

## HISTÓRIA DA ULTRA-SONOGRAFIA INTRA-OPERATÓRIA\*

Márcio Martins Machado<sup>1</sup>, Ana Cláudia Ferreira Rosa<sup>2</sup>, Nestor de Barros<sup>3</sup>, Vincenzo Pugliese<sup>4</sup>, Paulo Herman<sup>4</sup>, William Abrão Saad<sup>5</sup>, Marcel C.C. Machado<sup>6</sup>, Luciana Mendes de Oliveira Cerri<sup>7</sup>, Joaquim J. Gama-Rodrigues<sup>8</sup>, Angelita Habr-Gama<sup>9</sup>, Giovanni Guido Cerri<sup>10</sup>

**Resumo** A ultra-sonografia intra-operatória foi realizada especialmente a partir de 1960, com alguns relatos de experiências iniciais nos anos 50. Inicialmente foram avaliados tumores cerebrais, posteriormente estudando-se também cálculos de vias biliares e cálculos renais. Entretanto, a ultra-sonografia intra-operatória em modo A ou modo B estático não adquiriu grande aceitação no meio médico. Não obstante, os primeiros estudos forneceram as bases para o desenvolvimento da moderna ultra-sonografia intra-operatória, com a utilização dos equipamentos ultra-sonográficos em modo B em tempo real. Os autores discorrem sobre a utilização da ultra-sonografia intra-operatória desde o seu início até os dias atuais.

*Unitermos:* Ultra-sonografia intra-operatória; Ultra-sonografia em modo A; Ultra-sonografia em modo B estático.

**Abstract** *History of intraoperative ultrasonography.*

Intraoperative ultrasonography was initially used after 1960. There are also few reports on initial experiences published during the 50'. This technique was firstly used to study cerebral tumors and later on it was also used to evaluate biliary and renal calculi. At that time, intraoperative ultrasonography with A-mode or nonreal-time B-mode imaging did not achieve great recognition by surgeons and clinicians. However, the efforts of the initial reports were used in the development of modern intraoperative ultrasonography using real-time B-mode imaging. The authors comment on the evolution of intraoperative ultrasonography since its birth up to date.

*Key words:* Intraoperative ultrasonography; Ultrasonography with A-mode imaging; Ultrasonography with nonreal-time B-mode imaging.

### INTRODUÇÃO

A ultra-sonografia intra-operatória (USIO) é uma modalidade diagnóstica re-

lativamente nova<sup>(1-3)</sup>. A USIO desenvolveu-se a partir de 1960, podendo ser identificadas três fases que marcaram a evolução desse método ao longo do tempo<sup>(1)</sup>.

O primeiro período ocorreu na década de 60, sendo marcado pela USIO usando o modo A ou o modo B com imagens estáticas. O segundo período compreende o final dos anos 70 e os anos 80, quando ocorreu uma expansão do método, com a ultra-sonografia em modo B com imagens em tempo real. O terceiro período teve início nos anos 90, marcado pela utilização do Doppler e da ultra-sonografia laparoscópica. É importante observarmos que, durante esse período, foram identificadas influências vindas principalmente da Europa, EUA, Japão e Austrália<sup>(1)</sup>.

### USIO EM MODO A OU MODO B ESTÁTICO

A partir do início dos anos 60, a USIO em modo A foi utilizada por diversos autores para a localização de cálculos renais<sup>(4)</sup>, cálculos biliares<sup>(5-7)</sup> e massas cerebrais<sup>(8)</sup>.

Schlegel *et al.*<sup>(4)</sup> relataram o uso com sucesso da USIO em modo A na localização de cálculos renais. Os autores referiram que a USIO foi útil na identificação de diversos cálculos não-palpáveis, permitindo nefrotomias pequenas, exatamente ao nível dos cálculos.

A ultra-sonografia em modo A aplicada na via biliar também se iniciou nos anos 60. Entretanto, os primeiros estudos realizados para identificar cálculos biliares com a USIO foram feitos por via laparoscópica, por um grupo japonês, liderado por Wagai, conforme citado por Makuuchi *et al.*<sup>(1)</sup>. Já em 1958, esse grupo, por intermédio de Yamakawa *et al.*<sup>(9)</sup>, relatou a utilização de um protótipo de transdutor laparoscópico para visualizar cálculos de vesícula biliar e câncer gástrico. Esse transdutor possuía 5 mm de diâmetro e 30 cm de comprimento, com a frequência de 5,0 MHz. Os resultados clínicos dessas avaliações em 81 pacientes foram publicados posteriormente por Hayashi *et al.*<sup>(5)</sup>, representando o pensamento do grupo que era liderado por Wagai, novamente conforme relatado por Makuuchi *et al.*<sup>(1)</sup>.

\* Trabalho realizado no Departamento de Radiologia do Hospital das Clínicas da Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo (HC-FMUSP) e no Departamento de Radiologia do Hospital Sírio Libanês, São Paulo, SP.

1. Médico Radiologista do Hospital das Clínicas da Faculdade de Medicina da Universidade Federal de Goiás (HC-FMUG), Doutor em Radiologia pela FMUSP.

2. Médica Radiologista do HC-FMUG, Pós-graduanda do Departamento de Radiologia da FMUSP.

3. Professor Doutor do Departamento de Radiologia da FMUSP.

4. Médicos Assistentes do Serviço de Cirurgia do Fígado e Hipertensão Portal do HC-FMUSP, Doutores em Cirurgia pelo Departamento de Gastroenterologia da FMUSP.

5. Chefe do Serviço de Cirurgia do Fígado e Hipertensão Portal do HC-FMUSP.

6. Professor Titular da Disciplina de Transplante e Cirurgia do Fígado da FMUSP.

7. Chefe do Setor de Ultra-Sonografia da Divisão de Clínica Urológica do HC-FMUSP.

8. Professor Titular da Disciplina de Cirurgia do Aparelho Digestivo da FMUSP.

9. Professora Titular da Disciplina de Coloproctologia da FMUSP.

10. Professor Titular do Departamento de Radiologia da FMUSP.

Endereço para correspondência: Dr. Márcio Martins Machado. Rua 1027, 230, Ed. Fabiana, apto. 304. Goiânia, GO, 74823-120. E-mail: marciommachado@ibest.com.br

Recebido para publicação em 9/4/2002. Aceito, após revisão, em 23/7/2002.

Knight e Newell<sup>(6)</sup> relataram seus estudos com a USIO na identificação de cálculos biliares, também com o modo A. Seus resultados iniciais foram reproduzidos de maneira mais precisa pelo estudo de Eisman *et al.*<sup>(7)</sup>. Esses investigadores, após realizarem estudos *in vitro* e *in vivo* usando animais, realizaram o estudo em humanos, em que analisaram 46 operações sobre as vias biliares. Utilizaram um instrumento com 1,8 cm de diâmetro, com transdutor de 2,25 MHz de frequência. Aprimoraram ainda mais a técnica, sendo que nos últimos oito pacientes desenvolveram um transdutor com 3 mm de diâmetro e com frequência de 7,5 MHz, que foi introduzido no interior da via biliar. Esse artifício foi utilizado para identificar cálculos intra-hepáticos e coledococianos. Com esse estudo, foi demonstrada a possibilidade de se avaliar a via biliar durante a cirurgia, tanto externamente no campo operatório quanto introduzindo o transdutor no interior da via biliar. Isto possibilitaria auxiliar na identificação e remoção dos cálculos nas vias biliares e, adicionalmente, poderia corroborar o exame final das vias biliares após a remoção dos cálculos.

Em meados dos anos 60, muitos autores relataram a utilidade da USIO em modo A durante cirurgias neurológicas. Sagar e Uematsu<sup>(8)</sup> usaram transdutores com frequência de 2,0 a 5,0 MHz. Esses autores aplicavam os transdutores após a craniotomia, sobre a dura-máter úmida. Com essa técnica, avaliaram uma série de lesões como tumores cerebrais (astrocitomas, glioblastomas, ependimomas e metástases), hemorragias, cistos, abscessos e hidrocefalia. Nesses estudos, a USIO foi considerada como método simples, seguro e rápido, auxiliando o procedimento cirúrgico.

Mesmo com esses esforços, os exames com o modo A ou com o modo B estático não alcançaram grande aceitação por parte dos médicos. Mesmo que esses resultados iniciais não fossem representativos, eles expressavam o desejo dos médicos em complementar a avaliação de seus pacientes, procurando aprimorar a capacidade de detectar e localizar lesões. Esses esforços contribuíram para que se acumulasse conhecimento sobre a aplicação da USIO nos primeiros anos de sua utilização<sup>(1)</sup>, e muitos ensinamentos dessa época puderam ser

utilizados no futuro. Ainda devemos mencionar que, logo antes do desenvolvimento da USIO com o modo B em tempo real, houve a introdução da USIO em modo M durante cirurgias cardíacas. Johnson *et al.*<sup>(10)</sup> iniciaram o uso da ecocardiografia em modo M durante cirurgias cardíacas para afecções na válvula mitral.

### USIO COM O MODO B EM TEMPO REAL

A partir dos meados dos anos 70, com o desenvolvimento da tecnologia e o aperfeiçoamento do instrumental técnico, a ultra-sonografia bidimensional em tempo real com o modo B tornou-se disponível. Nesse particular, foi especialmente importante o desenvolvimento dos transdutores de alta frequência, o que propiciou a aquisição de imagens de melhor qualidade. Portanto, com esse desenvolvimento dos transdutores e com as imagens bidimensionais em tempo real com o modo B, a USIO beneficiou-se à medida que passou a contar com imagens de alta qualidade e imediatas, superando as dificuldades das imagens obtidas com o modo A e com o modo B estático. Entende-se, portanto, o ressurgimento do interesse pela USIO em diversos setores da cirurgia, observado no final dos anos 70 e início dos anos 80<sup>(1)</sup>.

Nessa nova perspectiva de utilização da USIO, foram Cook e Lytton<sup>(11)</sup>, nos EUA, e Makuuchi *et al.*<sup>(12)</sup>, no Japão, quem primeiro descreveram o uso da USIO com o modo B em tempo real.

Cook e Lytton<sup>(11)</sup> utilizaram um transdutor com frequência de 10,0 MHz para estudar o rim no intra-operatório, na procura de cálculos durante nefrolitotomias. Esses autores demonstraram, ao ultra-som, a presença de cálculos não-palpáveis de 2 mm e de 3 mm. Esses mesmos autores relataram, em outro trabalho<sup>(13)</sup>, a remoção, com sucesso, de pequenos cálculos e fragmentos de cálculos.

Makuuchi *et al.*<sup>(12)</sup> fizeram uso de um transdutor linear de 2,5 MHz e 3,5 MHz para a avaliação intra-operatória do fígado e do pâncreas. Eles determinaram a localização do ducto biliar dilatado para a realização de derivação biliar interna e externa. Esses autores avaliaram também a USIO nas doenças pancreáticas. Segundo

esses trabalhos, a USIO foi importante para a localização do ducto dilatado e para definir se este se apresentava dilatado o suficiente para uma adequada anastomose, nas derivações biliares internas intra-hepáticas. As imagens em modo B em tempo real apresentavam importantes vantagens quando comparadas àquelas obtidas em modo A ou em modo B estático. Dentre elas, esses autores relataram a rapidez na obtenção das imagens, a facilidade em repeti-las, e a interpretação mais fácil dessas imagens. Esses autores concluíram que o método requer pessoal experiente e familiarizado com o instrumental e a interpretação das imagens da USIO. Deve ser notado que esses preceitos permanecem atuais, mesmo decorridos mais de 20 anos desde que foi feita esta referência. O transdutor inicialmente utilizado por Makuuchi *et al.*<sup>(12)</sup> era o mesmo que havia sido desenvolvido para a realização da ultra-sonografia abdominal convencional, sendo, portanto, muito grande e inadequado para o manuseio intra-operatório<sup>(1)</sup>.

Nesse contexto, entendia-se a necessidade de se encontrar instrumental adequado para a realização de USIO nos países orientais, onde a incidência de cirrose e hepatocarcinomas é alta. Nesses pacientes com fígados cirróticos, muito frequentemente os tumores não são palpáveis e nem visíveis. Desta feita, os japoneses foram pioneiros na tentativa de desenvolver um transdutor adequado para a realização da USIO (Figuras 1A, 1B e 2). Foram Makuuchi *et al.*<sup>(14)</sup> e Akimoto *et al.*<sup>(15)</sup> quem primeiro desenvolveram transdutores lineares especificamente desenhados para o uso intra-operatório. O transdutor de Makuuchi *et al.*<sup>(14)</sup> apresentava o formato em "T" (Figura 1B), medindo  $1,4 \times 1,9 \times 6,2$  cm, e apresentava a frequência de 3,5 MHz. Este transdutor foi fabricado pela Aloka Co. (Tóquio, Japão). Este transdutor merece destaque, pois foi o primeiro que podia ser segurado facilmente entre os dedos do examinador, e desta forma permitiria uma varredura mais adequada do parênquima hepático. Posteriormente, foi desenvolvido outro transdutor, com o formato em "T" (Figura 1A), de 5,0 MHz, o que facilitava a orientação do examinador durante a realização de biópsias<sup>(14)</sup>. Já o transdutor de Akimoto *et al.*<sup>(15)</sup> (Figura 2) era

triangular, medindo  $2,1 \times 8,5 \times 8,2$  cm, com frequência de 3,5 MHz, fabricado pela Toshiba Co. (Tóquio, Japão).

Deve ser mencionado, também, que Cook e Lytton<sup>(11,13)</sup> utilizaram um transdutor em modo B, oftálmico (tipo “Bronson-Turner”), que era adaptado para o uso intra-operatório. Este mesmo transdutor foi usado por outros pesquisadores no final dos anos 70<sup>(16)</sup>. Dessa forma, pode-se dizer que nos EUA, no Reino Unido e na Austrália os instrumentos em modo B, inicialmente introduzidos na cirurgia no final dos anos 70 e início dos anos 80, eram aparelhos setoriais mecânicos e cilíndricos (formato de lápis)<sup>(17)</sup>. Diferentemente dessa tendência, no Japão, os estudos dessa época utilizavam transdutores lineares eletrônicos, como descrito por Makuuchi *et al.*<sup>(14)</sup> e Akimoto *et al.*<sup>(15)</sup>.

Portanto, durante a década de 80, a USIO foi utilizada para a execução de vários procedimentos, incluindo cirurgias abdominais, endócrinas, cardiovasculares e neurológicas<sup>(1)</sup>. Makuuchi, do Japão, Lane, da Austrália, e Sigel, dos EUA, foram os pioneiros da USIO em modo B na cirurgia geral<sup>(1,16,18)</sup>. Esses autores foram os responsáveis pela introdução dessa modalidade de ultra-sonografia durante as cirurgias hepáticas, biliares, pancreáticas, endócrinas e vasculares<sup>(1)</sup>.

A experiência adquirida por esse grupo de investigadores estimulou a comunidade científica européia a introduzir a USIO em seus procedimentos cirúrgicos. Essa expansão foi tal, que em meados da década de 80 a USIO passou a ser considerada prática rotineira durante hepatectomias realizadas no Japão e na Europa<sup>(1)</sup>.

Posteriormente, seu uso foi sendo expandido cada vez mais em outras localidades, como nos EUA, conforme relatado por Machi *et al.*<sup>(19)</sup> e por Makuuchi *et al.*<sup>(1)</sup>, e no Brasil, segundo os estudos de Cerri<sup>(2)</sup>, Cerri e Cerri<sup>(3)</sup>, Machado *et al.*<sup>(20)</sup>, Gama-Rodrigues *et al.*<sup>(21)</sup>, Machado e Cerri<sup>(22,23)</sup> e Machado *et al.*<sup>(24-32)</sup>.

Durante os anos 80 ocorreu um aprimoramento nos aparelhos de ultra-sonografia. Dessa forma, a expansão da utilização da USIO prosseguiu. Nessa fase, algumas conclusões dos benefícios dessa metodologia já estavam bem definidas: a) a USIO fornecia informações que eram úteis durante a

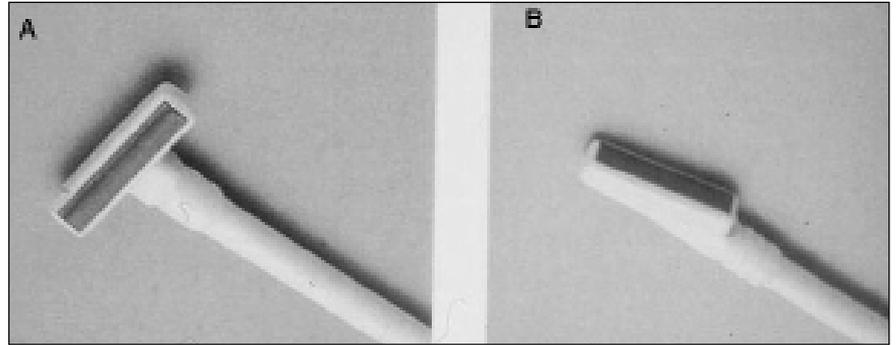


Figura 1. A: Transdutor intra-operatório em “T”. B: Transdutor intra-operatório em “I”.

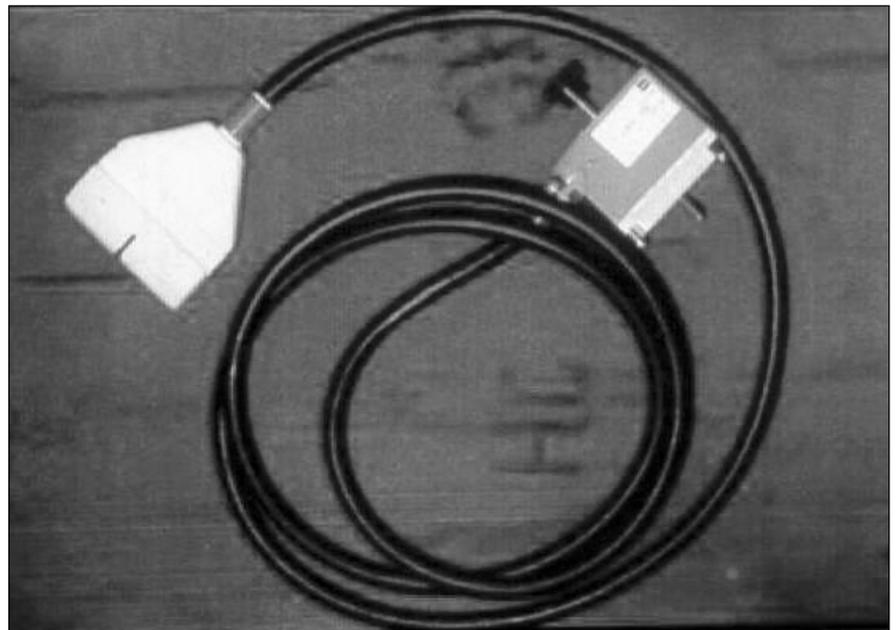


Figura 2. Transdutor tipo “Akimoto”.

tomada de conduta nas cirurgias abdominais (como hepatectomias e aquelas sobre as vias biliares); b) era método auxiliar à colangiografia intra-operatória; c) guiava a execução de vários procedimentos cirúrgicos (como biópsias); d) contribuía para a execução segura de procedimentos cirúrgicos (minimizando a ocorrência de cálculos residuais após manipulações sobre as vias biliares; assegurando as relações dos tumores com os vasos hepáticos durante hepatectomias, dentre outros)<sup>(1)</sup>.

Ficava então bem estabelecido que a USIO podia apresentar alto impacto quando introduzida no algoritmo de estudo dos pacientes. Seu uso rotineiro diminuía a necessidade de uso de raios-X para a realização de colangiografias intra-operatórias, diminuía o tempo operatório e, nas ci-

urgias hepáticas, modificava o procedimento cirúrgico inicialmente proposto<sup>(33)</sup>. Alguns autores consideravam que a USIO tornava os procedimentos cirúrgicos mais simplificados e rápidos<sup>(33)</sup>.

No decorrer da última década, duas novas alternativas foram introduzidas durante os procedimentos de ultra-som intra-operatório. A USIO com Doppler foi iniciada nas cirurgias cardiovasculares, na medida em que possibilitava o estudo do fluxo sanguíneo<sup>(34)</sup>. Alguns trabalhos (Machi *et al.*<sup>(35)</sup>) demonstraram a utilidade da adição do Doppler colorido nos exames de USIO em modo B, durante as cirurgias carotídeas, vasculares periféricas e após revascularização renal. Esses autores relataram que o Doppler tornava as cirurgias mais rápidas e melhorava a detecção de alterações

vasculares após a reconstrução. Adicionalmente, fornecia dados sobre as condições hemodinâmicas locais, que auxiliavam durante a decisão de reintervir e corrigir as alterações encontradas.

Em cirurgia geral, especialmente durante procedimentos hepatobiliopancreáticos, também ocorreram estudos com o Doppler (Machi *et al.*<sup>(19)</sup>). Esses autores referiram que com essa nova modalidade de ultra-sonografia era mais fácil o reconhecimento de pequenos vasos sanguíneos e a distinção dos vasos sanguíneos de outras estruturas hipocogênicas, como os ductos biliares. Segundo esses mesmos autores, o Doppler tornava o exame de mais fácil interpretação pelos cirurgiões.

Com o desenvolvimento dos transplantes hepáticos, alguns autores descreveram suas experiências com a USIO com Doppler. Relataram que o Doppler seria válido para a avaliação do fluxo da artéria hepática e veia porta após as anastomoses, na tentativa de reconhecer complicações precoces<sup>(36)</sup>.

Conforme referido anteriormente, a ultra-sonografia intracorpórea durante procedimentos laparoscópicos foi inicialmente utilizada por investigadores japoneses há mais de 30 anos<sup>(5,9)</sup>. Nesses trabalhos iniciais eram utilizadas imagens em modo A, que não alcançaram popularidade devido à dificuldade de interpretação. No início dos anos 80 foram desenvolvidos protótipos de aparelhos para a realização de ultra-sonografia durante os procedimentos laparoscópicos. Esses transdutores apresentavam alta frequência e as imagens eram em modo B, e quando colocados no interior da cavidade abdominal forneciam imagens de boa qualidade. Esses equipamentos foram desenvolvidos no Japão<sup>(37)</sup> e na Europa<sup>(38)</sup>. Entretanto, a despeito das imagens de alta qualidade obtidas, o método não ganhou grande aplicabilidade. Isto provavelmente decorreu devido a dois fatores. Primeiro, durante esta fase inicial, a ultra-sonografia por laparoscopia era utilizada apenas para finalidades diagnósticas, sem aplicabilidade terapêutica. Segundo, o próprio interesse dos cirurgiões pela laparoscopia, naquela época, também era limitado.

Com a expansão da cirurgia laparoscópica, inicialmente com a colecistectomia

por vídeo-laparoscopia, houve um ressurgimento do interesse pela ultra-sonografia laparoscópica. Nos anos 90, muitos estudos foram feitos com a ultra-sonografia por vídeo-laparoscopia (USIO-LAPA), em especial por pesquisadores europeus<sup>(39)</sup>. Nos EUA, inicialmente foram usados cateteres em “miniatura”, com transdutores na extremidade, que, passados pelo laparoscópio ou mediastinoscópio, avaliavam a cavidade abdominal ou o mediastino<sup>(40)</sup>. A realização de ultra-sonografia endoluminal biliar, utilizando transdutores semelhantes, também foi relatada na busca de cálculos biliares durante colecistectomia vídeo-laparoscópica<sup>(41)</sup>. Entretanto, esses transdutores, originalmente desenhados para a realização de ultra-sonografia endoluminal, não adquiriram grande popularidade nos procedimentos laparoscópicos.

A primeira metade dos anos 90 foi marcada pelo desenvolvimento de transdutores para serem usados, especificamente, durante procedimentos vídeo-laparoscópicos. Dessa forma, eles seriam introduzidos na cavidade abdominal através dos portos de 10 mm. Esses transdutores tinham extremidade rígida ou flexível, podendo ser lineares, convexos ou setoriais<sup>(42)</sup>.

Com o incremento do uso da vídeo-laparoscopia para o estadiamento das neoplasias do aparelho digestivo, a USIO-LAPA foi introduzida para que se implementasse a investigação desses pacientes. Muitos estudos foram publicados na área de cirurgia hepatobiliar, pancreática e gástrica, demonstrando que a USIO-LAPA forneceria informações adicionais importantes no manuseio desses pacientes<sup>(43)</sup>.

No Brasil, Machado e Cerri<sup>(22,23)</sup> publicaram os primeiros estudos sobre USIO-LAPA no estadiamento do fígado. Nesse sentido, Machado e Cerri<sup>(22)</sup> relataram uma sistemática de exame do fígado com a USIO-LAPA, visando maximizar os benefícios do método. Seriam utilizados três portos: um de 5 mm no epigástrico (para elevar os lobos hepáticos, facilitando a visualização da superfície visceral do fígado), um de 10 mm periumbilical (inicialmente para o posicionamento da óptica) e outro de 10 mm ao nível da linha axilar média, de 4 a 6 cm da borda costal direita (utilizado para o posicionamento do transdutor ultra-sonográfico). Esses dois portos

de 10 mm poderiam ser usados alternadamente pela óptica e pelo transdutor laparoscópico, permitindo sua alternância de posição, facilitando o estudo do fígado. Dessa forma, todas as superfícies hepáticas seriam visualizadas pela laparoscopia e o parênquima hepático poderia ser estudado de maneira mais precisa pelo ultra-som laparoscópico. Posteriormente, esses mesmos autores analisaram a importância da evolução tecnológica dos transdutores na ultra-sonografia laparoscópica. Nesse sentido, ficou demonstrado que a adição dos transdutores ultra-sonográficos laparoscópicos de extremidade flexível e de alta frequência, em substituição aos transdutores de extremidade rígida, veio facilitar ainda mais o estudo das estruturas abdominais, permitindo um acoplamento adequado com os órgãos abdominais, ampliando a qualidade das imagens obtidas e melhorando a detecção das lesões<sup>(23)</sup>.

Ainda no Brasil, Machado *et al.*<sup>(26-29)</sup> ressaltam que a USIO poderia identificar metástases hepáticas e tumores hepáticos intraparenquimatosos e subcapsulares pequenos (especialmente os menores que 1 cm). Especialmente nessas formas de apresentação, os nódulos hepáticos comumente não são identificados pelos exames pré-operatórios (como a tomografia computadorizada convencional ou helicoidal, a ressonância magnética, ou a ultra-sonografia abdominal<sup>(28,29,32,44-47)</sup>).

## REFERÊNCIAS

1. Makuuchi M, Torzilli G, Machi J. History of intra-operative ultrasound. *Ultrasound Med Biol* 1998;24:1229-42.
2. Cerri LMO. Contribuição da ultra-sonografia intra-operatória em fígado, vias biliares e pâncreas. [Tese de doutorado]. São Paulo: Universidade de São Paulo, 1995.
3. Cerri LMO, Cerri GG. Intraoperative ultrasonography of liver, bile ducts and pancreas. *Rev Paul Med* 1996;114:1196-207.
4. Schlegel JU, Diggdon P, Cuellar J. The use of ultrasound for localizing renal calculi. *J Urol* 1961; 86:367-9.
5. Hayashi S, Kikuchi Y, Ishikawa S, *et al.* Ultrasonic diagnosis of breast tumor and cholelithiasis. *West J Surg Obstet Gynecol* 1962;70:34-40.
6. Knight RP, Newell JA. Operative use of ultrasonics in cholelithiasis. *Lancet* 1963;I:1023-5.
7. Eiseman B, Greenlaw RH, Gallagher JQ. Localization of common duct stones by ultrasound. *Arch Surg* 1965;91:195-9.
8. Sugar O, Uematsu S. The use of ultrasound in the diagnosis of intracranial lesions. *Surg Clin North Am* 1964;44:55-61.

9. Yamakawa K, Naito S, Azuma K, Hayashi S, Wagai T. Laparoscopic diagnosis of intraabdominal organs: ultrasound diagnosis through laparoscopy. *Jpn J Gastroenterol* 1958;55:741-3.
10. Johnson ML, Holmes JH, Spangler RD, Paton BC. Usefulness of echocardiography in patients undergoing mitral valve surgery. *J Thorac Cardiovasc Surg* 1972;64:922-34.
11. Cook JH III, Lytton B. Intraoperative localization of renal calculi during nephrolithotomy by ultrasound scanning. *J Urol* 1977;117:543-6.
12. Makuuchi M, Kamiya K, Sugiura M, Wada T, Muroi T. Ultrasonic examination by electronic scanning during operation. Proceedings of the 32nd Meeting of the Japan Society of Ultrasonics in Medicine 1977;129-30.
13. Cook JH III, Lytton B. The practical use of ultrasound as an adjunct to renal calculous surgery. *Urol Clin North Am* 1981;8:319-29.
14. Makuuchi M, Hasegawa H, Yamazaki S. Intraoperative ultrasonic examination for hepatectomy. *Jpn J Clin Oncol* 1981;11:367-90.
15. Akimoto S, Watayo T, Yuri T. New device of ultrasonic transducer with a puncture slit for intraoperative examination. *J Med Imaging* 1981;1:289-92.
16. Sigel B, Coelho JCU, Spigos DG, *et al.* Real-time ultrasonography during biliary surgery. *Radiology* 1980;137:531-3.
17. Machi J. Operative ultrasonography - fundamentals and clinical applications. Tokyo: Life Science, 1987.
18. Lane RJ, Coupland GAE. Ultrasonic indications to explore the common bile duct. *Surgery* 1982;91:268-74.
19. Machi J, Sigel B, Zaren HA, Kurohiji T, Yamashita Y. Operative ultrasonography during hepatobiliary and pancreatic surgery. *World J Surg* 1993;17:640-6.
20. Machado MCC, Herman P, Machado MAC, Bacchella T, Cunha JEM, Pinotti HW. Hepatectomia: indicações e resultados imediatos. Estudo de 114 pacientes. *Rev Col Bras Cir* 1997;24:317-22.
21. Gama-Rodrigues JJ, Jacob CE, Bresciani CJC, Bertavello P, Habr-Gama A. Tratamento cirúrgico das metástases hepáticas. In: Saad WA, Chaib E, D'Albuquerque LAC, eds. Atlas de cirurgia do fígado. São Paulo: Atheneu, 1999:199-204.
22. Machado MM, Cerri GG. Proposta de metodização da ultra-sonografia intra-operatória vídeo-laparoscópica (USIO-LAPA) no estadiamento do fígado em pacientes portadores de neoplasia gastrointestinal. *Radiol Bras* 1998;31:375-7.
23. Machado MM, Oliveira IRS, Cerri GG. Considerações sobre a evolução técnica dos transdutores na ultra-sonografia intra-operatória vídeo-laparoscópica (USIO-LAPA). *Radiol Bras* 1999;32:85-7.
24. Machado MM, Cerri GG, Oliveira IRS, *et al.* Contribuição da ultra-sonografia intra-operatória (USIO) no estudo de pequenas imagens nodulares hipotenuantes identificadas à tomografia computadorizada (TC) no exame pré-operatório de pacientes com adenocarcinoma colorretal e de pâncreas. Comunicação original. *Radiol Bras* 1999;32:255-8.
25. Machado MM, Saito OC, Oliveira IRS, Penteado S, Machado MCC, Cerri GG. Tumor de Frantz: características anátomo-sonográficas à ultra-sonografia intra-operatória (USIO) e implicações no manuseio cirúrgico. Nota prévia. *Radiol Bras* 1999;32:89-92.
26. Machado MM, Cerri GG, Oliveira IRS, *et al.* Contribuição da ultra-sonografia intra-operatória (USIO) no estudo de pequenas imagens nodulares hipotenuantes identificadas à tomografia computadorizada (TC) no exame pré-operatório de pacientes com adenocarcinoma colorretal e de pâncreas. *Radiol Bras* 2000;33(Supl 1):3.
27. Machado MM, Oliveira IRS, Saito OC, Cerri GG. Ultra-sonografia intra-operatória (USIO) do fígado. *Radiol Bras* 2000;33:15-8.
28. Machado MM, Rosa ACF, Cerri GG. Ultra-sonografia intra-operatória (USIO). In: Habr-Gama A, Gama-Rodrigues JJ, Ceconello I, Zilberstein B, Machado MCC, Saad WA, Moura EGH, Bresciani C, eds. Atualização em cirurgia do aparelho digestivo e em coloproctologia. São Paulo: Frôntis Editorial, 2000:179-94.
29. Machado MM, Rosa ACF, Herman P, Saad WA, Cerri GG. Adenomatose hepática múltipla: diagnóstico pela ultra-sonografia intra-operatória (USIO). Nota prévia. *Radiol Bras* 2001;34:369-72.
30. Machado MM, Rosa ACF, Machado MCC, Penteado S, Cerri GG. Contribuição da ultra-sonografia intra-operatória (USIO) no estudo das características anátomo-sonográficas do leiomiossarcoma primário de pâncreas. Nota prévia. *Radiol Bras* 2001;34:295-7.
31. Machado MM. Ultra-sonografia intra-operatória (USIO). (Editorial). *Radiol Bras* 2001;34(6):V-VI.
32. Machado MM, Rosa ACF, Cerri GG. Contribuição da ultra-sonografia intra-operatória (USIO) no estudo das afecções hépato-bílio-pancreáticas. In: Cerri GG, ed. Ultra-sonografia abdominal. Rio de Janeiro: Revinter, 2002 (in press).
33. Rifkin MD, Mack LA, Lennard ES, Shuman WP, Goldberg BB. Intraoperative abdominal ultrasonography: initial experience with a dedicated high-resolution operative transducer. *J Ultrasound Med* 1986;5:429-33.
34. Hagler DJ, Tajik AJ, Seward JB, Schaff HV, Danielson GK, Puga FJ. Intraoperative two-dimensional Doppler echocardiography. A preliminary study for congenital heart disease. *J Thorac Cardiovasc Surg* 1988;95:516-22.
35. Machi J, Sigel B, Roberts A, Bakshi KR, Kodama I, Loiacono LA. Operative color Doppler imaging for vascular surgery. *J Ultrasound Med* 1992;11:65-71.
36. Kasai H, Makuuchi M, Kawasaki S, *et al.* Intraoperative color Doppler ultrasonography for partial-liver transplantation from the living donor in pediatric patients. *Transplantation* 1992;54:173-4.
37. Ohta Y, Fujiwara K, Sato Y, Niwa H, Oka H. New ultrasonic laparoscope for diagnosis for intraabdominal diseases. *Gastrointest Endosc* 1983;29:289-94.
38. Frank K, Bliesz H, Beck K, Hammers P, Linhart P. Laparoscopic sonography. A new dimension in the diagnostic approach to internal organs. *Dtsch Med Wochenschr* 1983;108:902-4.
39. Jakimowicz JJ, Ruers TJM. Ultrasound-assisted laparoscopic cholecystectomy: preliminary experience. *Dig Surg* 1991;8:114-7.
40. Goldberg BB, Liu JB, Merton DA, *et al.* Sonographically guided laparoscopy and mediastinoscopy using miniature catheter-based transducers. *J Ultrasound Med* 1993;12:49-54.
41. Thomson H, Kisslo K, Farouk M, Chung K, Saperstein LA, Meyers WC. Technique of intraluminal biliary ultrasonography during laparoscopic cholecystectomy. *Am J Surg* 1993;165:265-9.
42. Machi J, Sigel B, Zaren HA, *et al.* Technique of ultrasound examination during laparoscopic cholecystectomy. *Surg Endosc* 1993;7:544-9.
43. John TG, Greig JD, Carter DC, Garden OJ. Carcinoma of the pancreatic head and periampullary region. Tumor staging with laparoscopy and laparoscopic ultrasonography. *Ann Surg* 1995;221:156-64.
44. Heiken JP, Weyman PJ, Lee JKT, *et al.* Detection of focal hepatic masses: prospective evaluation with CT, delayed CT, CT during arterial portography, and MR imaging. *Radiology* 1989;171:47-51.
45. Kuszyk BS, Bluemke DA, Urban BA, *et al.* Portal-phase contrast-enhanced helical CT for the detection of malignant hepatic tumors: sensitivity based on comparison with intraoperative and pathologic findings. *AJR* 1996;166:91-5.
46. Senéterre E, Taourel P, Bouvier Y, *et al.* Detection of hepatic metastases: ferumoxides-enhanced MR imaging versus unenhanced MR imaging and CT during arterial portography. *Radiology* 1996;200:785-92.
47. Valls C, Andía E, Sánchez A, *et al.* Hepatic metastases from colorectal cancer: preoperative detection and assessment of resectability with helical CT. *Radiology* 2001;218:55-60.