto de corte de la RRR fue 2,0 para estenosis del 50% o más en control angiográfico, con una sensibilidad del 76%, especificidad del 93%, VPP del 90% y VPN de 83, con una precisión global inferior al VPSe.

| Autor | AP | Est. | PC | Sens. | Espec. | VPP | VPN |
|-------------|------|------|-----|-------|--------|-----|-----|
| Chain et al | 2006 | 50% | 2,7 | 97% | 96% | 97% | 96% |
| Li et al | 2008 | 50% | 2,0 | 77% | 93% | 90% | 83% |

La Tabla 9 muestra las estadísticas sobre el criterio RRR.

Criterios adicionales

Hay dos criterios citados por tres documentos que no fueron identificados en los otros documentos prospectivos o revisionistas. Se clasifican como criterios indirectos en algunas obras, pero también tienen características de criterios directos. Por lo tanto, ante el dilema de clasificación, estos criterios fueron dejados de lado. Son ellos:

- Relación renal-segmentaria (RRS)
- Relación renal-interlobular (RRI)

Relación renal-segmentaria

La relación renal-segmentaria fue explorada en el trabajo de Souza de Oliveira et al en el año 2000. Se trata de un extenso trabajo en el que también se evalúan criterios como la aceleración sistólica precoz, VPSe y RRA. La aceleración sistólica temprana se midió en arterias segmentarias, lo cual tiene sentido ya que habría sido influenciado por una estenosis proximal, pero tuvo una baja precisión general (menos del 50%). El valor de RRS se obtiene dividiendo el VPS del origen o porción proximal de la arteria renal por el VPS de la arteria segmentaria evaluada en los grupos anatómicos superior, medio e inferior. En el estudio prospectivo utilizaron angiografía de control para estenosis mayor o igual al 50%. El mejor punto de corte encontrado fue RRS=5 con una sensibilidad del 80 al 93% en segmentos anatómicos y una especificidad del 84 al 94%. También es el que presenta mejor precisión en la curva ROC en la evaluación de la arteria segmentaria inferior en relación a las arterias segmentarias media y superior. La segunda mejor precisión es para VPSe a 150 cm/s con una sensibilidad del 83 % y una sensibilidad del 90 %.²⁴

| Autor | AP | Est. | PC | Sens. | Espec. | VPP | VPN |
|-------------------------|------|------|----------------|-------|--------|-----|-----|
| Souza de Oliveira et al | 2000 | 50% | 5,0 segm. sup. | 80% | 84% | | |
| Souza de Oliveira et al | 2000 | 50% | 5,0 segm. med. | 90% | 95% | | |
| Souza de Oliveira et al | 2000 | 50% | 5,0 segm. inf. | 93% | 90% | | |
| Li et al | 2008 | 50% | 4,0 | 84% | 92% | 98% | 87% |

En la tabla 10 se muestran los hallazgos con respecto al criterio RRS.

Relación renal-interlobular

Li et al en 2006, proponen una evolución del criterio anterior. Para evitar que una estenosis en la porción media o distal de la arteria renal aumente la velocidad hilar o segmentaria, recogen la VPS de la arteria interlobular, utilizando la pirámide como referencia anatómica. Eligieron la VPS de la arteria interlobular con mejor aspecto flujométrico. Por tanto, se dividió la VPS de la lesión por la VPS de la arteria interlobular elegida. El mejor punto de corte identificado fue VPS=5 para una estenosis mayor o igual al 50% en el control angiográfico. La sensibilidad fue del 88%, la especificidad del 88%, el VPP del 91% y el VPN del 84%.¹²

En 2008, Li et al publicaron un estudio comparando índices directos, RRI y RRS. En una serie prospectiva donde se evaluaron 150 arterias renales, teniendo su control angiográfico disponible para clasificación de estenosis del 50% o más. Un detalle importante en su metodología es que evaluaron los segmentos superior, medio e inferior y utilizaron aquel segmento que mostraba signos de alteración en la forma de onda para recolectar los índices. Si ninguno de los segmentos presentaba alteración sospechosa, se recogían índices del segmento medio. El mejor punto de corte para el RRI fue 5,5 con una sensibilidad del 85%, especificidad del 90%, VPP del 88% y VPN del 88%. La RRS, por su parte, tuvo su mejor punto de corte en 4,0, con una sensibilidad del 84%, especificidad del 91%, VPP del 98% y VPN del 87%.¹³

En el mismo trabajo refieren un caso en el que la estenosis estaba muy avanzada en la angiografía de control, pero la VPSe y la RRA estaban dentro de la normalidad, con la RRI indicando EHS. Ya se han comunicado hallazgos similares para estenosis superiores al 90% en otros sitios, como la carótida, donde hay una reducción de la VPS en estenosis más avanzadas. Esto puede sugerir una ventaja en el uso de la RRI.

Los criterios citados aquí no se encontraron en otros estudios, pero las publicaciones encontradas hasta ahora son prometedoras. Y deberían incluirse en trabajos futuros.

| Autor | AP | Est. | PC | Sens. | Espec. | VPP | VPN |
|----------|------|------|-----|-------|--------|-----|-----|
| Li et al | 2006 | 50% | 5 | 88% | 88% | 91% | 84% |
| Li et al | 2008 | 50% | 5,5 | 85% | 90% | 88% | 88% |

La Tabla 11 resume las estadísticas relacionadas con el criterio RRI.

Combinación de criterios

En algunos trabajos, el diseño del estudio permitió tanto la evaluación individual del criterio como su uso combinado. Otros trabajos solo publicaron su combinación.

En dos trabajos se agregaron detalles de evaluación que pueden calificarse como criterios extra, pero con un aspecto más subjetivo en su evaluación. Como la identificación de turbulencia en el flujo de la lesión, la pérdida del pico sistólico precoz, o incluso la identificación de curvas con aspecto de tardus parvus sin utilizar criterios flujométricos. A pesar de ser aspectos un tanto subjetivos, la experiencia en

el campo nos permitiría reproducir dichos aspectos durante la evaluación.

El primer trabajo que sugirió la combinación de criterios como forma de lograr una mayor precisión fue el de Strandness en 1990, con VPSe y RRA.³⁵

En 1996, Krumme et al utilizaron como criterio una VPSe superior a 200cm/sy una dIR igual o superior a 0,05 para estenosis iguales o superiores al 70% en el control angiográfico. Obtuvo una sensibilidad del 89%, una especificidad del 92%, un VPP del 92% y un VPN del 88%. Fue el primer trabajo encontrado por esta revisión que combinaba criterios.³⁸

El primer estudio encontrado por esta revisión para evaluar la combinación de criterios directos fue el de House et al en 1999. En él VPSe mayor de 180cm/s junto con una RRA mayor de 3,5 para una estenosis del 60% o más en angiografía obtuvo una sensibilidad del 80%, una especificidad del 78%, un VPP del 45% y un VPN del 95%. Una VPSe de 180 cm/s con un RRA superior a 3,0 produjo una sensibilidad del 85%, una especificidad del 76%, un VPP del 44% y un VPN del 96%. Informan una mejor precisión general con la combinación de criterios que con los criterios solos.²⁰

En 2004 tenemos un trabajo brasileño sobre criterios diagnósticos. Engelhorn et al publicaron un estudio prospectivo con 137 arterias renales de 69 pacientes adultos, con una angiografía positiva para estenosis del 60% o más como control. En este estudio, las estenosis del 60% o más se consideraron positivas cuando se observaron velocidades de 180 cm/s o más junto con un RRA mayor de 3,5. Por lo tanto, la sensibilidad del 95 %, la especificidad del 88 %, el VPP del 90 %, el VPN del 95 % y la precisión global del 92 % provienen de la combinación de los dos criterios correctos.³⁰

Engelhorn et al en 2005, basándose en un corte de 180cm/s de VPS y 3,5 de RRA para una estenosis del 60% o más en el control angiográfico, encontraron una sensibilidad del 93%, una especificidad del 84%, un VPP de 88 % y un 90% VPN. En este trabajo, la combinación de criterios obtuvo la mayor precisión global, seguida de cerca por VPSe, luego por RRA y luego por VDF.²⁶

Cardoso et al en 2006, en un estudio prospectivo, utilizaron como criterio una VPSe superior a 189cm/sy una RRA superior a 3,5 en un estudio con 127 arterias renales en 62 pacientes. La angiografía se utilizó como control para una estenosis mayor al 60%. Consiguieron una sensibilidad del 79%, una especificidad del 97%, un VPP del 99% y un VPN del 61%. Cuando optimizaron los valores de corte a 189cm/s y RRA de 2,6, tras el análisis de la curva ROC obtuvieron como resultados 96%, 94%, 98% y 89% respectivamente. Algo importante a destacar en este trabajo es que no se logró una mayor precisión global con la combinación de criterios, sino con el uso de VPSe solo. Con un punto de corte de 189cm/s lograron resultados del 100%, 87%, 96% y 100% respectivamente.³⁹

En el estudio de 2006, Li et al propusieron dos nuevas combinaciones de criterios para detectar una estenosis del 50% o más. Uno de ellos usando VPSe con RRI; y otro utilizando el RRI con el pico sistólico de la arteria interlobular

(VPS IL), siendo este último positivo para estenosis cuando es menor de 15cm/s. Ambos con buena precisión.¹²

En 2008, Zeller et al utilizaron puntos de corte de 3,5 para el RRA y 0,05 para el dIR en la detección de estenosis iguales o superiores al 70% en la angiografía. Encontraron una sensibilidad del 76%, una especificidad del 97%, un VPP del 97% y un VPN del 76%. Justificaron la baja sensibilidad a la presencia de estenosis bilateral en el 22% de los pacientes, lo que influyó en la dIR. Es interesante señalar la baja sensibilidad como una probable limitación de este criterio, ya que es necesario que exista lateralidad de un EHS en una sola arteria renal. Puede que no influya en criterios como RRI y RRS, pero se necesitarían más estudios.²⁷

En 2013 se publica otra obra brasileña. Borelli et al publicaron un estudio prospectivo con 61 pacientes con sospecha de EAR. Se les realizó doppler, gammagrafía renal con DTPA Tc-99m y angiotomografía renal, con angiografía renal como control. Para estenosis superiores al 60% o más en los controles se utilizó como criterio una VPSe igual o superior a 180cm/s asociada a una RRA igual o superior a 3,5. Es decir, si el paciente tuviera una VPSe igual o superior a 180cm/s, pero con una RRA inferior a 3,5, se consideraría una estenosis inferior al 60%. Como resultado obtuvieron una sensibilidad del 83%, una especificidad del 70%, un VPP del 85% y un VPN del 67%.³²

| Autor | AP | Est. | PC | Sens. | Espec. | VPP | VPN |
|-----------------|------|------|------------------------|-------|--------|-----|-----|
| Krummer | 1996 | 70% | PSVe 200cm/s; dIR 0,05 | 89% | 92% | 92% | 88% |
| House et al | 1999 | 60% | PSVe 180cm/s; RRA 3,5 | 80% | 78% | 45% | 95% |
| House et al | 1999 | 60% | PSVe 180cm/s; RRA 3,0 | 85% | 76% | 44% | 96% |
| Engelhorn et al | 2004 | 60% | PSVe 180cm/s; RRA 3,5 | 95% | 88% | 90% | 95% |
| Engelhorn et al | 2005 | 60% | PSVe 180cm/s; RRA 3,5 | 93% | 83,6% | 88% | 90% |
| Cardoso et al | 2006 | 60% | PSVe 189cm/s; RRA 3,5 | 79% | 97% | 99% | 61% |
| Cardoso et al | 2006 | 60% | PSVe 189cm/s; RRA 2,6 | 96% | 94% | 98% | 89% |
| Li et al | 2006 | 50% | PSVe 150cm/s; RRA 2 | 82% | 91% | 93% | 79% |
| Li et al | 2006 | 50% | PSVe 150cm/s; RRI 5 | 89% | 88% | 91% | 85% |
| Li et al | 2006 | 50% | RRI 5; PSVai 15cm/s | 91% | 87% | 90% | 88% |
| Li et al | 2008 | 50% | PSVe 190cm/s; RRS 5,0 | 90% | 92% | 89% | 92% |
| Zeller et al | 2008 | 70% | RRA 3,5; dIR 0,05 | 76% | 97% | 97% | 76% |
| Borelli et al | 2013 | 60% | PSVe 180cm/s; RRA 3,5 | 83% | 70% | 85% | 67% |

La tabla 12 resume las pruebas diagnósticas sobre combinaciones de criterios.

Tipos de lesión

El trabajo de Hansen et al en 1990 presentó 6 arterias con características compatibles con displasia fibromuscular de 147 arterias renales evaluadas.

Hoffmann et al, en su trabajo publicado en 1991, excluyeron las arterias sospechosas de tener DFM, lo que nos lleva a concluir que las lesiones encontradas deben ser de origen aterosclerótico.

House et al en 1999 encontraron en 125 arterias ana-

lizadas dos con lesiones típicas de DFM. Ambos en el mismo paciente, por tanto, un caso de estenosis bilateral.

En el año 2000, Motew et al, en su trabajo sobre 81 arterias renales, observaron 5 lesiones compatibles con DFM, 2 de ellas en el mismo paciente.

En el trabajo de Bardelli en 2006 se evaluaron criterios indirectos y uno de los puntos más interesantes del trabajo fueron las clasificaciones del sitio de la estenosis y la etiología de las estenosis. De las 72 estenosis evaluadas, 16 fueron citadas como etiología por displasia fibromuscular y 56 por aterosclerosis.

Cardoso et al en 2006, tenían en su muestra 55 pacientes con etiología aterosclerótica y siete pacientes con displasia fibromuscular (DFM).

El trabajo de 2006 de Li et al tenía una población etiológica interesante. De las 93 estenosis, 42 se debieron a aterosclerosis, 30 por arteritis de Takayasu y 21 por DFM. Esta distribución puede haber influido en su trabajo principalmente en relación a la VPSe y la RRA, ya que algunos pacientes con Takayasu tenían afectación tanto aórtica como multisegmentaria.

En su estudio de 2009, de las 68 estenosis de la arteria renal, 40 se debieron a aterosclerosis, 17 a Takayasu, nueve a DFM y dos a feocromocitoma y poliarteritis nodosa. Aquí hacemos la misma advertencia con respecto a los pacientes con Takayasu que pueden tener compromiso multisegmentario, cambiando el uso de algunos índices. En este trabajo, los autores reafirman cómo las estenosis aórticas pueden afectar los índices diagnósticos, lo que no es un demérito del trabajo, sino una advertencia para cualquier examinador que desconozca la posibilidad de una estenosis en la aorta o incluso en otro segmento de la riñón de árbol arterial durante la realización de su Doppler.

Los otros estudios no especificaron la etiología, pero la descripción en la mayoría de ellos sugiere que probablemente se trate de una etiología aterosclerótica.

CONCLUSIÓN

En las siguientes tablas mostramos la media aritmética de cada estadístico de las pruebas diagnósticas de los trabajos según cada criterio diagnóstico. Es necesario tener precaución al analizar el promedio alcanzado, ya que los puntos de corte difieren entre estudios y el grado de estenosis también. En algunos estudios donde no se publicó el VPP y el VPN, se calculó en base a la prevalencia de la muestra, sensibilidad y especificidad.

| | | | | |
|--------------------------------------------|-------|--------|-----|-----|
| Média entre trabalhos para o critério dIR. | Sens. | Espec. | VPP | VPN |
| | 47% | 96% | 75% | 77% |

Tabela 13

| | | | | |
|-------------------------------------------|-------|--------|-----|-----|
| Média entre trabalhos para o critério TA. | Sens. | Espec. | VPP | VPN |
| | 70% | 89% | 76% | 81% |

Tabela 14

| | | | | |
|-------------------------------------------|-------|--------|-----|-----|
| Média entre trabalhos para o critério IA. | Sens. | Espec. | VPP | VPN |
| | 84% | 69% | 54% | 90% |

Tabela 15

| | | | | |
|---------------------------------------------|-------|--------|-----|-----|
| Média entre trabalhos para o critério PSVe. | Sens. | Espec. | VPP | VPN |
| | 89% | 83% | 82% | 91% |

Tabela 16

| | | | | |
|--------------------------------------------|-------|--------|-----|-----|
| Média entre trabalhos para o critério RRA. | Sens. | Espec. | VPP | VPN |
| | 80% | 87% | 81% | 86% |

Tabela 17

| Autor | AP | Est. | PC | Sens | Espec. | VPP | VPN |
|-----------------|------|------|-----------------------|------|--------|-----|-----|
| House et al | 1999 | 60% | PSVe 180cm/s; RRA 3,5 | 80% | 78% | 45% | 95% |
| House et al | 1999 | 60% | PSVe 180cm/s; RRA 3,0 | 85% | 76% | 44% | 96% |
| Engelhorn et al | 2004 | 60% | PSVe 180cm/s; RRA 3,5 | 95% | 88% | 90% | 95% |
| Engelhorn et al | 2005 | 60% | PSVe 180cm/s; RRA 3,5 | 93% | 84% | 88% | 90% |
| Cardoso et al | 2006 | 60% | PSVe 189cm/s; RRA 3,5 | 79% | 97% | 99% | 61% |
| Cardoso et al | 2006 | 60% | PSVe 189cm/s; RRA 2,6 | 96% | 94% | 98% | 89% |
| Li et al | 2006 | 50% | PSVe 150cm/s; RRA 2 | 82% | 91% | 93% | 79% |
| Borelli et al | 2013 | 60% | PSVe 180cm/s; RRA 3,5 | 83% | 70% | 85% | 67% |
| Média | | | | 87% | 85% | 80% | 84% |

Tabla 18: en esta tabla se excluyeron los estudios con una combinación de diferentes criterios; sin embargo, es importante notar los diferentes puntos de corte a pesar de la misma combinación de criterios.

Algunos trabajos más recientes que trataron con criterios indirectos mencionaron algunas limitaciones de la técnica. Li describe la dificultad de usar dIR en estenosis bilaterales. Y Staub especifica la dificultad de utilizar criterios indirectos en situaciones como estenosis bilaterales, riñones únicos, enfermedad parenquimatosa renal unilateral, arritmia, insuficiencia aórtica y presencia de fístulas arteriovenosas.

Los criterios directos también tienen algunas limitaciones relacionadas con el uso de la técnica, pero cuando fue factible, demostraron ser más reproducibles y con mejor precisión general en comparación con los criterios indirectos. Los trabajos donde hubo criterios indirectos siendo evaluados junto con los criterios directos se refirieron a un mejor desempeño de los criterios directos en relación a la sensibilidad, especificidad, VPP y VPN.

Por lo tanto, no es de extrañar que los estudios de revisión, especialmente los más recientes, no sólo confirmen

la mayor reproducibilidad de los criterios directos, sino que también sugieran fuertemente su uso para el diagnóstico de estenosis de la arteria renal. Entre los criterios directos, el VPSe ha sido el más recomendado. Y, si es necesario, el uso de RRA para la confirmación. También se sugiere el uso de criterios indirectos como adyuvante para el diagnóstico. Sin embargo, deben tenerse en cuenta las limitaciones de los criterios indirectos.

Sería interesante en el futuro ver trabajos sobre criterios como RRR, RRS y RRI. Los dos últimos en particular se han mostrado prometedores como criterios de diagnóstico. Además, estos índices teóricamente no estarían influenciados por estenosis bilateral, riñón único, arritmia, insuficiencia aórtica o fístulas arteriovenosas. Por otro lado, la enfermedad del parénquima renal teóricamente podría influir en los dos últimos. Sin embargo, se necesitan más estudios para investigar estas posibilidades.

Un detalle en la evaluación de estos criterios es que la mejor precisión no siempre define el mejor punto de corte. Como el Doppler de la arteria renal es una prueba de cribado, podría ser interesante tener una mayor sensibilidad para determinar realmente quiénes deben continuar con la investigación.

En cuanto a las estenosis de origen no aterosclerótico, parece necesario crear un esfuerzo colaborativo entre los centros para poder establecer un criterio fiable de estenosis de la arteria renal por otras etiologías, principalmente por el bajo número de pacientes en los estudios presentados.

En conclusión, en el estado actual de trabajo y conocimiento construido, es cómodo sugerir el uso de VPSe como criterio diagnóstico para la estenosis de la arteria renal, siendo la RRA un importante adyuvante. El uso de criterios indirectos debe hacerse con cautela, teniendo siempre en cuenta la familiaridad del examinador con una onda de tardus parvus, con su aparato ecográfico y la adquisición de varias medidas para mayor confiabilidad.

Los trabajos futuros deben continuar para evaluar la técnica ecográfica con contraste (CEUS) en el caso de EAR. Esta técnica ha estado en desarrollo desde 1996, mostrando mejoras significativas con agentes de contraste de segunda generación. Sin embargo, contiene un riesgo inherente a los procedimientos mínimamente invasivos, ya que se requiere la inyección intravenosa de un agente de contraste. Otro inconveniente ha sido el costo del contraste en los países en desarrollo. Sin embargo, han surgido resultados prometedores en la evaluación de la EAR y en la evaluación de otras patologías renales e intraabdominales.

REFERENCIAS

- 1- Connolly JO, Higgins RM, Walters HL, Mackie ADR, Drury PL, Hendry BM, Scoble JE. Presentation, clinical features and outcome in different patterns of atherosclerotic renovascular disease. *QJM: An International Journal of Medicine*. 1994; 87(7): 413-421.
- 2- Foster JH, Dean RH. Results of surgical treatment of renovascular hypertension. *J Cardiovasc Surg (Torino)*. 1973; Spec No:169-174.
- 3- Neves PDMM; Sesso, RCC; Thomé, FS. Brazilian dialysis survey 2019. *Brazilian Journal of Nephrology*. 2021; 43(2): 217-227.
- 4- Neves PDMM; Sesso, RCC; Thomé, FS. Brazilian Dialysis Census: analysis of data from the 2009-2018 decade. *Brazilian Journal of Nephrology*. 2020; 42(2): 191-200.
- 5- Neves PDMM, Oliveira AAO, Oliveira MCO, Machado JR, Reis MA, Mendonça HM, Resende LAPR, Marques VP. Pesquisa de doença aterosclerótica multiarterial em pacientes hipertensos com estenose de artéria renal. *Brazilian Journal of Nephrology*. 2012; 34(3): 243-250.
- 6- Conlon PJ, Little MA, Pieper K, Mark DB. Severity of renal vascular disease predicts mortality in patients undergoing coronary angiography. *Kidney International*. 2001; 60(4): 1490-1497.
- 7- Plouin PF, Rossignol P, Bobrie G. Atherosclerotic renal artery stenosis: to treat conservatively, to dilate, to stent, or to operate? *Journal of the American Society of Nephrology*. 2001; 2(19): 2190-2196.
- 8- Imori Y, Akasaka T, Ochiai T, Oyama K, Tobita K, Shishido K, Nomura Y, Yamanaka F, Sugitatsu K, Okamura N, Mizuno S, Arima K, Suenaga H, Murakami M, Tanaka Y, Matsumi J, Takahashi S, Tanaka S, Takeshita S, Saito S. Co-existence of carotid artery disease, renal artery stenosis, and lower extremity peripheral arterial disease in patients with coronary artery disease. *The American Journal of Cardiology*. 2014; 113(1): 30-35.
- 9- Kalra PA, Guo H, Kausz AT, Gilbertson DT, Liu J, Chen SC, Ishani A, Collins AJ, Foley RN. Atherosclerotic renovascular disease in United States patients aged 67 years or older: Risk factors, revascularization, and prognosis. *Kidney International*. 2005; 68(1): 293-301.
- 10 - Radermacher J, Chavan A, Bleck J, Vitzthum A, Stoess B, Gebel MJ, Galanski M, Koch KM, Haller H. Use of Doppler ultrasonography to predict the outcome of therapy for renal-artery stenosis. *N Engl J Med*. 2001; 344(6):410-417.
- 11 - Santos SN, Leite LR, Tse TS, Beck R, Lee RA, Shepherd RFJ. Índice de resistividade renal como predictor da revascularização renal para hipertensão renovascular. *Arquivos Brasileiros de Cardiologia*. 2010; 94(4): 452-456.
- 12 - Li JC, Wang L, Jiang YX, Dai Q, Cai S, Lv K, Qi ZH. Evaluation of renal artery stenosis with velocity parameters of Doppler sonography. *J Ultrasound Med*. 2006; 25(6): 735-742.
- 13 - Li JC, Jiang YX, Zhang SY, Wang L, Ouyang YS, Qi ZH. Evaluation of renal artery stenosis with hemodynamic parameters of Doppler sonography. *J Vasc Surg*. 2008; 48(2): 323-328.
- 14 - Zeller T, Frank U, Späth M, Roskamm H. Farbduplexsonographische darstellbarkeit von nierenarterien und erkennung hämodynamisch relevanter nierenarterienstenosen. *Ultraschall Med* 2001; 22(3): 116-121.
- 15 - Ripollés T, Aliaga R, Morote V, Lonjedo E, Delgado F, Martínez MJ, Vilar J. Utility of intrarenal Doppler ultrasound in the diagnosis of renal artery stenosis. *Eur J Radiol*. 2001; 40(1): 54-63.
- 16 - Staub D, Canevascini R, Huegeli RW, Aschwanden M, Thalhammer C, Imfeld S, Singer E, Jacob AL, Jaeger KA. Best duplex-sonographic criteria for the assessment of renal artery stenosis—correlation with intra-arterial pressure gradient. *Ultraschall Med*. 2007; 28(1): 45-51.
- 17 - Handa N, Fukunaga R, Etani H, Yoneda S, Kimura K, Kamada T. Efficacy of echo-Doppler examination for the evaluation of renovascular disease. *Ultrasound in Medicine & Biology*, 1988; 14(1): 1-5.
- 18 - Handa N, Fukunaga R, Ogawa S; Matsumoto M; Kimura K, Kamada T. A new accurate and non-invasive screening method for renovascular hypertension. *Journal of Hypertension*. 1988; 6(4): 458-460
- 19 - Stavros AT, Parker SH, Yakes WF, Chantelouis AE, Burke BJ, Meyers PR, Schenck JJ. Segmental stenosis of the renal artery: pattern recognition of tardus and parvus abnormalities with duplex sonography. *Radiology*. 1992; 184(2): 487-492.
- 20 - House MK, Dowling RJ, King P, Gibson RN. Using Doppler sonography to reveal renal artery stenosis: an evaluation of optimal imaging parameters. *Am J Roentgenol*. 1999; 173(3): 761-765.
- 21 - Bardelli M, Veglio F, Arosio E, Cataliotti A, Valvo E, Morganti A; Italian Group for the Study of Renovascular Hypertension. New intrarenal echo-Doppler velocimetric indices for the diagnosis of renal artery stenosis. *Kidney Int*. 2006; 69(3): 580-587.
- 22 - Handa N, Fukunaga R, Uehara A, Etani H, Yoneda S, Kimura K, Kamada T. Echo-Doppler velocimeter in the diagnosis of hypertensive patients: the renal artery Doppler technique. *Ultrasound Med Biol*. 1986; 12(12): 945-952.
- 23 - Granata A, Fiorini F, Andrulli S, Logias F, Gallieni M, Romano G, Sicurezza E, Fiore CE. Doppler ultrasound and renal artery stenosis: An overview. *J*

- Ultrasound. 2009; 12(4): 133-143.
- 24 - Souza de Oliveira IR, Widman A, Molnar LJ, Fukushima JT, Praxedes JN, Cerri GG. Colour Doppler ultrasound: a new index improves the diagnosis of renal artery stenosis. *Ultrasound Med Biol.* 2000; 26(1): 41-47.
 - 25 - Miralles M, Cairoles M, Cotillas J, Giménez A, Santiso A. Value of Doppler parameters in the diagnosis of renal artery stenosis. *J Vasc Surg.* 1996; 23(3): 428-435.
 - 26 - Engelhorn CA, Engelhorn AL, Cassou MF. Estenose na artéria renal: a necessidade de validação dos critérios diagnósticos no laboratório vascular. *Jornal Vascular Brasileiro.* 2005; 4(3): 243-248.
 - 27 - Zeller T, Bonvini RF, Sixt S. Color-coded duplex ultrasound for diagnosis of renal artery stenosis and as follow-up examination after revascularization. *Catheter Cardiovasc Interv.* 2008; 71(7): 995-999.
 - 28 - Hoffmann U, Edwards JM, Carter S, Goldman ML, Harley JD, Zaccardi MJ, Strandness DE Jr. Role of duplex scanning for the detection of atherosclerotic renal artery disease. *Kidney Int.* 1991; 39(6): 1232-1239.
 - 29 - Motew SJ, Cherr GS, Craven TE, Travis JA, Wong JM, Reavis SW, Hansen KJ. Renal duplex sonography: main renal artery versus hilar analysis. *J Vasc Surg.* 2000; 32 (3): 462-471.
 - 30 - Engelhorn CA, Engelhorn AL, Pullig R. O papel da ultra-sonografia vascular com Doppler colorido na avaliação da hipertensão reno-vascular: acurácia da técnica direta de avaliação das artérias renais. *Arquivos Brasileiros de Cardiologia.* 2004; 82(5): 473-476.
 - 31 - Abu Rahma AF, Srivastava M, Mousa AY, Dearing DD, Hass SM, Campbell JR, Dean LS, Stone PA, Keiffer T. Critical analysis of renal duplex ultrasound parameters in detecting significant renal artery stenosis. *J Vasc Surg.* 2012; 56(4): 1052-1060.
 - 32 - Borelli FA, Pinto IM, Amodeo C, Smanio PE, Kambara AM, Petisco AC, Moreira SM, Paiva RC, Lopes HB, Sousa AG. Analysis of the sensitivity and specificity of noninvasive imaging tests for the diagnosis of renal artery stenosis. *Arq Bras Cardiol.* 2013; 101(5): 423-433.
 - 33 - Kohler TR, Zierler RE, Martin RL, Nicholls SC, Bergelin RO, Kazmers A, Beach KW, Strandness DE Jr. Noninvasive diagnosis of renal artery stenosis by ultrasonic duplex scanning. *J Vasc Surg.* 1986; 4(5): 450-456.
 - 34 - Taylor DC, Kettler MD, Moneta GL, Kohler TR, Kazmers A, Beach KW, Strandness DE Jr. Duplex ultrasound scanning in the diagnosis of renal artery stenosis: a prospective evaluation. *J Vasc Surg.* 1988; 7(2): 363-369.
 - 35 - Strandness DE Jr. Duplex scanning in diagnosis of renovascular hypertension. *Surg Clin North Am.* 1990; 70(1): 109-117.
 - 36 - Hansen KJ, Tribble RW, Reavis SW, Canzanello VJ, Craven TE, Plonk GW Jr, Dean RH. Renal duplex sonography: evaluation of clinical utility. *J Vasc Surg.* 1990; 12(3): 227-236.
 - 37 - Chain S, Luciarci H, Feldman G, Berman S, Herrera RN, Ochoa J, Muntaner J, Escudero EM, Ronderos R. Diagnostic role of new Doppler index in assessment of renal artery stenosis. *Cardiovasc Ultrasound.* 2006; 4(4): 1-7
 - 38 - Krumme B, Blum U, Schwertfeger E, Flügel P, Höllstin F, Schollmeyer P, Rump LC. Diagnosis of renovascular disease by intra- and extrarenal Doppler scanning. *Kidney Int.* 1996; 50(4): 1288-1292.
 - 39 - Cardoso CM, Xavier SS, Lopez GE, Brunini TMC et al. Parâmetros diretos do duplex scan no diagnóstico da estenose da artéria renal: estudo de validação e otimização dos pontos de corte. *Arquivos Brasileiros de Cardiologia.* 2006; 87(3): 321-328.