

Quantificação do fluxo portal em indivíduos saudáveis: comparação entre ressonância magnética e ultra-som Doppler*

Measurement of portal blood flow in healthy individuals: a comparison between magnetic resonance imaging and Doppler ultrasound

Juliana Dantas da Costa¹, Alberto Ribeiro de Souza Leão², José Eduardo Mourão Santos², Danilo Sales Moulin², Patrícia Moreno Sebastianes¹, Giuseppe D'Ippolito³

Resumo **OBJETIVO:** Avaliar a concordância entre a ultra-sonografia com Doppler e a ressonância magnética na quantificação do fluxo portal em indivíduos saudáveis, e avaliar a reprodutibilidade destes métodos diagnósticos. **MATERIAIS E MÉTODOS:** Foi realizado estudo prospectivo, transversal, observacional e autopareado, avaliando 20 voluntários saudáveis submetidos a mensuração do fluxo portal por meio de ultra-sonografia com Doppler e por ressonância magnética, executada por dois observadores independentes. Foram calculadas as concordâncias entre os métodos e entre os observadores utilizando-se o coeficiente de correlação intraclasse e o coeficiente de Pearson. **RESULTADOS:** A concordância entre os exames de ultra-sonografia com Doppler e de ressonância magnética foi baixa (coeficiente intraclasse: 1,9%–18,2%; coeficiente de Pearson: 0,1%–13,7%; $p = 0,565$). Os valores da média de fluxo portal medido pela ultra-sonografia e pela ressonância magnética foram, respectivamente, de 0,768 l/min e 0,742 l/min. A quantificação do fluxo portal medida pela ultra-sonografia e pela ressonância magnética demonstrou, respectivamente, concordância interobservador regular (coeficiente intraclasse: 43,3%; coeficiente de Pearson: 43,0%) e concordância excelente (coeficiente intraclasse: 91,4%; coeficiente de Pearson: 93,4%). **CONCLUSÃO:** A ressonância magnética é um método confiável para quantificar o fluxo portal, mostrando melhor concordância interobservador do que a ultra-sonografia com Doppler. Os dois métodos apresentam baixa concordância entre si na quantificação do fluxo portal.

Unitermos: Fluxo portal; Imagem por ressonância magnética; Ultra-sonografia.

Abstract **OBJECTIVE:** To evaluate the inter-observer agreement between Doppler ultrasonography and magnetic resonance imaging in the quantification of portal blood flow in healthy individuals, as well as evaluating the reproducibility of both methods. **MATERIALS AND METHODS:** A prospective, transverse, observational and self-paired study was developed evaluating 20 healthy volunteers whose portal blood flow was measured by means of Doppler ultrasonography and magnetic resonance imaging performed by two independent observers. Interobserver and intermethod agreements were calculated using the intraclass and Pearson's correlation coefficients. **RESULTS:** The agreement between Doppler ultrasonography and magnetic resonance imaging was low (intraclass coefficient: 1.9%–18.2%; Pearson's coefficient: 0.1%–13.7%; $p = 0.565$). Mean values for the portal blood flow measured by Doppler ultrasonography and magnetic resonance imaging were respectively 0.768 l/min and 0.742 l/min. Interobserver agreement for quantification of the portal blood flow by Doppler ultrasonography and magnetic resonance imaging was respectively reasonable (intraclass coefficient: 43.3%; Pearson's coefficient: 43.0%) and excellent (intraclass coefficient: 91.4%; Pearson's coefficient: 93.4%). **CONCLUSION:** In the present study, magnetic resonance imaging demonstrated to be a reliable method for quantifying the portal blood flow, with a higher interobserver agreement than Doppler ultrasonography. The intermethod agreement was low.

Keywords: Portal blood flow; Magnetic resonance imaging; Ultrasonography.

Costa JD, Leão ARS, Santos JEM, Moulin DS, Sebastianes PM, D'Ippolito G. Quantificação do fluxo portal em indivíduos saudáveis: comparação entre ressonância magnética e ultra-som Doppler. *Radiol Bras.* 2008;41(4):219–224.

* Trabalho realizado no Departamento de Diagnóstico por Imagem da Universidade Federal de São Paulo/Escola Paulista de Medicina (Unifesp/EPM), São Paulo, SP, Brasil.

1. Médicas Residentes do Departamento de Diagnóstico por Imagem da Universidade Federal de São Paulo/Escola Paulista de Medicina (Unifesp/EPM), São Paulo, SP, Brasil.

2. Pós-graduandos do Departamento de Diagnóstico por Imagem da Universidade Federal de São Paulo/Escola Paulista de Medicina (Unifesp/EPM), São Paulo, SP, Brasil.

3. Livre-Docente, Professor do Departamento de Diagnóstico por Imagem da Universidade Federal de São Paulo/Escola Paulista de Medicina (Unifesp/EPM), São Paulo, SP, Brasil.

Endereço para correspondência: Dr. Giuseppe D'Ippolito. Rua Doutor Alceu de Campos Rodrigues, 95, subsolo, Vila Nova Conceição. São Paulo, SP, Brasil, 04544-000. E-mail: scoposl@uol.com.br

Recebido para publicação em 24/8/2007. Aceito, após revisão, em 23/10/2007.

INTRODUÇÃO

A hipertensão portal é um distúrbio hemodinâmico caracterizado pelo aumento persistente da pressão venosa no sistema portal e traduzido, clinicamente, por circulação colateral e ascite, sendo complicação

freqüente e grave de diversas hepatopatias crônicas⁽¹⁾. A hipertensão portal resulta da obstrução relativa ou absoluta do fluxo sanguíneo esplâncnico ou, mais raramente, do aumento do fluxo sanguíneo portal, e é definida quando a mensuração da pressão na veia hepática ou diretamente na veia porta é mais que 5 mmHg do que a da veia cava inferior (ou seja, gradiente portossistêmico maior que 5 mmHg), ou a pressão na veia esplênica é maior que 15 mmHg e sua medida direta e padrão de referência pode ser feita apenas por meio de métodos invasivos⁽²⁻⁴⁾.

A ultra-sonografia (US), associada ao estudo dopplerfluxométrico em cores, é o principal método utilizado na avaliação do sistema portal e da hipertensão portal⁽⁵⁻⁸⁾. Entre os diversos parâmetros mensuráveis, o fluxo portal medido pela US com Doppler tem sido utilizado para prever a resposta ao tratamento em pacientes com hipertensão portal⁽⁹⁾. A avaliação do calibre da veia porta, sua modificação com a inspiração e a expiração, a velocidade e o sentido do fluxo, bem como o volume do fluxo mensurado na veia porta e a presença de circulação colateral, são outros parâmetros utilizados na caracterização da hipertensão portal^(7,10,11).

A avaliação por meio da US com Doppler apresenta como principais vantagens o fácil acesso, a rapidez e o baixo custo⁽²⁾. No entanto, o método está suscetível a erros, tais como variações nas medidas da área da veia porta, determinação da média de velocidade de fluxo sanguíneo e ângulo de insonação utilizado na avaliação da veia porta, além das limitações técnicas associadas a obesidade, meteorismo intestinal, pacientes não-colaborativos, ascite e redução volumétrica do fígado^(6,7,12-16). Essas limitações podem abrir espaço para a utilização de outros métodos diagnósticos mais precisos, como a ressonância magnética (RM). A angiografia por RM, por exemplo, permite o estudo do fluxo no vaso sem os inconvenientes apresentados no exame de US com Doppler⁽²⁾; no entanto, é um método dispendioso e não-ampamente disponível.

Diversos estudos têm demonstrado que o mapeamento de velocidade por meio da PCA RM utilizando a técnica *cine* é um método não-invasivo que possui boa repro-

duzibilidade na mensuração quantitativa do fluxo sanguíneo no sistema venoso portal em indivíduos normais e em pacientes portadores de hipertensão portal^(14,17-20) durante a respiração normal, a qual seria considerada a situação mais fisiológica para a realização deste estudo^(16,17,21). No entanto, esses estudos foram realizados com equipamentos obsoletos, de baixo campo magnético ou com técnicas ultrapassadas, e não avaliaram a reprodutibilidade (concordância interobservador) da RM. A reprodutibilidade de um método diagnóstico mede a sua precisão e é crucial para validar a sua utilidade na prática clínica. Apesar de existirem estudos demonstrando a reprodutibilidade da US com Doppler na avaliação do fluxo portal^(2,10,12,13,17-19), há carência de estudos com o mesmo propósito utilizando a RM e comparando os dois métodos no mesmo grupo de indivíduos sadios, empregando técnicas e equipamentos atuais.

Este estudo tem o objetivo de avaliar a concordância dos valores obtidos por meio da US com Doppler e da RM na quantificação do fluxo portal em indivíduos sadios, e avaliar a reprodutibilidade destes métodos diagnósticos.

MATERIAIS E MÉTODOS

Foi realizado estudo prospectivo, transversal, observacional, duplo-cego e auto-observado em 20 voluntários sadios submetidos a exames de US com Doppler colorido e RM no Departamento de Diagnóstico por Imagem da Universidade Federal de São Paulo/Escola Paulista de Medicina (Unifesp/EPM), São Paulo, SP, no período de agosto de 2006 a junho de 2007.

O estudo foi aprovado pelo comitê de ética em pesquisa da nossa instituição e todos os participantes assinaram o termo de consentimento informado.

Seleção dos indivíduos

Vinte voluntários — 15 homens e 5 mulheres — com idade variando entre 25 e 39 anos (média de idade de 29,1 anos) participaram do estudo. Eles foram considerados sadios por estarem assintomáticos, negarem antecedente de alcoolismo (ingestão maior que 160 g de etanol por semana), apresentarem sorologia negativa para vírus B ou C, negarem antecedente de doença

auto-imune comprovada e que pudesse cursar com hepatite auto-imune, não estarem em uso conhecido de droga hepatotóxica e não serem procedentes de área endêmica para esquistossomose. Foram ainda interrogados sobre possível contra-indicação ao exame de RM, como presença de marca-passo cardíaco, implante coclear ou claustrofobia, que todos negaram.

Os exames de US e RM foram realizados com um intervalo de até 15 dias e preferencialmente no mesmo dia. Todos os pacientes foram examinados com jejum de quatro a seis horas.

Exames de US com Doppler

Todos os exames de US foram realizados de forma cega e independente por dois observadores, utilizando aparelho modelo EnVisor™ (Philips Medical Systems; Washington, EUA) equipado com transdutor convexo com múltiplas bandas de frequência, seguindo-se os planos de corte padronizados pela Organização Mundial da Saúde (OMS) para avaliação ultra-sonográfica do fígado, baço e sistema vascular esplênico. O estudo Doppler da veia porta foi realizado com o paciente em decúbito dorsal e após pequeno repouso, com cortes subcostais e intercostais oblíquos do tronco da veia porta, a meia distância da bifurcação, na mesma fase respiratória e com ângulo de insonação variando entre 45° e 60°. O calibre e a área da veia porta foram medidos na mesma topografia da amostragem dopplerfluxométrica para o cálculo do fluxo. Após a aquisição da curva espectral, era selecionada uma amostra de pelo menos quatro segundos, a partir da qual era mensurado o diâmetro da veia porta, o qual era enviado ao *software* do próprio aparelho de US para o cálculo da área de secção do vaso. O próprio aparelho obtinha o valor de velocidade média de fluxo no intervalo selecionado, fornecendo o fluxo médio no segmento estudado durante este período.

Exames de RM com angiografia

Os exames de RM com angiografia foram realizados em equipamento operando em alto campo magnético (1,5 tesla) modelo Magnetom Symphony™ (Siemens; Erlangen, Alemanha), utilizando bobina *phased-array* de corpo. Para determinar a localização da veia porta, foram realizadas

seqüências *true fast imaging with steady precession* (TRUFI) no plano coronal. O plano da imagem para o mapeamento do fluxo foi ajustado perpendicularmente à veia porta (Figura 1) e realizado utilizando a técnica *phase-contrast*. Os parâmetros técnicos utilizados estão relacionados na Tabela 1.

Dois examinadores independentes, com experiência superior a três anos em US com Doppler e RM abdominal após o término da residência médica em diagnóstico por imagem, e com treinamento específico para mensuração do fluxo portal em ambos os métodos, realizaram e avaliaram todos os exames de US com Doppler e RM.

Para avaliar a concordância entre as medidas realizadas por observadores distintos utilizando o mesmo método, foi calculado o coeficiente de correlação intraclass com seu respectivo intervalo de confiança a 95% (IC 95%). Para a sua interpretação foi utilizada a classificação proposta por Fleiss⁽²²⁾, conforme se observa na



Figura 1. Imagem de RM, seqüência TRUFI, em plano coronal mostrando a veia porta. As linhas indicam o plano da imagem para o mapeamento do fluxo ajustado perpendicularmente à veia porta.

Tabela 1 Parâmetros técnicos utilizados nas seqüências de exame para medida de fluxo portal.

Seqüência	TRUFI	Cine phase-contrast 2D	
		Magnetização	Quantificação de fluxo
TR (ms)	3,76	42	40
TE (ms)	1,88	12	9,7
Ângulo de inclinação (°)	74	30	30
Número de excitações	1	1	1
2D/3D	2D	2D	2D
Espessura (mm)	5	6	5
Espaçamento	0,5	1,2	0,5
Campo de visão	350	350	28
Número de cortes	30	1	1
Orientação	Coronal	Oblíquo	Oblíquo
Tempo de aquisição (s)	16	105	233
Fase/freqüência	200/256	192/256	256/256
Campo de visão retangular	Não	Não	Não
Saturação de gordura	Não	Não	Não
Pré-saturação	Não	Não	Não
Fourier parcial	Não	Não	Não
Bobina	Dorso em arranjo de fase	Dorso em arranjo de fase	Dorso em arranjo de fase
Número de medidas/repetições	1	1	1
Circuito de disparo por eletrocardiograma	Não	Sim	Sim
Compensação respiratória	Não	Não	Não
Ordem (cobertura do espaço K)	Padrão	Padrão	Padrão
Disparo	Múltiplo	Múltiplo	Múltiplo
Comprimento do trem de eco	Fast	Fast	Fast
Largura de banda (Hz/pixel – freqüência)	501	105	105
Aprnéia	Sim	Não	Não
Velocidade (cm/s)			40
Direção de fluxo			Trough plane

TRUFI, true FISP (*true fast imaging with steady precession*).

Tabela 2. Também foi calculado o grau de linearidade entre as medidas obtidas por dois observadores, por meio do cálculo do coeficiente de correlação de Pearson.

Para os indivíduos incluídos no estudo foi quantificado o fluxo portal pela US por dois observadores independentes (observador 1 e observador 2). Este fluxo também foi avaliado pela RM por outros dois observadores, sendo que um desses observadores foi o mesmo que realizou a US (observador 1 e observador 3). Foi descartada a análise da concordância entre as medidas da US com Doppler e RM realizadas pelo observador 1, para evitar qualquer viés.

Para cada um dos exames foi calculada também a média dos valores de fluxo portal medido pelos examinadores.

Na análise estatística adotou-se nível de significância de 5% ($\alpha = 0,05$), ou seja, foram considerados como estatisticamente significantes os resultados que apresentaram valor de p inferior a 5% ($p < 0,05$).

RESULTADOS

A reprodutibilidade da US na quantificação do fluxo portal demonstrou concordância apenas regular entre os observadores (coeficiente de correlação intraclases: 43,3%; coeficiente de Pearson: 43,0%). A Figura 2 apresenta o gráfico de dispersão dos valores de fluxo portal desses dois observadores, no qual se pode observar que os dados parecem não se aproximar de uma reta.

Em relação à reprodutibilidade da RM na avaliação do fluxo portal, encontrou-se boa concordância entre os observadores (coeficiente de correlação intraclases: 91,4%; coeficiente de Pearson: 93,4%). A Figura 3 apresenta o gráfico de dispersão dos valores de fluxo portal desses dois observadores, em que se pode observar que os dados parecem se aproximar de uma reta, ou seja, os dados do fluxo portal obtidos pelos dois observadores estão correlacionados positivamente ($p < 0,001$).

Ao se avaliar a concordância entre os exames de US e RM, observou-se baixa concordância entre os dois métodos (dependendo dos examinadores, o coeficiente de correlação intraclases variou entre 1,9% e 18,2% e o coeficiente de Pearson variou entre 0,1% e 13,7%; $p = 0,565$).

Tabela 2 Categorização da concordância interobservador segundo o coeficiente de correlação intra-clases.

Coeficiente de correlação intraclases (r)	Força de concordância
< 0,40	Pobre
0,40 a 0,75	Regular
0,75 a 1,00	Excelente

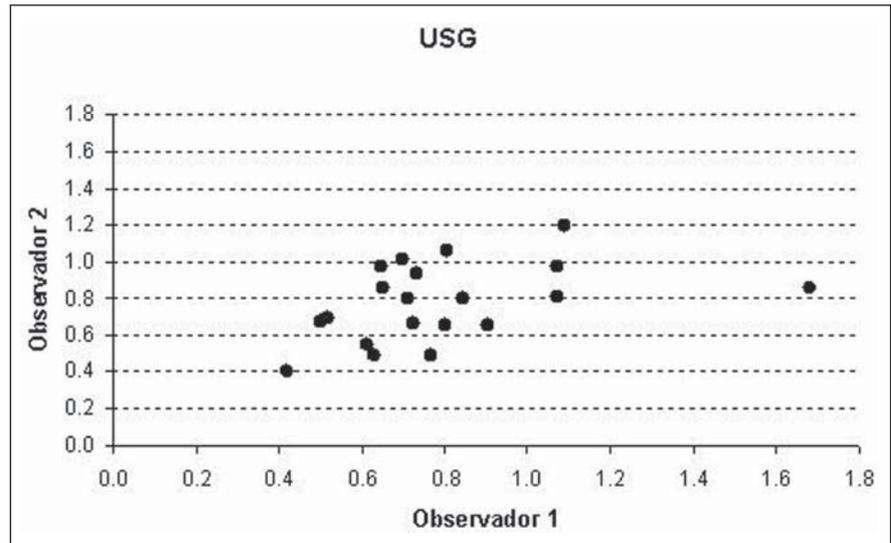


Figura 2. Gráfico de dispersão do fluxo portal de acordo com as medidas da US feitas pelos observadores 1 e 2.

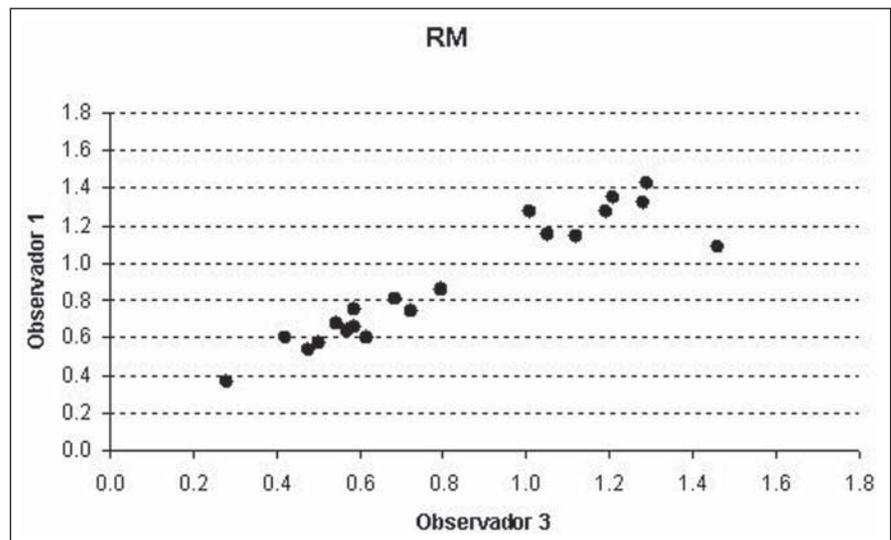


Figura 3. Gráfico de dispersão do fluxo portal de acordo com as medidas da RM feitas pelos observadores 1 e 3.

Apesar disso, as médias dos valores de fluxo portal encontrados na US e na RM foram semelhantes e, respectivamente, iguais a 0,768 l/min (IC 95%: 0,401;1,270) e 0,742 l/min (IC 95%: 0,326;1,355).

DISCUSSÃO

Estudos da morfologia e hemodinâmica da hipertensão portal são importantes para tentar entender melhor uma situação clínica

que leva, frequentemente, a complicações graves, por exemplo, a hemorragia digestiva alta⁽²³⁾. Por esta razão, a avaliação por imagem do sistema portal com o objetivo de quantificar o fluxo venoso portal e, assim, analisar a hemodinâmica deste sistema venoso em pacientes hepatopatas crônicos, tem o intuito de diagnosticar precocemente a hipertensão portal em uma fase ainda pouco sintomática^(23,24) e identificar pacientes cirróticos ou portadores de esquistossomose com maior risco de hemorragia a partir de varizes esofágicas^(11,12,24).

A US é considerada o método de escolha na avaliação dos pacientes portadores de hipertensão portal, em virtude da sua ampla disponibilidade, excelente relação custo-benefício e por ser exame não-invasivo. No entanto, é um exame que é suscetível a erros relacionados a variabilidade interobservador e configuração do próprio paciente^(6,7,12-16). A precisão diagnóstica de um determinado método é um parâmetro fundamental na definição de sua utilidade e pode ser determinada pela medida de sua reprodutibilidade (ou concordância entre observadores). O nosso estudo demonstrou que a reprodutibilidade da US com Doppler para avaliação do fluxo portal foi apenas regular e inferior à observada com a RM, o que é coerente com as limitações do método e está de acordo com os dados encontrados em estudos prévios realizados com US Doppler em pacientes portadores de hipertensão portal⁽²⁵⁾.

A mensuração do fluxo sanguíneo por meio da RM é uma técnica objetiva de mensurar o fluxo portal. Este método tem as vantagens de fornecer informações espaciais e temporais sobre o fluxo em diferentes fases do ciclo cardíaco⁽¹⁸⁾ e de não necessitar de apnéia, o que poderia modificar os parâmetros hemodinâmicos medidos^(13,14,21). A maior desvantagem da RM está relacionada ao seu custo, além de ser um método com menor disponibilidade e de maior complexidade para a avaliação das imagens obtidas.

No presente estudo foi encontrada boa concordância interobservador na mensuração do fluxo portal pela RM, não tendo sido encontrados outros trabalhos na literatura que avaliassem a reprodutibilidade do método em relação à medida do fluxo portal em indivíduos sadios.

É importante observar a baixa concordância encontrada entre os dois métodos utilizados na quantificação do fluxo portal. Em virtude da maior precisão da RM, e por ser considerada padrão de referência para a avaliação do fluxo sanguíneo, tem-se a tendência de se considerar os resultados de fluxo obtidos com este método como os mais próximos dos valores reais^(2,13,14,16,26). Estes resultados deverão ser validados em estudos futuros, com amostras mais amplas e utilizando-se fantasmas específicos.

A média do fluxo portal em indivíduos saudáveis medido pela RM em estudos anteriores apresentou grande amplitude, variando entre 0,5 l/min e 1,3 l/min^(14,17,18), e foi semelhante aos valores encontrados no nosso trabalho. Em relação aos valores aferidos pela US, foram encontrados poucos trabalhos na literatura que propusessem valores de média de fluxo portal na US Doppler em pacientes normais. Kashitani et al.⁽⁶⁾ obtiveram média de 1,25 l/min e discrepante dos valores observados no nosso estudo. Lycklama à Nijeholt et al.⁽¹⁸⁾ também se propuseram a fornecer uma média de fluxo para a US Doppler, que em ramos portais variou de 0,578 l/min a 0,606 l/min, mais próxima das medidas obtidas por nós no tronco da veia porta. É relevante notar, no nosso estudo, a grande amplitude de valores normais obtidos pela US (0,41 l/min a 1,27 l/min) e pela RM (0,32 l/min a 1,32 l/min) em pacientes assintomáticos, o que sugere grande variabilidade do padrão normal do fluxo portal ou medidas pouco confiáveis.

Os resultados do presente estudo foram baseados em uma população limitada de voluntários saudáveis avaliados, com variabilidade presumida limitada, e ainda assim foi observada grande variação de valores normais, o que não nos permite falar em intervalo de normalidade. Novos estudos, com amostras maiores, devem ser realizados para estabelecer valores da normalidade mais restritos.

CONCLUSÃO

Neste estudo foi observado que a RM com técnica *phase-contrast* apresenta excelente reprodutibilidade na mensuração do fluxo portal e reprodutibilidade superior à apresentada pela US com Doppler. Por

outro lado, os dois métodos têm baixa concordância entre si, não tendo sido possível estabelecer um intervalo confiável de valores de normalidade para o fluxo portal. Estudos ulteriores serão necessários para estabelecer o valor desses métodos.

REFERÊNCIAS

1. Mincis M. Gastroenterologia e hepatologia – diagnóstico e tratamento. 3ª ed. São Paulo: Lemos Editorial; 2002.
2. Pieters PC, Miller WJ, DeMeo JH. Evaluation of the portal venous system: complementary roles of invasive and noninvasive imaging strategies. *Radiographics*. 1997;17:879–95.
3. Alves Jr A, Fontes DA, Melo VA, et al. Hipertensão portal esquistossomótica: influência do fluxo sanguíneo portal nos níveis séricos das enzimas hepáticas Arq Gastroenterol. 2003;40:203–8.
4. Iida VH, Silva TJA, Silva ASF, et al. Cirrose hepática: aspectos morfológicos relacionados às suas possíveis complicações. Um estudo centrado em necropsias. *J Bras Patol Med Lab*. 2005;41:29–36.
5. O'Donohue J, Ng C, Catnach S, et al. Diagnostic value of Doppler assessment of the hepatic and portal vessels and ultrasound of the spleen in liver disease. *Eur J Gastroenterol Hepatol*. 2004;16:147–55.
6. Kashitani N, Kimoto S, Tsunoda M, et al. Portal blood flow in the presence or absence of diffuse liver disease: measurement by phase contrast MR imaging. *Abdom Imaging*. 1995;20:197–200.
7. Machado MM, Rosa ACF, Barros N, et al. Estudo Doppler na hipertensão portal. *Radiol Bras*. 2004;37:35–9.
8. Silva LC, Lima AS, Tavares Júnior WC, et al. Evidências de hiperfluxo portal no pós-operatório de transplantes hepáticos. *Radiol Bras*. 2005;38:261–4.
9. Harrod-Kim P, Waldman DL. Abnormal portal venous flow at sonography predicts reduced survival after transjugular intrahepatic portosystemic shunt creation. *J Vasc Interv Radiol*. 2005;16:1459–64.
10. Vezozzo DCP, Rocha DC, Cerri GG. Fígado. In: Cerri GG, Rocha DC, editores. *Ultra-sonografia abdominal*. São Paulo: Sarvier; 1993. p. 61–90.
11. Machado MM, Rosa ACF, Mota OM, et al. Aspectos ultra-sonográficos da trombose da veia porta. *Radiol Bras*. 2006;39:151–5.
12. Sabba C, Merkel C, Zoli M, et al. Interobserver and interequipment variability of echo-Doppler examination of the portal vein: effect of a cooperative training program. *Hepatology*. 1995;21:428–33.
13. Annet L, Materne R, Danse E, et al. Hepatic flow parameters measured with MR imaging and Doppler US: correlations with degree of cirrhosis and portal hypertension. *Radiology*. 2003;229:409–14.
14. Burkart DJ, Johnson CD, Morton MJ, et al. Volumetric flow rates in the portal venous system: measurement with cine phase-contrast MR imaging. *AJR Am J Roentgenol*. 1993;160:1113–8.
15. Winkfield B, Aubé C, Burtin P, et al. Inter-observer and intra-observer variability in hepatology. *Eur J Gastroenterol Hepatol*. 2003;15:959–66.

16. Tsunoda M, Kimoto S, Hamazaki K, et al. Quantitative measurement of portal blood flow by magnetic resonance phase contrast: comparative study of flow phantom and Doppler ultrasound in vivo. *Acta Med Okayama*. 1994;48:283–8.
17. Sugano S, Yamamoto K, Sasao K, et al. Portal venous flow while breath-holding after inspiration or expiration and during normal respiration in controls and cirrhotics. *J Gastroenterol*. 1999;34:613–8.
18. Lycklama à Nijeholt GJ, Burggraaf K, Wasser MNJM, et al. Variability of splanchnic blood flow measurements using MR velocity mapping under fasting and post-prandial conditions – comparison with echo-Doppler. *J Hepatol*. 1997;26:298–304.
19. Tamada T, Moriyasu F, Ono S, et al. Portal blood flow: measurement with MR imaging. *Radiology*. 1989;173:639–44.
20. Edelman RR, Zhao B, Liu C, et al. MR angiography and dynamic flow evaluation of the portal venous system. *AJR Am J Roentgenol*. 1989;153:755–60.
21. Caldana RP, Bezerra ASA, Soares AFF, et al. Angiografia por ressonância magnética: aspectos técnicos de um método de estudo vascular não-invasivo. *Radiol Bras*. 2004;37:41–50.
22. Fleiss JL. *Statistical methods for rates and proportions*. 2nd ed. New York: Wiley; 1981.
23. Bolondi L, Gandolfi L, Arienti V, et al. Ultrasonography in the diagnosis of portal hypertension: diminished response of portal vessels to respiration. *Radiology*. 1982;142:167–72.
24. Martins RD, Szejnfeld J, Lima FG, et al. Endoscopic, ultrasonographic, and US-Doppler parameters as indicators of variceal bleeding in patients with schistosomiasis. *Dig Dis Sci*. 2000;45:1013–8.
25. Bezerra ASA, D'Ippolito G, Caldana RP, et al. Avaliação hepática e esplênica por ressonância magnética em pacientes portadores de esquistosomose mansônica crônica. *Radiol Bras*. 2004;37:313–21.
26. Caldana RP, Bezerra ASA, D'Ippolito G, et al. Estudo da circulação hepatomesentérica pela angiografia por ressonância magnética com gadolínio: comparação entre doses simples e dupla no estudo de pacientes esquistossomóticos. *Radiol Bras*. 2006;39:243–51.