

ECO-DOPPLER RENAL – QUANDO, COMO E PORQUÊ?

RENAL DOPPLER ULTRASOUND – WHEN, HOW AND WHY?

Duarte, Ana Luísa¹; Germano, Ana²

RESUMO

Com este trabalho pretendemos rever as aplicações do eco-Doppler renal, familiarizando os clínicos quanto a esta técnica, as suas utilidades e limitações.

A hipertensão arterial é uma doença altamente prevalente e a estenose da artéria renal (EAR) é a causa secundária potencialmente tratável mais frequente. As principais etiologias desta condição são a doença aterosclerótica (a grande maioria) e a displasia fibromuscular.

Entre os vários métodos imagiológicos disponíveis, o eco-Doppler está presente no quotidiano hospitalar e apresenta várias vantagens como o baixo custo, a disponibilidade, ser não invasivo e não utilizar radiação ionizante. No entanto também tem limitações, como a de ser operador dependente e as condicionantes do examinado.

Através do eco-Doppler obtemos uma avaliação morfológica do rim, mas também hemodinâmica do parênquima renal e do seu suprimento arterial. Existem parâmetros directos e indirectos que permitem uma avaliação da vascularização renal, assim como determinar se existe uma estenose significativa, com repercussão hemodinâmica no rim. O eco-Doppler também é útil na avaliação de outras patologias arteriais que podem afectar o rim e a artéria renal, como defeitos da perfusão arterial do rim ou aneurismas da artéria renal.

A angio-TC e a angio-RM também são métodos imagiológicos que fazem o diagnóstico desta patologia, mas são mais caras e implicam a administração de contraste endovenoso. O gold standard é a angiografia renal, mas devido aos seus riscos é principalmente usado na terapêutica da EAR.

Também existem exames da medicina nuclear que permitem uma avaliação funcional dos rins.

O eco-doppler renal é um método que, se for executado por uma mão experiente, num doente que reúna indicações clínicas e um perfil biofísico adequado, é muito útil no rastreio da EAR.

Palavras-chave: Eco-Doppler; Estenose da Artéria Renal; Hipertensão.

ABSTRACT

The purpose of this paper is to review the clinical uses and limitations of Doppler renal ultrasound.

High blood pressure is a prevalent disease, being the renal artery stenosis (RAS) the most frequent secondary treatable cause.

Atherosclerosis and fibromuscular dysplasia are the two conditions most frequently responsible for RAS.

Considering the several imaging methods available, the advantages of Doppler ultrasound include the availability, low cost, non-invasive nature and absence of ionizing radiation. Its main limitations are related to the patient's morph type and being operator dependent.

Using Doppler ultrasound we can evaluate the shape and size of the kidneys, and obtain hemodynamic information regarding the main renal arteries and intra-renal vessels. There are direct and indirect signs of significant renal artery stenosis and of the degree of repercussion of the stenosis in the renal parenchyma.

Doppler ultrasound is also useful in the diagnosis of other causes of renal vascular diseases such as renal artery aneurism or focal perfusion defects in the renal parenchyma.

CT and MRI angiography are alternative diagnostic imaging options, but are more expensive, less available and need administration of intra-venous contrast material.

The Gold standard is angiography but being an invasive technique, is actually used almost always for therapeutic purposes.

Nuclear medicine also allows functional kidney evaluation.

When performed by an experiment operator, in an adequately clinically selected patient, Doppler renal ultrasound is very useful for the screening of RAS.

Key-words: *Doppler Ultrasound Imaging; Renal Artery Stenosis; Hypertension.*

INTRODUÇÃO

O objectivo deste trabalho é rever a aplicação do eco-Doppler renal, estabelecer as suas indicações e apresentar os achados patológicos mais comumente visualizados. A hipertensão arterial é uma doença com elevada preva-

¹ Interna de Radiologia do Hospital do Espírito Santo de Évora – E.P.E.

² Assistente (graduado) de Radiologia no Hospital Prof. Doutor Fernando Fonseca, EPE, Amadora, Portugal

Este trabalho não foi subsidiado e não existe conflito de interesses das autoras.

✉ ana.luisa.c.duarte@gmail.com

Recebido 06/08/14; Aceite 24/11/14

lência no mundo ocidental (30% da população adulta americana), cuja incidência aumenta com a idade, sendo que 65% da população americana com mais de 60 anos é hipertensa (1-3). Apesar de ser uma patologia habitualmente tratada na prática clínica em 90 a 95% dos casos a sua etiologia é multifactorial – hipertensão primária, sendo que nos restantes 5% se desenvolve secundariamente a uma condição específica – hipertensão secundária (4).

A estenose da artéria renal (EAR) é a causa mais frequente de hipertensão renovascular e a causa de hipertensão secundária potencialmente corrigível mais comum. Embora a EAR só esteja presente em 1-5% de toda a população hipertensa, em populações específicas (jovens hipertensos, hipertensão maligna, grave ou refractária, doentes com sopro abdominal, doentes com hipocaliémia, e alterações não explicadas dos parâmetros séricos renais) a sua prevalência atinge os 30% (2,5). A detecção desta patologia é relevante pois não só a sua persistência implica lesão renal por isquémia, que poderá terminar em doença renal crónica (DRC) (6), como ao ser simultaneamente uma condição tratável e causa de hipertensão secundária a sua resolução implica uma melhoria significativa na maioria dos doentes com hipertensão refractária (6,7).

Existem dois grandes grupos etiológicos onde se inserem os doentes com EAR – o grupo da doença aterosclerótica, que engloba aproximadamente 90 % dos pacientes com EAR, e o grupo da displasia fibromuscular (DFM) com os restantes 10% (1,3,8). Estas duas entidades atingem populações distintas: na doença aterosclerótica uma população mais envelhecida (acima dos 65 anos) com outros atingimentos desta afecção sistémica – doença arterial coronária e/ou doença arterial periférica; a DFM atinge sobretudo doentes jovens (15 aos 50 anos), maioritariamente mulheres e está associada a aneurismas da artéria renal (1,7,8). Também o atingimento da artéria renal é diferente nestes dois grupos etiológicos, sendo que na aterosclerose o ostium/emergência da artéria renal é o local predilecto e na DFM o terço médio das artérias renais é o local estenótico (5,8).

Achados Imagiológicos

O “gold standard” para o diagnóstico de EAR é a arteriografia renal (2,3,7). No entanto esta técnica é cara, invasiva, sujeita a morbilidade não só devido à manipulação vascular e utilização de contraste iodado endovenoso (2,3,7) como ao facto de utilizar doses de radiação consideráveis (3). Não existe um consenso quanto ao método ideal para rastrear esta patologia com a possibilidade de utilizar o eco-Doppler renal, a angio-TC ou a angio-RM na abordagem inicial desta patologia (2,3,7).

Eco-Doppler renal

O eco-Doppler renal é o exame mais barato e mais disponível, que não utiliza radiação ionizante e é não-invasivo (6,7). No entanto, este exame é extremamente dependente do operador, com uma curva de aprendizagem demorada, a sua execução técnica é difícil podendo demorar até duas horas a ser executado na totalidade (2,5-7). Também constitui um desafio ao eco-Doppler renal o diagnóstico das EAR devido à DFM da artéria renal pois a avaliação directa da topografia da estenose nem sempre é alcançável (1). A visualização de artérias renais acessórias também se mostrou um desafio com este método imagiológico embora apenas 1,5% dos casos de

hipertensão renovascular se devam a estenose hemodinamicamente significativa destas artérias que ocorrem em 25-30% da população (5,8,9).

O eco-Doppler renal é de difícil execução e deverá ser realizado por radiologistas experientes (3,9). Esta técnica tem um valor preditivo positivo alto mas um valor preditivo negativo baixo, ou seja, quando uma estenose é diagnosticada (exame positivo), então o diagnóstico é estabelecido. No entanto, quando o exame é negativo – seja porque foi inconclusivo/incompleto, seja porque não foi demonstrada EAR, ou até devido a estenose de uma artéria renal acessória não visualizada – não podemos excluir a hipótese de EAR (3,9). Por isso, as indicações para a realização do eco-Doppler renal (Tabela 1) se referem a pacientes com maior probabilidade de EAR ou outra patologia arterial (2,4,10). A preparação do examinado para o exame também é importante. Um dos impedimentos da propagação dos ultrassons é o ar, por isso é fundamental tentar evitar a acumulação de gás intra-abdominal. Para isso o doente deverá vir para o exame em jejum, preferencialmente 12 horas de jejum nocturno para que o exame se realize logo pela manhã de modo a diminuir a probabilidade de um exame incompleto (3,5,6).

Indicações para eco-Doppler renal:

Pacientes com suspeita moderada a elevada para hipertensão renovascular – hipertensão de difícil controlo, apesar de optimização terapêutica; hipertensão com declínio da função renal; declínio progressivo da função renal associada a terapêutica com IECAs; início abrupto da hipertensão.

Follow-up de doentes com doença renovascular conhecida que colocaram stent ou realizaram outro tipo de intervenção.

Avaliação do rim contralateral em casos de EAR unilateral conhecida.

Avaliação de um sopro abdominal

Suspeita de alguma anomalia vascular – aneurisma, pseudoaneurisma, malformação ou fistula arterio-venosa

Avaliação de insuficiência renal num doente de risco para doença renovascular

Avaliação do fluxo arterial renal em casos conhecidos de dissecação aórtica, trauma ou outras anormalidades que possam comprometer o suprimento renal

Avaliação de rins assimétricos

Tabela 1 – Indicações para eco-Doppler renal de acordo com AIUM* practice guide de 2013. *AIUM – American Institute of Ultrasound in Medicine

O radiologista também deve saber adaptar o ecógrafo de modo a obter uma maior acuidade diagnóstica (11). Os ganhos de Doppler deverão ser ajustados para a detecção de fluxo, com um aumento do ganho até um nível abaixo do artefacto de cor nas estruturas adjacentes ao vaso em questão. A caixa de leitura do Doppler - FOV (Field Of View) - deverá ser limitada apenas à região de interesse de modo a maximizar a taxa de frames por segundo (8). Como se trata de uma avaliação arterial o PRF (Pulse Repetition Frequency) da escala de velocidade codificada pela cor deverá ser adaptado às velocidades esperadas no exame, pois se for demasiado baixo

a escala espectral e a cor podem assumir sentidos errados e provocar artefacto de aliasing (8). A velocidade de varrimento deve ser rápida o suficiente para separar espectros consecutivos e por isso deverá estar ajustada à frequência cardíaca do examinado para que sejam demonstrados cerca de quatro a seis curvas espectrais (11).

Achados normais

Num eco-Doppler renal é inicialmente feita uma avaliação morfológica da topografia renal em modo B (escala de cinzentos), onde se avalia contornos e dimensões renais, diferenciação parênquimo-sinusal, espessura parenquimatosa e ausência/presença de lesões ocupando espaço, litíase e hidronefrose (8). A aorta abdominal também deverá ser incluída no exame, não só porque as suas velocidades pico-sistólicas depois poderão ser fundamentais para o diagnóstico de EAR, mas também para avaliar a existência de eventual patologia a este nível como placas ateroscleróticas ou ectasias/aneurismas(5,7,8).

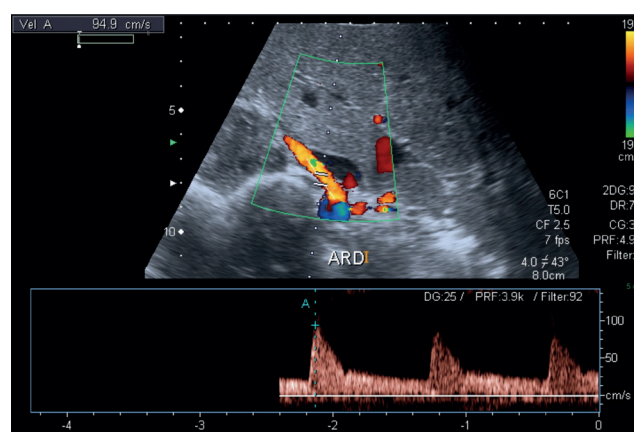


Figura 1 – Doppler cor e espectro de baixa resistência, fisiológicos, das artérias renais

A EAR é anatomicamente significativa quando ultrapassa os 50% num exame angiográfico(13) e é hemodinamicamente significativa quando é > 70% num exame angiográfico e/ou no Eco-Doppler (14).

No que diz respeito aos parâmetros directos da artéria renal, a VPS deverá ser inferior a 120 cm/s e o RAR <3,5 (3,5). O RAR refere-se à simples divisão entre a VPS da artéria renal pela VPS da aorta abdominal supra-renal, sendo este parâmetro por vezes preferido relativamente à VPS na artéria renal, pois nos doentes hipertensos a própria hipertensão arterial poderá causar aumento das VPS de todas as suas artérias que será anulada com o cálculo desta relação (3,5,8). Os parâmetros indirectos (intra-renais) deverão ser obtidos nas artérias segmentares ou interlobares. Existe repercussão na vascularização arterial intra-renal quando existe uma EAR > 60% a montante (5,8). A visualização directa do espectro intra-renal adequado por parte do radiologista constitui um parâmetro indirecto fiável (3,5,8,9). O TA é calculado na análise de Doppler-espectral, sendo definido como o tempo decorrido entre o início da sístole até ao primeiro pico sistólico e o IA é definido como a subida do pico sistólico ajustada à frequência de transmissão, que é calculado pelo ecógrafo (5,9).

	Exame normal	Estenose <70%	Estenose ≥ 70%
Parâmetros directos			
Cor	Fluxo de uma só cor	-----	Fluxo em mosaico
VPS	< 180 cm/s	> 180 cm/s	> 180 cm/s
RAR	< 3,5	< 3,5	≥ 3,5
Parâmetros indirectos			
Espectro	Baixa resistência	-----	Perda pico sistólico precoce
TA	-----	-----	≥ 0,07 s
IA	-----	-----	≤ 300 cm/s ²
Diferença de IR	< 0,05	-----	> 0,05-0,07

Tabela 2 – Parâmetros directos e indirectos da vascularização renal

Depois é então avaliada a vascularização arterial do rim e seus parâmetros (Tabela 2) através do Doppler-cor e Doppler-espectral: os parâmetros directos na artéria renal (cor nas artérias, velocidade pico-sistólica – VPS, relação artéria renal/aorta – RAR) e com a avaliação da vascularização intra-renal os parâmetros indirectos (observação do espectro arterial intra-renal, tempo de aceleração – TA, índice de aceleração – IA e comparação de índices de resistência – IR – renais). Os parâmetros directos são obtidos na própria artéria renal que deverá ser avaliada menos na sua emergência, na sua porção média e na sua divisão em artérias segmentares. Os parâmetros indirectos são menos fiáveis, pois não se referem directamente à artéria renal mas são ecograficamente mais fáceis de obter (3,5,8,9,12). A cor das artérias renais e dos seus ramos vai depender da direcção dos fluxos relativamente à sonda (5). O espectro das artérias renais é de baixa resistência, padrão encontrado em todos os órgãos parenquimatosos do corpo (Fig. 1.). Este espectro repete-se na avaliação da vascularização intra-renal (3,5,8). O padrão de baixa resistência caracteriza-se pelo fluxo diastólico contínuo, pois os órgãos nobres necessitam de suprimento arterial mesmo na fase diastólica do ciclo cardíaco, ao contrário das artérias que irrigam a musculatura das extremidades, por exemplo, que apresentam um padrão de alta resistência, com uma elevação sistólica abrupta e queda imediata na diástole, não se verificando fluxo arterial nesta fase(8).

Achados patológicos

EAR – Estenose da artéria renal

Na EAR hemodinamicamente significativa iremos ter alterações no exame eco-Doppler renal (5,8). No início do exame, na avaliação em modo B, é importante avaliar o diâmetro bipolar de ambos os rins e valorizar assimetrias, pois podem ser um sinal indirecto de EAR(3,5,10). No Doppler-cor observamos uma diminuição do diâmetro luminal e o aliasing do sinal colorido, com o padrão em mosaico (Fig. 2a.). No Doppler-espectral observamos um alargamento de espectro e nos casos mais graves um espectro turbulento, de alta velocidade (Fig. 2b.) (5,8). Os valores cut-off para o diagnóstico de EAR significativa não são homogêneos na literatura, mas os valores cut-off mais consensuais para os parâmetros directos são de uma VPS > 180-200 cm/s e um RAR > 3,5 (3,5,9). No que diz respeito aos parâmetros indirectos, a visualização do espectro do tipo pulso “tardus-parvus” ajuda a fazer o diagnóstico, mas a sua ausência não exclui EAR. Este padrão espectral refere-se a uma aceleração sistólica lenta (tardus) com consequente aumento do TA, cujo valor máximo, ou pico sistólico, é baixo (parvus) e daí haver uma diminuição do IA (Fig. 3.). Este aspecto visual é traduzido por alterações

nos valores dos parâmetros indirectos^(5,9). Assim os valores cut-off nestes padrões para EAR hemodinamicamente significativa são $IA \leq 300 \text{ cm/s}^2$, $TA > 0,07 \text{ s}$, diferença entre os IR de ambos os rins $> 0,05-0,07$. Em casos de oclusão da artéria renal não observamos parâmetros directos nem indirectos devido à ausência de fluxo sanguíneo. A tabela 2. reúne todos estes dados de forma esquematizada^(5,8,9).

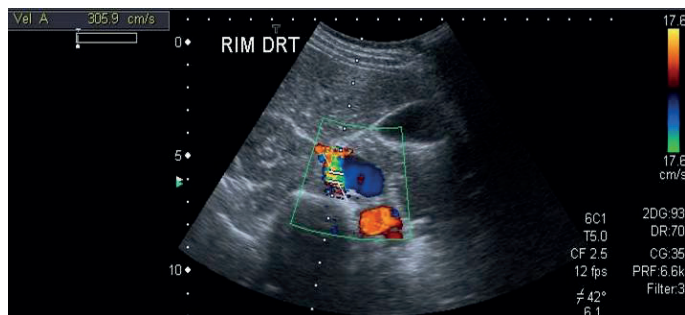


Figura 2a – Aliasing com padrão mosaico na avaliação Doppler-cor de uma EAR

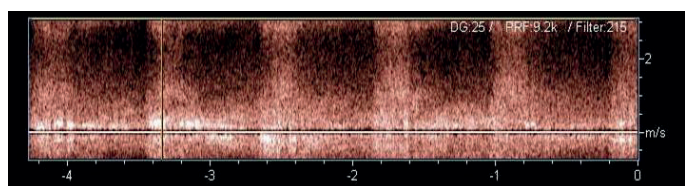


Figura 2b – Avaliação espectral do Doppler cor da Figura 2a mostrando um fluxo turbulento, de alta velocidade

No que diz respeito à utilização do IR como preditor de sucesso após a revascularização não é consensual. Alguns autores defendem que o $IR > 0,8$ é factor de exclusão, por este valor elevado poder traduzir insucesso na melhoria da função renal e/ou pressão arterial^(3,5). No entanto, estudos subsequentes revelaram que percentagens significativas de pacientes com $IR > 0,8$ melhoraram a função renal e hipertensão^(5,8).

O eco-Doppler renal tem um papel importante na avaliação de re-estenose da artéria renal após colocação de stent endovascular, pois os stents provocam artefactos na AngioTC e AngioRM dificultando a obtenção de imagens diagnósticas^(5,8). Há um estudo (Bakker et al.) onde o cut-off de 226 cm/s para VPS e 2,7 para RAR em vez dos já referidos para os parâmetros directos mostra uma sensibilidade de 100% e uma especificidade de 90% para a detecção de EAR nestes doentes⁽⁵⁾.

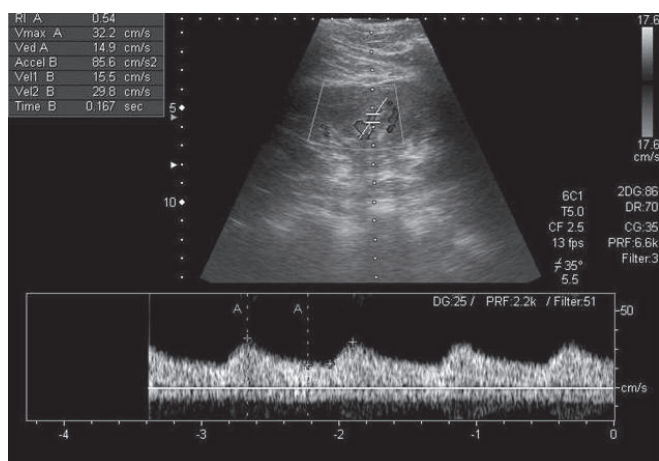


Figura 3 – Espectro com pulso do tipo “parvus-tardus” intra-renal, que constitui um parâmetro indirecto de EAR

Defeitos de perfusão arterial

Em teoria o Doppler-cor, nomeadamente o power-Doppler, devido à sua grande sensibilidade para estados de baixo fluxo poderiam demonstrar áreas do rim hipoperfundidas ou sem perfusão arterial. No entanto, pela penetração inadequada da face posterior do rim esta técnica mostra-se limitada⁽⁸⁾. Esta técnica também é limitada pelo biótipo e colaboração do examinado, tal como na avaliação da EAR^(3,10). Nas outras topografias do rim observam-se áreas em forma de cunha sem nenhum tipo de vascularização visível com o Doppler-cor. A ecografia com contraste ajuda a ultrapassar as limitações do eco-Doppler renal, especialmente com agente de contraste de pool sanguíneo⁽⁸⁾.

Aneurisma da artéria renal

O aneurisma da artéria renal é uma condição pouco frequente. Na ecografia em modo B (escala de cinzentos) esta lesão manifesta-se como um lesão quística adjacente à artéria renal. Com o Doppler-cor verificamos a existência de comunicação entre esta estrutura quística e a artéria (aneurisma sacular). O fluxo normalmente é turbulento, circular, em Ying e Yang, típico de um aneurisma^(8,15,16) (Fig. 4).

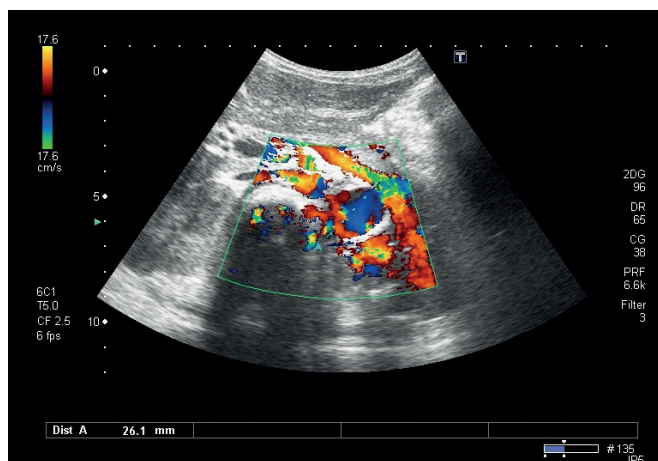


Figura 4 – Fluxo turbulento, em duplo sentido (cor azul e cor vermelha no mesmo vaso), evidenciando o sinal “Ying-yang”, típico dos aneurismas

DISCUSSÃO

Existem outros métodos imagiológicos para o diagnóstico de EAR. A angiografia é o gold standard, no entanto é um exame invasivo com potenciais riscos para o examinado. Não é um exame utilizado rotineiramente, estando actualmente mais reservado para o acto terapêutico – angioplastia transluminal com ou sem stent^(2,3,7).

A Angio-TC e a angio-RM são exames bastante utilizados na prática clínica nos E.U.A. Na Europa estes métodos imagiológicos são aconselhados quando após o eco-Doppler renal persistem dúvidas no diagnóstico ou quando a hipótese diagnóstica é forte (doente com múltiplos factores de risco) e o eco-Doppler renal foi negativo. A angio-TC implica a administração de contraste iodado endovenoso e radiação ionizante. Na angio-RM o contraste utilizado é o gadolínio. Enfatizam-se todas as conhecidas contra-indicações inerentes a estes exames^(3,17-20).

Existem outras técnicas que permitem avaliar a perfusão renal assim como a sua função. A cintigrafia renal com catpo-

pril é um exemplo com utilização na prática clínica. O captopril vai retardar a filtração glomerular do ^{99m}Tc -MAG3 e atrasar o uptake glomerular do ^{99m}Tc -DTPA. Nos doentes com EAR vai ocorrer uma deterioração da função renal comparativamente com estudos de base, demonstrados em curvas de tempo/actividade. A sensibilidade e especificidade deste exame diminuem em doentes sem as características clínicas de hipertensão renovascular, EAR bilateral e função renal diminuída, mas é extremamente útil na detecção de hipertensão renovascular em doentes seleccionados. A cintigrafia renal com captopril também é útil para avaliar a função renal em doentes com EAR já conhecida previamente à terapêutica interventiva^(3,21-26).

CONCLUSÃO

O eco-Doppler renal deverá ser executado num doente que reúna uma ou várias indicações para a realização do exame, o que aumenta a probabilidade de este ser positivo. O doente deverá ser colaborante, capaz de realizar apneias inspiratórias, estar em jejum prolongado, de preferência nocturno e se possível ter um biótipo adequado à realização de um exame ecográfico. Este exame poderá ser muito útil no screening de EAR se a suspeita clínica foi elevada.

REFERÊNCIAS

1. Longo DL, Kasper DL, Jamerson JL, Fauci AS, Hauser SL, Loscalzo J. Harrison's Principles of Internal Medicine, 18th edition. New York: McGraw-Hill; 2012. Chapter 247
2. Textor S, Bakris GL, Kaplan NM, Forman JP. Establishing the diagnosis of renovascular hypertension. UpToDate [Internet]. 2012Out; [consultado 12 Mar 2014]. Disponível em: <http://www.uptodate.com/contents/establishing-the-diagnosis-of-renovascular-hypertension?>
3. Harvin, HJ, Casalino DD, Remer EM, Bishoff JY, Coursey CA, Dighe M, et al. Renovascular Hypertension. American College of Radiology (ACR) Appropriateness Criteria®. 2012
4. Madhur MS. Hypertension. Medscape [Internet]. 2014 Jan; [consultado 12 Mar 2014]. Disponível em: <http://emedicine.medscape.com/article/241381-overview>
5. Granata A, Fiorini F, Andrulli S, Logias F, Gallieni M, Romano G, et al. Doppler ultrasound and renal artery stenosis: An overview. Journal of Ultrasound. 2009; 12: 133-43.
6. Claudon M, Plouin PF, Baxter GM, Rohban T, Devos DM. Renal arteries in patients at risk of renal arterial stenosis: multicenter evaluation of the echo-enhancer SH U 508A at color and spectral Doppler US. Radiology. 2000; 214: 749-46.
7. Williams GJ, Macaskill P, Chan SF, Karplus TE, Yung W, Hodson EM, et al. Comparative Accuracy of Renal Duplex Sonographic Parameters in the Diagnosis of Renal Artery Stenosis: Paired and Unpaired Analysis. AJR Am J Roentgenol. 2007; 188: 798-811.
8. Allan PL, Dubbins PA, Pozniak MA, McDicken WN. Clinical Doppler Ultrasound. 3rd edition. Amsterdam: Elsevier; 2013. Chapter 1 "Physics: Principles, Practice and Artefacts" Chapter 9 "The Kidneys"
9. Conkbayir I, Yücesoy C, Edgüer T, Yaniik B, Ayaz ÜY, Hekimoglu B. Doppler sonography in renal artery stenosis An evaluation of intrarenal and extrarenal imaging parameters. Clinical Imaging. 2003; 27: 256-60.
10. Teefey SA, Coley BD, Crisci K, Sun MRM, Wagner JM, Bluth E, et al. AIUM Practice Guideline for the Performance of Native Renal Artery Duplex Sonography. 2013
11. Stocksley M. Abdominal Ultrasound. 1st edition. Cambridge: Greenwich: Medical Media; 2001. Chapter 2 "A Background to Doppler Ultrasound"
12. Li JC, Wang L, Jiang YX, Dai Q, Cai S, Lv K, et al. Evaluation of Renal Artery Stenosis With Velocity Parameters of Doppler Sonography. J Ultrasound Med 2006; 25: 735-42.
13. K/DOQI Clinical Practice Guidelines on Hypertension and Antihypertensive Agents in Chronic Kidney Disease – guideline 4: evaluation for renal artery disease. Disponível em: http://www2.kidney.org/professionals/KDOQI/guidelines_bp/guide_4.htm
14. Lao D, Parasher PS, Cho KC, Yeghiazarians Y. Atherosclerotic Renal Artery Stenosis – Diagnosis and Treatment. Mayo Clin Proc. 2011; 86: 649-57.
15. Duarte N, Ferreira MJ, Gonçalves A, González A, Marques G, Barroso P, et al. Sacular aneurysm of the radial artery: a case report. Angiologia e Cirurgia Vascul. 2011; 7: 94-8.
16. Shonai T, Koito K, Ichimura T, Hirokawa N, Sakata K, Hareyama M. Evaluation with Color Doppler Ultrasonography Before and After Percutaneous Transarterial Embolization. J Ultrasound Med. 2000; 19: 277-80.
17. Kanal E, Barkovich AJ, Bell C, Borgstede JP, Bradley WG Jr., Froelich JW, et al. ACR guidance document for safe MR practices: 2007. AJR Am J Roentgenol. 2007; 188: 1447-474.
18. Broome DR, Girguis MS, Baron PW, Cottrell AC, Kjellin I, Kirk GA. Gadodiamide-associated nephrogenic systemic fibrosis: why radiologists should be concerned. AJR Am J Roentgenol. 2007; 188: 586-92.
19. Sadowski EA, Bennett LK, Chan MR, Wentland AL, Garrett AL, Garrett RW, et al. Nephrogenic systemic fibrosis: risk factors and incidence estimation. Radiology. 2007; 243: 148-57.

20. Willmann JK, Wildermuth S, Pfammatter T, Roos JE, Seifert B, Hilfiker PR, et al. Aortoiliac and renal arteries: prospective intraindividual comparison of contrast-enhanced three-dimensional MR angiography and multi-detector row CT angiography. *Radiology*. 2003; 226: 798-811.
21. Soulez G, Oliva VL, Turpin S, Lambert R, Nicolet V, Therasse E. Imaging of renovascular hypertension: respective values of renal scintigraphy, renal Doppler US, and MR angiography. *Radiographics*. 2000; 20: 1355-368; discussion 1368-1372.
22. Bongers V, Bakker J, Beutler JJ, Beek FJ, De Klerk JM. Assessment of renal artery stenosis: comparison of captopril renography and gadolinium-enhanced breath-hold MR angiography. *Clin Radiol*. 2000; 55: 346-53.
23. Dondi M, Monetti N, Fanti S, Marchetta F, Corbelli C, Zagni P, et al. Use of technetium-99m-MAG3 for renal scintigraphy after angiotensin-converting enzyme inhibition. *J Nucl Med*. 1991; 32: 424-28.
24. Mann SJ, Pickering TG, Sos TA, Uzzo RG, Sarkar S, Friend K, et al. Captopril renography in the diagnosis of renal artery stenosis: accuracy and limitations. *Am J Med*. 1991; 90: 30-40.
25. Setaro JF, Chen CC, Hoffer PB, Black HR. Captopril renography in the diagnosis of renal artery stenosis and the prediction of improvement with revascularization. The Yale Vascular Center experience. *Am J Hypertens*. 1991; 4: 698S-705S.
26. Taylor A. Renovascular hypertension: nuclear medicine techniques. *Q J Nucl Med*. 2002; 4: 268-82.