

# O valor da espessura cortical renal em prever a função renal em pacientes renais crônicos\*

*Value of renal cortical thickness as a predictor of renal function impairment in chronic renal disease patients*

Samia Rafael Yamashita<sup>1</sup>, Augusto Castelli von Atzingen<sup>2</sup>, Wagner Iared<sup>3</sup>, Alexandre Sérgio de Araújo Bezerra<sup>4</sup>, Adriano Luiz Ammirati<sup>5</sup>, Maria Eugênia Fernandes Canziani<sup>6</sup>, Giuseppe D'Ippolito<sup>7</sup>

Yamashita SR, von Atzingen AC, Iared W, Bezerra ASA, Ammirati AL, Canziani MEF, D'Ippolito G. O valor da espessura cortical renal em prever a função renal em pacientes renais crônicos. Radiol Bras. 2015 Jan/Fev;48(1):12-16.

**Resumo** **Objetivo:** Determinar se existe relação linear entre a espessura do córtex renal, comprimento bipolar e a espessura do parênquima renal em pacientes com insuficiência renal crônica que apresentam diferentes taxas de filtração glomerular (TFGs) e avaliar a reprodutibilidade dessas medidas.

**Materiais e Métodos:** Exames ultrassonográficos foram realizados em 54 pacientes com insuficiência renal crônica, por dois radiologistas, de modo independente e duplo-cego. A estimativa da TFG foi calculada pela equação de Cockcroft-Gault. A concordância interobservador e o coeficiente de correlação linear ( $r$ ) foram calculados para estabelecer se existe relação entre medidas renais e a TFG.

**Resultados:** A espessura do córtex renal apresentou moderada correlação com a TFG ( $r = 0,478$ ;  $p < 0,001$ ). O comprimento bipolar e a espessura do parênquima apresentaram fraca correlação, com valores de  $r = 0,380$  ( $p = 0,004$ ) e  $r = 0,277$  ( $p = 0,116$ ), respectivamente. A concordância interobservador foi excelente para a espessura cortical (0,754) e comprimento bipolar (0,833) e satisfatória para a espessura do parênquima (0,523).

**Conclusão:** A reprodutibilidade das medidas obtidas entre os radiologistas foi boa. A relação entre a TFG estimada com a espessura do córtex renal apresentou moderada correlação e o comprimento bipolar e a espessura do parênquima renal apresentaram fraca correlação.

**Unitermos:** Ultrassonografia; Insuficiência renal crônica; Córtex renal; Taxa de filtração glomerular.

**Abstract** **Objective:** To determine the presence of linear relationship between renal cortical thickness, bipolar length, and parenchymal thickness in chronic kidney disease patients presenting with different estimated glomerular filtration rates (GFRs) and to assess the reproducibility of these measurements using ultrasonography.

**Materials and Methods:** Ultrasonography was performed in 54 chronic renal failure patients. The scans were performed by two independent and blinded radiologists. The estimated GFR was calculated using the Cockcroft-Gault equation. Interobserver agreement was calculated and a linear correlation coefficient ( $r$ ) was determined in order to establish the relationship between the different renal measurements and estimated GFR.

**Results:** The correlation between GFR and measurements of renal cortical thickness, bipolar length, and parenchymal thickness was, respectively, moderate ( $r = 0.478$ ;  $p < 0.001$ ), poor ( $r = 0.380$ ;  $p = 0.004$ ), and poor ( $r = 0.277$ ;  $p = 0.116$ ). The interobserver agreement was considered excellent (0.754) for measurements of cortical thickness and bipolar length (0.833), and satisfactory for parenchymal thickness (0.523).

**Conclusion:** The interobserver reproducibility for renal measurements obtained was good. A moderate correlation was observed between estimated GFR and cortical thickness, but bipolar length and parenchymal thickness were poorly correlated.

**Keywords:** Ultrasonography; Chronic renal disease; Chronic renal failure; Renal cortex; Glomerular filtration rate.

\* Trabalho realizado no Departamento de Diagnóstico por Imagem e na Disciplina de Nefrologia da Escola Paulista de Medicina da Universidade Federal de São Paulo (EPM-Unifesp), São Paulo, SP, Brasil.

1. Médica Radiologista colaboradora do Setor de Radiologia e Diagnóstico por Imagem da Escola Paulista de Medicina da Universidade Federal de São Paulo (EPM-Unifesp), São Paulo, SP, Brasil.

2. Doutor, Médico Radiologista colaborador do Departamento de Diagnóstico por Imagem da Escola Paulista de Medicina da Universidade Federal de São Paulo (EPM-Unifesp), São Paulo, SP, Professor Auxiliar da Universidade do Vale do Sapucaí (Univás), Pouso Alegre, MG, Brasil.

3. Doutor, Médico Assistente de Pesquisas do Departamento de Diagnóstico por Imagem da Escola Paulista de Medicina da Universidade Federal de São Paulo (EPM-Unifesp) e do Centro Cochrane do Brasil, São Paulo, SP, Brasil.

4. Doutor, Professor Adjunto de Imagiologia da Universidade de Brasília (UnB), Brasília, DF, Brasil.

5. Doutor em Nefrologia, Escola Paulista de Medicina da Universidade Federal de São Paulo (EPM-Unifesp), São Paulo, SP, Brasil.

## INTRODUÇÃO

A prevalência de insuficiência renal crônica (IRC) vem aumentando, mundialmente, em razão do aumento do número de pessoas com diabetes, hipertensão, obesidade, além

6. Doutora, Professora Adjunta da Disciplina de Nefrologia da Escola Paulista de Medicina da Universidade Federal de São Paulo (EPM-Unifesp), São Paulo, SP, Brasil.

7. Livre-docente, Professor do Departamento de Diagnóstico por Imagem da Escola Paulista de Medicina da Universidade Federal de São Paulo (EPM-Unifesp) e do Laboratório Fleury, São Paulo, SP, Brasil.

Endereço para correspondência: Dr. Wagner Iared. Rua Napoleão de Barros, 800, Vila Clementino. São Paulo, SP, Brasil, 04024-002. E-mail: wagneriared@gmail.com.

Recebido para publicação em 9 de fevereiro de 2014. Aceito, após revisão, em 6 de junho de 2014.

do envelhecimento geral da população<sup>(1)</sup>. A IRC pode ser avaliada, clinicamente, pela medida do *clearance* de creatinina na urina de 24 horas<sup>(1)</sup>. Na prática, na avaliação inicial do paciente com IRC, utiliza-se a ultrassonografia (US) por três razões clínicas importantes: 1) excluir causas potencialmente reversíveis (p. ex., dilatação do sistema coletor); 2) decisão sobre possível biópsia renal (quando a US não define a causa da IRC); 3) obter medidas renais como fator prognóstico. A maioria das IRCs conduz ao estágio final comum de rins pequenos, com a cortical e o parênquima afilados (indicativos de atrofia) e hiperecogênicos, indicativos de esclerose e fibrose (rins pequenos, densos e ecogênicos), e isso indica que as alterações são irreversíveis e estão associadas a um pior prognóstico<sup>(2)</sup>. Um desafio é prever a progressão da nefropatia crônica que antecede um quadro irreversível, com base na estimativa da função por meio de medidas renais obtidas pela US.

Os padrões ultrassonográficos geralmente descritos na IRC são: a) aumento da ecogenicidade cortical, que é considerado critério diagnóstico marcador de nefropatia parenquimatosa, e este se dá por edema intersticial ou fibrose; b) diminuição do tamanho renal; c) perda da diferenciação parenquimossinusal<sup>(3-6)</sup>. Um sinal precoce de insuficiência renal poderia ser a progressiva redução da espessura do córtex renal<sup>(3)</sup>. Em trabalho recentemente publicado, os autores encontraram uma correlação linear entre a espessura da cortical renal e a taxa de filtração glomerular estimada pela fórmula de Cockcroft e Gault<sup>(7)</sup>. Entretanto, esse estudo apresenta algumas limitações. Foi realizado com um número pequeno de pacientes, o exame de US foi executado por um tecnólogo e a escolha das medidas foi obtida em consenso, a partir de imagens arquivadas, e não em tempo real, como é feito rotineiramente no nosso meio, durante a execução do exame.

O propósito do presente estudo foi determinar se há relação entre as medidas da espessura da cortical renal pela US e o grau de insuficiência renal em pacientes com doença renal crônica já estabelecida e definir a reprodutibilidade dessas medidas.

## MATERIAIS E MÉTODOS

### Seleção dos pacientes

O presente trabalho foi aprovado pelo Comitê de Ética e Pesquisa da Universidade Federal de São Paulo, sob o número 188/2011. Trata-se de um estudo transversal e observacional, em que os dados foram obtidos de maneira prospectiva, após o desenho do projeto.

Os critérios de inclusão foram: pacientes maiores de 18 anos, de ambos os sexos, com diagnóstico clínico firmado de IRC de etiologia renal, em acompanhamento ambulatorial, clinicamente estáveis, com vários graus de IRC baseados no cálculo do ritmo de filtração glomerular de Cockcroft e Gault: grau 1 – lesão renal sem alteração no RFG (história clínica positiva ou hematuria glomerular, proteinúria ou alterações em exames de imagem), com RFG normal (> 90 mL/s); grau 2 – lesão renal com redução leve no RFG (60–89 mL/s); grau 3 – lesão renal com redução moderada no

RFG (30–59 mL/s); grau 4 – redução grave no RFG (15–29 mL/s); grau 5 – falência renal (RFG < 15 mL/s).

Os critérios de exclusão foram: pacientes com IRC de etiologia pós-renal (p. ex., hidronefrose); pacientes portadores da doença policística autossômica dominante; pacientes com agudização da IRC; e pacientes com insuficiência renal terminal que já estavam no programa de diálise.

Foram encaminhados 54 pacientes com o diagnóstico de IRC, em acompanhamento clínico, com creatinina colhida nos últimos 90 dias, para a realização de US renal de rotina. Os exames de US foram realizados em tempo real, de maneira independente, por dois médicos radiologistas. Os examinadores estavam cegos para a função renal e para qualquer dado clínico de cada paciente. Os exames foram realizados em aparelho de ultrassom modelo Enviro M2540A (Philips Ultrasound; Bothell, WA, EUA), padrão de imagem modo B (escala de cinza).

A espessura da camada cortical renal foi medida no plano sagital, acima da pirâmide medular, perpendicular à cápsula, no terço superior e médio do rim. O comprimento foi medido de polo a polo, no plano sagital. A espessura do parênquima foi medida na transição do terço médio/superior ou do terço médio/inferior, conforme sua melhor visualização (Figura 1).

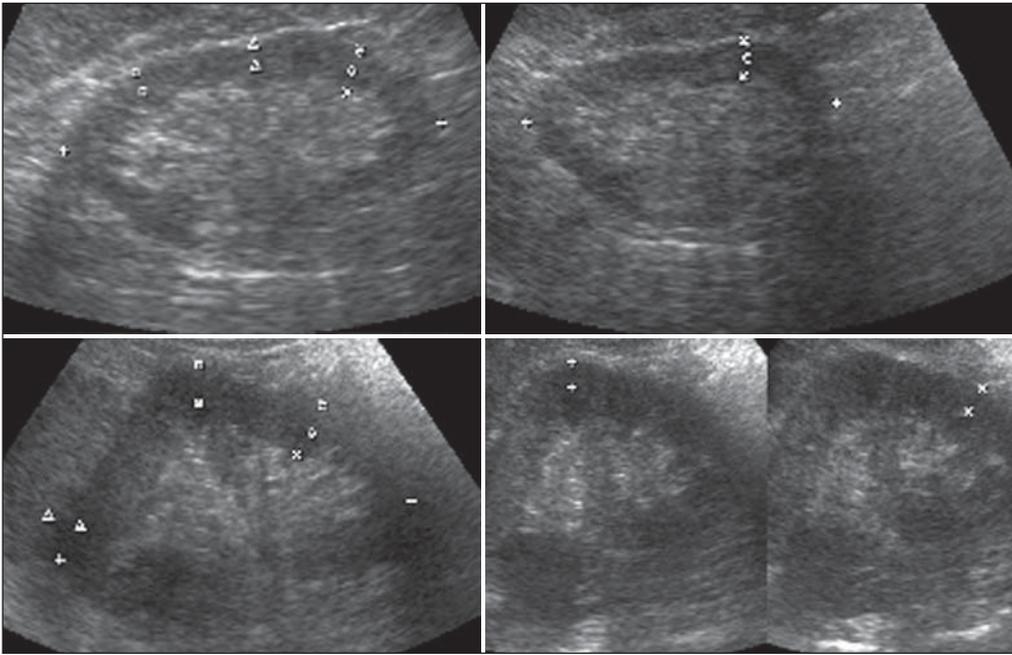
Na presente análise, consideramos as medidas realizadas no rim esquerdo, pois se sabe que o rim direito é geralmente menor que o esquerdo, devido a sua posição e diferenças de vascularização (a artéria renal esquerda é mais curta, fornecendo maior aporte sanguíneo), enquanto o rim esquerdo se apresenta livre de compressões extrínsecas em sua loja, tendo espaço para crescer, tornando suas medidas mais fidedignas<sup>(6)</sup>.

A dosagem da creatinina sérica colhida nos últimos 90 dias foi utilizada para estimar a RFG, realizando-se o cálculo por meio da equação de Cockcroft-Gault. Esta fórmula foi escolhida por ser consagrada pela prática clínica e, em recente estudo, correlacionou o *clearance* da creatinina na urina de 24 horas (padrão ouro) com as diversas fórmulas que estimam o *clearance*, concluindo que a equação de Cockcroft-Gault foi o melhor preditor do RFG em pacientes com IRC e pacientes saudáveis<sup>(7,8)</sup>.

### Análise estatística

A análise estatística de todas as informações coletadas nesta pesquisa foi inicialmente feita de forma descritiva. Para as variáveis de natureza quantitativa (numérica) foram calculadas algumas medidas-resumo, como média, mediana, valor mínimo, valor máximo, desvio-padrão, e confeccionados gráficos do tipo diagrama de dispersão unidimensional e bidimensional.

O estudo da concordância entre as medidas da espessura das corticais, da espessura do parênquima e do comprimento bipolar, obtidas pelos dois examinadores, foi feito, inicialmente, pela construção dos gráficos de Bland-Altman e, posteriormente, pela estimação do coeficiente de correlação intraclass (CCI)<sup>(9)</sup>. Foi realizada a estimação do coeficiente



**Figura 1.** Imagens ultrassonográficas demonstrando como foram obtidas as medidas da cortical renal, do comprimento bipolar e da espessura do parênquima renal.

de correlação linear de Pearson no estudo da correlação entre função renal estimada e a espessura da cortical, espessura do parênquima e comprimento bipolar<sup>(9)</sup>.

Em todas as conclusões obtidas pelas análises inferenciais foi utilizado o nível de significância de 5% ( $p = 0,05$ ). As análises estatísticas foram realizadas com o *software* Statistical Package for the Social Sciences (SPSS) versão 17.0 for Windows e R-Program versão 2.11.1.

## RESULTADOS

### Distribuição e características da amostra

A amostra dos casos selecionados nesta pesquisa foi composta por 54 indivíduos, sendo 20 (37,0%) mulheres e 34 (63,0%) homens. A idade média foi 64,4 anos, variando de 22 a 87 anos, com desvio-padrão de 12,3 anos. O peso médio foi 79,9 kg, variando de 49 a 137 kg, com desvio-padrão de 17,2 kg. O nível médio de creatinina observado foi 2,45 mg/dL, variando de 0,8 a 6,10 mg/dL, com desvio-padrão de 1,37 mg/dL. A função renal média medida pela equação de Cockcroft-Gault foi 37,99 mL/min, variando de 10 a 120 mL/min, com desvio-padrão de 21,05 mL/min.

A média da espessura da cortical foi 0,68 cm no terço superior (variando de 0,38 a 1,36 cm), com desvio-padrão de 0,19 cm, e 0,71 cm no terço médio do rim esquerdo (variando de 0,37 a 1,18 cm), com desvio-padrão de 0,19 cm. A média da espessura do parênquima foi 1,35 cm (variando de 2,06 a 0,73 cm), com desvio-padrão de 0,30 cm, e a média

do comprimento bipolar foi 9,5 cm (variando de 6,99 a 13 cm), com desvio-padrão de 1,25 cm. Em relação aos cinco graus da IRC, dos 54 paciente estudados, 8 (15%) estavam no grau I/II, 25 (46%) estavam no grau III, 15 (28%) estavam no grau IV e 6 (11%) estavam no grau V.

### Reprodutibilidade do método

Avaliamos a concordância entre os investigadores em relação a medidas quantitativas. O CCI indicou satisfatória e excelente concordância entre os dois investigadores, com os melhores resultados para espessura da cortical e comprimento bipolar (Tabela 1).

### Correlação entre medidas renais e a estimativa da função renal

O coeficiente de correlação linear de Pearson demonstrou moderada correlação entre as medidas da espessura do córtex renal e a função renal ( $r = 0,449-0,478$ ;  $p < 0,001$ ). Entre o comprimento bipolar e a função renal, a correlação foi fraca, porém estatisticamente significativa ( $r = 0,380$ ;  $p = 0,004$ ) (Tabela 2; Figura 2). Finalmente, a correlação entre a espessura do parênquima e a função renal foi fraca e sem significância estatística ( $r = 0,217$ ;  $p = 0,116$ ).

## DISCUSSÃO

Beland et al. sugeriram que a espessura da cortical seria um bom indicador de avaliação da função renal, pois conseguiram estabelecer uma relação linear estatisticamente sig-

**Tabela 1**—Estimativas do coeficiente de correlação intraclasse entre os examinadores 1 e 2 para as medidas quantitativas.

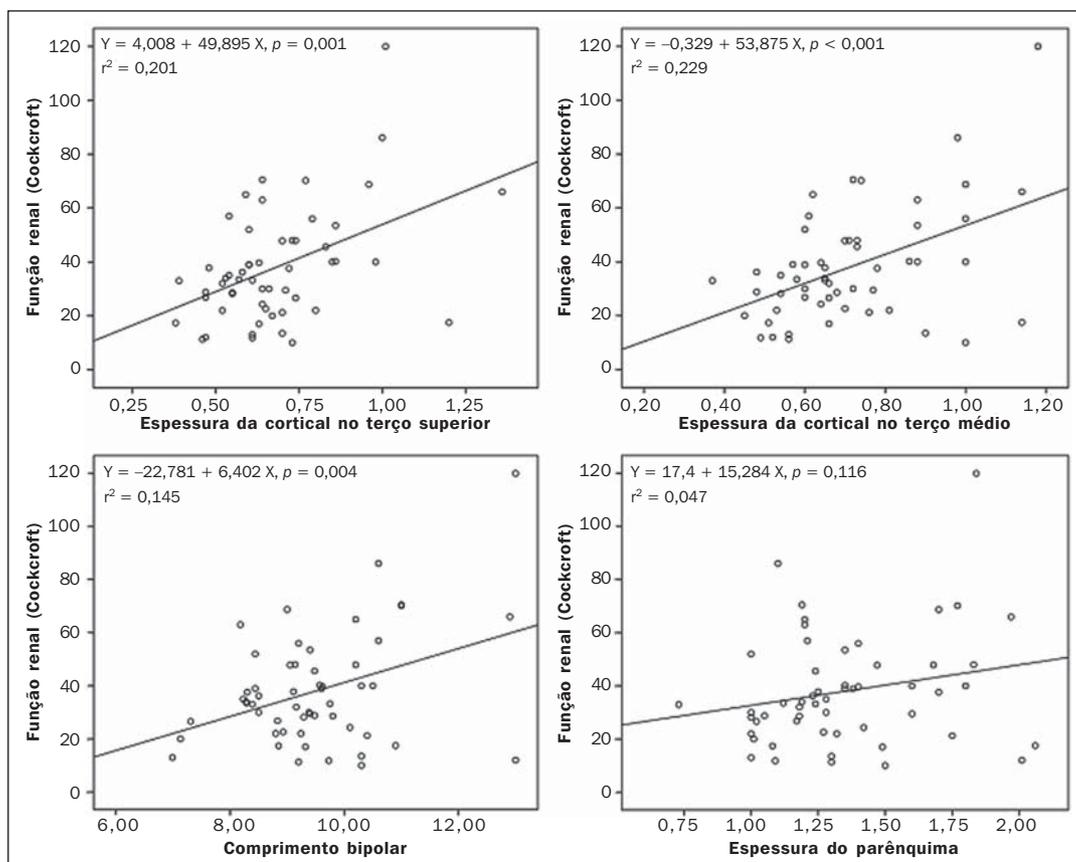
Parâmetros ultrassonográficos	CCI	IC95%	$p$	Concordância interobservador
Espessura da cortical no terço superior	0,754	[0,597; 0,843]	< 0,001	Excelente
Espessura da cortical no terço médio	0,713	[0,553; 0,822]	< 0,001	Satisfatória
Espessura do parênquima	0,523	[0,301; 0,692]	< 0,001	Satisfatória
Comprimento bipolar	0,833	[0,730; 0,900]	< 0,001	Excelente

CCI, coeficiente de correlação intraclasse; IC95%, intervalo de confiança de 95%.

**Tabela 2**—Estimativas do coeficiente de correlação linear de Pearson entre função renal e espessura da cortical, espessura do parênquima e comprimento bipolar.

Parâmetros ultrassonográficos	r	IC95%	p	Correlação
Espessura da cortical no terço superior	0,449	[0,206; 0,640]	0,001	Moderada positiva
Espessura da cortical no terço médio	0,478	[0,241; 0,661]	< 0,001	Moderada positiva
Espessura do parênquima	0,217	[-0,054; 0,458]	0,116	Fraca positiva
Comprimento bipolar	0,381	[0,126; 0,589]	0,004	Fraca positiva

IC95%, intervalo de confiança de 95%.

**Figura 2.** Distribuição da função renal de acordo com a espessura cortical, espessura do parênquima e comprimento bipolar do rim esquerdo.

nificante entre a função renal e a espessura da cortical<sup>(3)</sup>. Em seu estudo, foi encontrada forte correlação ( $r^2 = 0,66$ ). No entanto, o trabalho apresentou sérias limitações. Entre elas, amostra pequena ( $n = 25$ ) e avaliação retrospectiva, em consenso, das imagens, obtidas previamente e arquivadas. Os próprios autores sugeriram que futuros estudos seriam necessários para confirmar ou refutar seus achados. O objetivo do presente estudo foi reproduzir e confirmar os achados de Beland et al., utilizando uma amostra maior, coletando os dados de maneira prospectiva e com avaliação direta pelos examinadores em “tempo real”. Avaliamos, ainda, outros parâmetros ultrassonográficos, como o valor da espessura do parênquima e a reprodutibilidade destas medidas.

Nossos resultados demonstram que, por meio das medidas das corticais do terço superior e médio do rim esquerdo, podemos indiretamente estimar a função renal. Observamos, ainda, que podemos realizar a medida do comprimento bipolar do rim esquerdo como estimativa indireta com a função renal, porém, com resultados menos significativos. Por outro lado, a correlação entre função renal estimada e a es-

spessura do parênquima mostrou-se fraca e sem significância estatística, indicando que a espessura do parênquima não deve ser usada como um indicador indireto de insuficiência renal crônica. Em outras palavras, a medida da espessura do parênquima, que ainda é muito utilizada na prática clínica para inferir nefropatia crônica, deve ser desencorajada, uma vez que não mostrou correlação com a função renal.

Sabe-se que é na cortical e nas colunas de Bertin que encontramos os glomérulos, e nas pirâmides medulares, os túbulos coletores. Com a perda progressiva da função renal, perdem-se os glomérulos. Então, muitas vezes, há afilamento da cortical e das colunas de Bertin, dando ao rim aspecto de cortical afilada e de contornos lobulados (decorrente da atrofia das colunas de Bertin), associado a aumento da gordura do seio renal, indicativo de nefropatia crônica<sup>(10)</sup>, mas com espessura de parênquima e comprimento bipolar dentro da curva da normalidade. Com isso, acabamos, muitas vezes, concluindo que os rins não apresentam alterações significativas, deixando de observar a progressão natural da nefropatia. Daí a importância de um parâmetro como a espessura

da cortical, como possível preditor de doença renal crônica e de potencial valor na avaliação da progressão da IRC.

Pela literatura, sabe-se que essa questão é antiga, porém, ainda, não exaurida. Alguns autores citam que o afinamento renal ocorre na nefropatia isquêmica e que, portanto, a espessura da cortical deve ser medida sempre que possível<sup>(11)</sup>. O afinamento da cortical reflete, de maneira confiável, sua atrofia. No entanto, uma ressalva deve ser feita no rim diabético, quando a nefromegalia, caracterizada por hipertrofia, afeta todos os componentes, preservando em alguns casos as suas medidas, até o estágio final da IRC<sup>(12)</sup>. Por outro lado, devemos lembrar que até 20% dos pacientes diabéticos têm insuficiência renal por causas não diretamente relacionadas ao diabetes. Por exemplo, a estenose de artéria renal é três vezes mais frequente em diabéticos. Doenças vasculares afetando a microvasculatura (nefroesclerose hipertensiva) ou a macrovasculatura renal (doença renal isquêmica) são outras causas possíveis de IRC nesse grupo de pacientes que também promovem afinamento do cortex renal<sup>(11)</sup>.

O nosso estudo demonstrou haver uma correlação linear moderada entre a espessura cortical e a função renal estimada, menor correlação que a proposta por Beland et al., mas ainda assim significativa. Uma possível razão para este resultado pode estar relacionada ao fato de a população brasileira ser composta predominantemente de hipertensos e diabéticos com IRC, ocorrendo uma combinação de nefropatia isquêmica que, em teoria, afila a cortical, contrabalançada pela nefropatia por diabetes (associada à nefromegalia).

Como esperado, a medida do comprimento renal apresentou uma fraca correlação com a função renal. Esta fraqueza resulta do fato de o comprimento renal variar com a altura do indivíduo e tende a diminuir depois de 50 anos de idade, quando os rins tornam-se mais largos<sup>(12)</sup>. Por outro lado, a medida do volume renal não apresentou melhores resultados em termos de correlação com a função renal<sup>(12)</sup>. Nós não correlacionamos este índice com função renal no presente estudo. Trabalhos na literatura indicam que tanto o córtex como a pirâmide renal reduzem em paralelo<sup>(10)</sup>. Considerando-se que discernir as pirâmides renais pode ser um desafio, a medida da espessura cortical seria, teoricamente, ser um indicador mais confiável, se a reprodutibilidade for demonstrada. Nossos resultados mostraram excelente/boa concordância entre examinadores quando a medida da espessura da cortical for no rim esquerdo, fazendo com que este seja um parâmetro muito confiável. Em contrapartida, verificou-se fraca correlação entre a espessura do parênquima e função renal, sem significância estatística. A espessura do parênquima não tem nenhum valor prático para avaliar nível de comprometimento da função renal em pacientes com IRC.

Este estudo apresenta algumas limitações. Por se tratar de estudo transversal, não houve acompanhamento evolutivo das medidas renais dos pacientes, o que seria desejável para detectar o afinamento progressivo da cortical em vista da deterioração de filtração glomerular. Por outro lado, considerando-se a distribuição dos indivíduos nos cinco níveis de comprometimento da função renal, esperamos neutralizar

parcialmente essa limitação. Em segundo lugar, um grupo controle não foi estudado para comparação. No entanto, com a inclusão de 15% de pacientes com nível de IRC grau I/II (ou seja, com RFG considerado com valores dentro da normalidade), parcialmente atenuou-se este viés. Por último, não foi possível estabelecer um ponto de corte para a espessura cortical que indicaria uma função renal comprometida. Neste sentido, a continuação desta pesquisa consistirá em realizar um estudo de caso-controle para verificar se é possível estabelecer um valor de corte para a medida do cortical renal, com valores adequados de sensibilidade e especificidade para inferir IRC em pacientes submetidos a exames de US por diversas razões.

Em conclusão, a análise dos resultados obtidos a partir da comparação dos exames de US renal de pacientes com IRC e o RFG permitiu concluir que há boa reprodutibilidade das medidas renais obtidas entre os examinadores. Existe uma correlação linear de força moderada entre o ritmo de filtração glomerular estimado e a espessura da cortical e fraca com o comprimento bipolar e a espessura do parênquima.

### Agradecimentos

Os autores agradecem a Andrea Puchnick, por sua ajuda na preparação deste manuscrito.

### REFERÊNCIAS

- Lederer E, Ouseph R. Chronic kidney disease. *Am J Kidney Dis.* 2007;49:162–71.
- Kariyanna SS, Light RP, Agarwal R. A longitudinal study of kidney structure and function in adults. *Nephrol Dial Transplant.* 2010; 25:1120–6.
- Beland MD, Walle NL, Machan JT, et al. Renal cortical thickness measured at ultrasound: is it better than renal length as an indicator of renal function in chronic kidney disease? *AJR Am J Roentgenol.* 2010;195:W146–9.
- Emamian SA, Nielsen MB, Pedersen JF, et al. Kidney dimensions at sonography: correlation with age, sex, and habitus in 665 adult volunteers. *AJR Am J Roentgenol.* 1993;160:83–6.
- Raj DS, Hoisala R, Somiah S, et al. Quantitation of change in the medullary compartment in renal allograft by ultrasound. *J Clin Ultrasound.* 1997;25:265–9.
- Tarzamni MK, Nezami N, Rashid RJ, et al. Anatomical differences in the right and left renal arterial patterns. *Folia Morphol (Warsz).* 2008;67:104–10.
- Cockcroft DW, Gault MH. Prediction of creatinine clearance from serum creatinine. *Nephron.* 1976;16:31–41.
- Sanusi AA, Akinsola A, Ajayi AA. Creatinine clearance estimation from serum creatinine values: evaluation and comparison of five prediction formulae in Nigerian patients. *Afr J Med Med Sci.* 2000; 29:7–11.
- Fleiss JL. *Statistical methods for rates and proportions.* New York, NY: John Wiley & Sons; 1973.
- Buturovic-Ponikvar J, Visnar-Perovic A. Ultrasonography in chronic renal failure. *Eur J Radiol.* 2003;46:115–22.
- O'Neill WC. Sonographic evaluation of renal failure. *Am J Kidney Dis.* 2000;35:1021–38.
- Sanusi AA, Arogundade FA, Famurewa OC, et al. Relationship of ultrasonographically determined kidney volume with measured GFR, calculated creatinine clearance and other parameters in chronic kidney disease (CKD). *Nephrol Dial Transplant.* 2009;24:1690–4.