

Estudo cintilográfico da circulação esplênica em ratos

Scintigraphic study of the splenic circulation in rats

FÁBIO GONTIJO RODRIGUES¹; ANDY PETROIANU-TCBC-MG²; SIMONE ODÍLIA FERNANDES DINIZ³; VALBERT NASCIMENTO CARDOSO³; EDUARDO VILHENA DE PARREIRA³

R E S U M O

Objetivo: avaliar a distribuição sanguínea vasculoparenquimatosa do baço, por meio de estudo cintilográfico. **Métodos:** trinta ratos da raça *Wistar* foram distribuídos aleatoriamente em seis grupos (n=5). Grupo 1 (baço – 30 minutos) e Grupo 2 (baço – 90 minutos): submetidos à laparotomia com direcionamento do fluxo sanguíneo para o baço, por meio de ligadura da aorta próxima à bifurcação das ilíacas e dos vasos esplâncnicos, mantendo apenas a artéria esplênica; Grupo 3 (baço e estômago – 30 minutos) e Grupo 4 (baço e estômago – 90 minutos): submetidos à laparotomia com direcionamento do fluxo sanguíneo para baço e estômago, por meio de ligadura da aorta próxima da bifurcação das ilíacas e dos vasos esplâncnicos, com manutenção do fluxo pelas artérias esplênica, gástrica e vasos esplenogástricos; Grupo 5 (controle – 30 minutos) e Grupo 6 (controle – 90 minutos): submetidos à laparotomia e ligadura da aorta próxima à bifurcação das ilíacas, mantendo o fluxo para os órgãos abdominais. Após as ligaduras arteriais, os animais receberam injeção de 0,2ml de pertecnetato de sódio na aorta. Foram realizadas imagens cintilográficas, e os animais tiveram o baço retirado para contagem radioativa em aparelho contador automático. **Resultados:** não houve diferença nos valores de radiação do baço entre os grupos, indicando retenção do radioisótopo pelo baço, mesmo após o período de 90 minutos. **Conclusão:** o fluxo sanguíneo através do baço não é contínuo. O sangue difunde-se pelo parênquima esplênico e sua drenagem venosa é lenta, não seguindo sequência previsível.

Descritores: Baço/Irrigação sanguínea. Microcirculação. Circulação esplâncnica. Cintilografia. Ratos.

INTRODUÇÃO

O fluxo sanguíneo do baço humano é de cerca de 350 litros por dia. Sua irrigação se faz pela artéria esplênica, pelos vasos esplenogástricos e através de vasos colaterais, que incluem artérias polares, artérias pancreáticas e artéria gastro-omental esquerda. A artéria esplênica origina vários ramos pancreáticos e a artéria gastro-omental esquerda antes de bifurcar-se (84%-90%) ou trifurcar-se (10%-16%), originando as artérias lobares e segmentares do baço^{1,2}. Há dois ramos da artéria esplênica, que nutrem os polos superior ou cranial e o inferior ou caudal do baço. A drenagem venosa é feita pela união de afluentes venosos que saem do baço para formar a veia esplênica. A distribuição venosa do baço segue o mesmo padrão da irrigação arterial. A veia esplênica junta-se com a veia mesentérica superior para formar a veia porta³. A vascularização e a distribuição anatômica dos órgãos abdominais no rato são análogas às encontradas em humanos.

Em todos os mamíferos, o tecido esplênico é dividido em duas polpas. A polpa branca é constituída por acúmulo de linfócitos, que seguem as artérias, após deixa-

rem as trabéculas. A polpa vermelha é formada por cordões de macrófagos e leucócitos, chamados cordões esplênicos de *Billroth*, e por seios venosos. No interior do baço, as artérias seguem pelas trabéculas, como artérias trabeculares. Ao deixarem as trabéculas, as artérias são circundadas pela polpa branca, na forma de uma bainha de linfócitos (periarterial lymphatic sheat – PALS)⁴⁻¹⁰.

A artéria que percorre o parênquima esplênico envolta pela bainha PALS, é chamada de artéria folicular. Ramos arteriulares saem dessa artéria e terminam na zona perifolicular. Ao dividir-se na polpa branca, a artéria folicular perde sua bainha, originando múltiplas arteríolas com forma similar à de um pincel, sendo, por isso, denominadas de arteríolas peniciladas. Essas arteríolas penetram na polpa vermelha e podem apresentar-se envolvidas por uma bainha de macrófagos, chamada bainha de *Schweigger-Seidel* ou elipsoides¹¹. Entre as polpas branca e vermelha localiza-se a zona perifolicular, onde ocorrem as reações contra antígenos, por meio de circulação aberta, na qual o sangue entra em contato com as células do baço, dando início às reações imunitárias. A microcirculação esplênica e a dinâmica da movimentação celular ainda não são totalmente compreendidas¹².

1. Programa de Pós-Graduação em Ciências Aplicadas a Cirurgia e a Oftalmologia-Faculdade de Medicina da UFMG; 2. Departamento de Cirurgia da Faculdade de Medicina da UFMG; 3. Departamento de Análises Clínicas e Toxicológicas (Laboratório de Radioisótopos) da Faculdade de Farmácia da UFMG.

A avaliação cintilográfica do baço tem sido substituída por ultrassonografia com Doppler, tomografia computadorizada e ressonância nuclear magnética. Entretanto, a cintilografia ainda é importante, quando se pretende proceder a avaliação funcional do baço, já que a maioria dos estudos baseia-se na remoção de partículas coloidais marcadas com radionuclídeos, pelos macrófagos esplênicos. Entre os radiofármacos, o mais utilizado para estudo do baço é o colóide de enxofre marcado com ^{99m}Tc . Outros colóides utilizados para os estudos esplênicos são o fitato de sódio e o estanho^{13,14}.

Mesmo sendo captado mais intensamente pelo fígado, o fitato é utilizado no estudo do baço devido à sua facilidade de preparação. Quando se deseja obter imagens esplênicas sem interferência do fígado, podem-se usar hemácias autógenas marcadas com enxofre coloidal- ^{99m}Tc ¹⁵. Essa técnica é menos adotada, por ser mais trabalhosa. Bactérias radiomarcadas podem ser empregadas em estudos cintilográficos¹⁶. A função de baços operados foi pesquisada em estudo que avaliou a fagocitose de *Escherichia coli* marcadas com ^{99m}Tc ⁵.

Outro radioisótopo utilizado nos estudos cintilográficos é o pertecnetato de sódio ($\text{Na}^{99m}\text{TcO}_4$), que é obtido pela eluição de ^{99m}Tc em solução salina. O pertecnetato de sódio tem meia vida curta – cerca de seis horas – e sua emissão de energia gama com 140KeV torna-o adequado para o estudo cintilográfico de órgãos^{17,18}. Por ser uma solução salina, não sofre opsonização nem é fagocitada por células do sistema mononuclear fagocitário. A molécula do radioisótopo também é inerte à ação das células de defesa orgânicas, portanto o comportamento desse radiofármaco é de um líquido aquoso iso-osmolar diluído no sangue, sem antigenicidade.

O baço é o único órgão sobre o qual ainda não se tem conhecimento adequado de sua circulação. O objetivo deste trabalho foi avaliar o fluxo sanguíneo vasculoparenquimatoso do baço, com vista à entrada e saída sanguíneas desse órgão, por meio de estudo cintilográfico.

MÉTODOS

Este trabalho foi realizado de acordo com as recomendações das Normas Internacionais de Proteção aos Animais, do Código Brasileiro de Experimentação Animal e do Comitê de Ética em Experimentação Animal da UFMG/CETEA, tendo sido aprovado por este setor^{19,20,21}.

Foram distribuídos aleatoriamente 30 ratos em seis grupos (n=5): Grupo 1 – controle 30 minutos: ratos submetidos à laparotomia e ligadura da aorta, proximal à bifurcação das artérias ilíacas, e injeção intra-aórtica de pertecnetato de sódio. Os animais foram mortos após 30 minutos e submetidos a esplenectomia; Grupo 2 – controle 90 minutos: ratos submetidos à laparotomia e ligadura da aorta, proximal à bifurcação das artérias ilíacas, e injeção

intra-aórtica de pertecnetato de sódio. Os animais foram mortos após 90 minutos e submetidos à esplenectomia; Grupo 3 – baço 30 minutos: ratos submetidos à laparotomia e ligadura da aorta proximal à bifurcação das artérias ilíacas e de seus ramos viscerais, com preservação apenas da artéria esplênica, para conduzir o fluxo do pertecnetato de sódio injetado no sentido do baço. Os animais foram mortos após 30 minutos e submetidos à esplenectomia; Grupo 4 – baço 90 minutos: ratos submetidos à laparotomia e ligadura da aorta, proximal à bifurcação das artérias ilíacas, e de seus ramos viscerais, com preservação apenas da artéria esplênica, para conduzir o fluxo do pertecnetato de sódio injetado no sentido do baço. Os animais foram mortos após 90 minutos e submetidos à esplenectomia; Grupo 5 – baço e estômago 30 minutos: ratos submetidos à laparotomia e ligadura da aorta, proximal à bifurcação das artérias ilíacas e de seus ramos viscerais, com preservação das artérias esplênica e gástrica, para conduzir o fluxo do pertecnetato de sódio no sentido do baço e do estômago. Foram mantidos os vasos esplenogástricos. Os animais foram mortos após 30 minutos e submetidos à esplenectomia; Grupo 6 – baço e estômago 90 minutos: ratos submetidos à laparotomia e ligadura da aorta, proximal à bifurcação das artérias ilíacas e de seus ramos viscerais, com preservação das artérias esplênica e gástrica, para conduzir o fluxo do pertecnetato de sódio no sentido do baço e do estômago. Foram mantidos os vasos esplenogástricos. Os animais foram mortos após 90 minutos e submetidos à esplenectomia.

Após as ligaduras arteriais, os animais receberam injeção de 0,2ml de pertecnetato de sódio na aorta. O tecnécio foi diluído em solução salina estéril, para conter atividade aproximada de 200 μCi em 0,2ml de solução. Seringa de 1ml contendo a solução com o radiofármaco em 0,2ml foi preparada como padrão de dose para que o decaimento radioativo, em função do tempo, pudesse ser levado em consideração na avaliação final.

Após a injeção do material radioativo, iniciou-se o estudo cintilográfico, por meio do aparelho de gamacâmara. Foram confeccionadas imagens estáticas, com período de aquisição de cinco minutos. As imagens foram realizadas imediatamente após a injeção de 0,2ml da solução radioativa na aorta de cada rato e após dez, 20 e 90 minutos.

Após o término da coleta de imagens na gamacâmara (30 minutos ou 90 minutos), ligou-se o pedículo vascular esplênico e o baço foi retirado para contagem radioativa. Os animais foram mortos por sobredosagem de anestésico (200mg/kg de quetamina + 25mg/kg xilazina injetada no peritônio).

Os baços retirados tiveram sua atividade radioativa medida em aparelho contador automático. Foi medida também a atividade radioativa da seringa preparada como padrão de dose. A radiação medida foi expressa em contagens por minuto (cpm), como o percentual da dose injetada por grama de baço (%DI/g). Os resultados foram

obtidos com a divisão da radiação medida no baço, pelo total medido no padrão de dose e dividindo esse resultado pelo peso do baço. Para comparar os pesos dos ratos, foi aplicado o teste de *Mann-Whitney*. Os dados foram apresentados como média, mediana, erro padrão da média, valores mínimo e máximo.

Neste estudo foram realizados três procedimentos cirúrgicos e avaliações em dois tempos (30 e 90 minutos), portanto, foram seis combinações e para cada combinação foram obtidas cinco réplicas. Configurou-se, assim, um experimento fatorial, com análise por meio de modelo linear generalizado. Verificou-se a existência dos procedimentos cirúrgicos (grupos controle, baço, baço e estômago) e dos tempos na variável percentual da dose injetada por grama (%DI/g), além da variável pertecnetato de sódio injetado. Avaliou-se também a existência de efeito da interação entre o tipo de procedimento e o tempo de acompanhamento. Considerou-se o nível de $p < 0,05$ para significância das diferenças entre os grupos, nas variáveis estudadas.

RESULTADOS

Todos os animais toleraram bem a anestesia, evoluindo sem intercorrência durante o tempo de estudo para cada grupo. Os ratos tiveram seu peso medido e a comparação das médias dos pesos entre os grupos não mostrou diferença ($p = 0,106$). Não foi encontrada diferença entre os grupos na quantidade de pertecnetato de sódio injetado (ADM), nem em relação ao percentual da dose injetada por grama (%DI/g), ou nos tempos de estudo (30 e 90 minutos) (Figura 1 e Tabela 1).

As imagens cintilográficas obtidas neste estudo revelaram qualitativamente a captação do fármaco radioativo pela região do baço e do estômago. A comparação das imagens obtidas nos diferentes tempos de estudo indicou que houve diminuição da atividade radioativa na região central toracoabdominal após 90 minutos, com manutenção da captação do radioisótopo na área de estômago e baço. As imagens correspondem principalmente ao estômago, devido à sua afinidade pelo pertecnetato de sódio. A tireoide também captou o radiofármaco, com melhor visibilização após 90 minutos. As figuras 2, 3 e 4 mostram as imagens obtidas em ratos após 30 e 90 minu-

Tabela 1 - Valores p para as variáveis %DI/g e pertecnetato de sódio injetado, pelo modelo linear generalizado.

Parâmetros	%DI/g	Injetado
Tipo de operação	0,990	0,722
Tempo (30 ou 60 minutos)	0,166	0,636
Tipo de operação + tempo	0,991	0,672

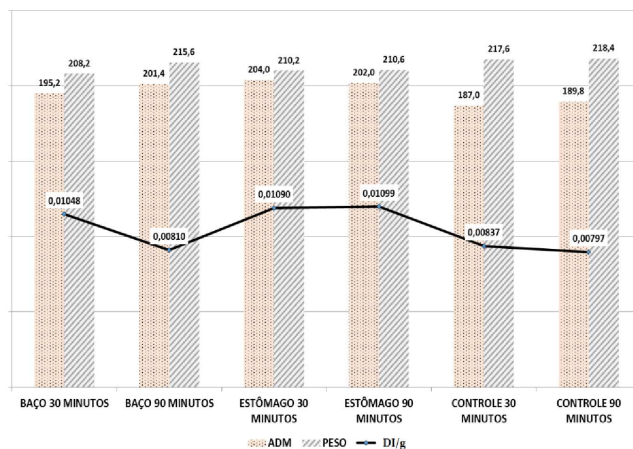


Figura 1 - Comparação entre os valores médios de pertecnetato de sódio injetado (ADM), peso e radiação medida nos baços (%DI/g), dos grupos estudados.

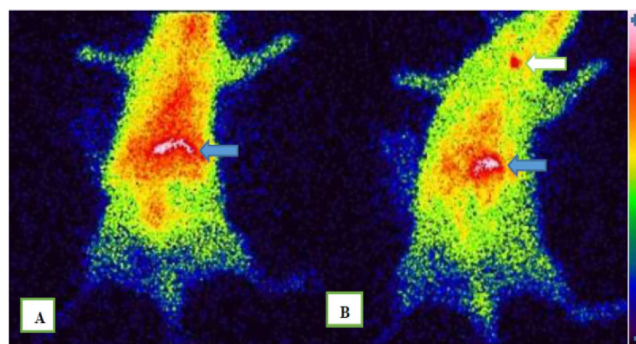


Figura 2 - Cintilografia do rato 2 do grupo baço - 90 minutos.

A) imagem obtida após 20 minutos da injeção do pertecnetato de sódio, com concentração do radioisótopo na região do baço e estômago (seta azul); B) imagem obtida após 90 minutos da injeção do pertecnetato, com concentração do radioisótopo na região de baço e estômago (seta azul) e captação pela glândula tireoide (seta branca). Diminuição da atividade radioativa na região central toracoabdominal.

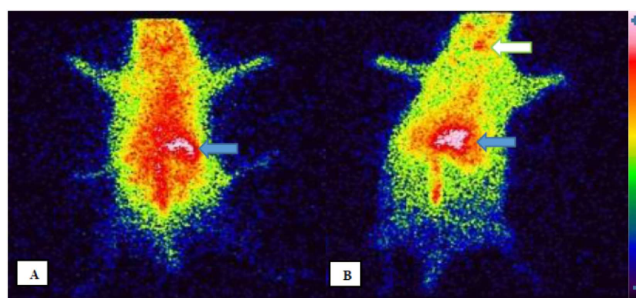


Figura 3 - Imagem obtida em ratos dos grupos estômago e baço (30 e 90 minutos).

A) Imagem do rato 1 do grupo estômago e baço - 30 minutos, após 20 minutos de injeção do pertecnetato de sódio, com maior concentração de radioisótopo na região abdominal (estômago e baço - seta azul); B) Imagem do rato 2 do grupo baço e estômago - 90 minutos, após 90 minutos decorridos da injeção de radioisótopo, mostrando captação na região abdominal (estômago e baço) e também pela glândula tireoide (seta branca). Diminuição da atividade radioativa na região central toracoabdominal.

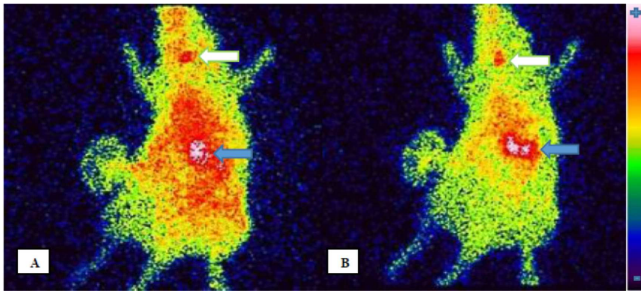


Figura 4 - Imagem obtida no rato 3 do grupo controle - 90 minutos.

Em ambas há a captação do radioisótopo na região abdominal (estômago e baço) e pela glândula tireoide (setas). A) após 20 minutos da injeção do radioisótopo; B) após 90 minutos da injeção do radioisótopo. Diminuição da atividade radioativa na região central toracoabdominal.

tos, com concentração abdominal do radioisótopo na região de baço e estômago, além de captação pela tireoide após 90 minutos. Nesse período, houve distribuição do material radioativo, antes concentrado na região toracoabdominal, com permanência no estômago e glândula tireoide, ambos bem contrastados. Mesmo no grupo em que foram ligados a artéria gástrica esquerda e os vasos esplenogástricos, houve concentração do radiofármaco na região gástrica, indicando que a irrigação proveniente do tórax e esôfago conduziu o pertecnato de sódio ao estômago.

DISCUSSÃO

Este trabalho faz parte de uma linha de pesquisa sobre o baço. Sua relevância deve-se ao fato de ainda não se conhecer o trajeto da circulação vasculoparenquimatosa desse órgão. Os estudos sobre a anatomia e operações esplênicas utilizaram achados de animais, mesclados ao de humanos^{4-10,22}. Ainda que haja diferença na anatomia e fisiologia do baço entre as espécies, os conhecimentos adquiridos em estudos com animais podem auxiliar em pesquisas nos humanos.

O rato foi escolhido para este estudo devido ao seu tamanho, facilidade de manuseio e disponibilidade. A gamacâmara e o contador automático de radiação gama utilizados foram compatíveis com o tamanho dos ratos e de seus baços.

A escolha de animais adultos foi fundamentada em dados que mostraram diferença entre as funções do baço na idade adulta e nos extremos etários, considerando que alterações anatômicas e na circulação poderiam ocorrer também durante a vida dos animais⁶. Foram utilizadas apenas fêmeas, com o intuito de padronizar os grupos e retirar eventuais fatores de confusão.

Existem trabalhos que utilizam o rato, tanto em estudos experimentais no baço quanto com radioisótopos, evidenciando que o modelo é adequado a esta investigação. Steiniger *et al.* encontraram diferenças anatômicas

entre os baços de humanos e de ratos, descrevendo variações estruturais e na composição celular das polpas branca, vermelha e zona perifolicular²². Há diferenças na atividade celular mesmo entre os compartimentos de um único órgão. Matsuno, Fujii e Kotani ressaltaram que, em ratos, os macrófagos da polpa vermelha esplênica exibiam atividade fagocitária intensa para partículas de carbono, enquanto os macrófagos da zona perifolicular apresentavam atividade fagocitária diminuída para as mesmas partículas, sendo, entretanto, responsáveis pela fagocitose de polissacárides²³. O esclarecimento da circulação intraparenquimatosa pode ajudar no entendimento das funções e da dinâmica celular no interior do baço. Outros estudos que utilizaram radioisótopos e aparelhos contadores de radiação, como os desta pesquisa expressaram seus resultados em percentual da dose injetada por grama (%DI/g) do órgão ou tecido avaliado^{17,24}.

As ligaduras arteriais foram realizadas com o intuito de direcionar o fluxo sanguíneo e do radioisótopo injetado para o baço. Com a injeção do material radioativo no sentido do baço foi possível avaliar a distribuição inicial (até 30 minutos), tardia (90 minutos) e também a eliminação desse fármaco. Os grupos "estômago e baço" (30 e 90 minutos) tiveram mantidos o fluxo pela artéria gástrica esquerda e pelos vasos esplenogástricos. A manutenção desses vasos poderia influenciar na chegada do radioisótopo ao baço e também na sua eliminação. O fluxo através dos vasos esplenogástricos parece ocorrer principalmente no sentido estômago baço, como já comprovado pela isquemia segmentar do baço, descrita após ligaduras dos vasos esplenogástricos^{25,26}. A injeção do pertecnato de sódio diretamente na artéria esplênica não foi possível no rato, devido ao pequeno calibre desse vaso.

Os valores das doses de pertecnato injetado não tiveram diferença quando comparados, salientando que os grupos foram homogêneos em relação à radiação administrada. A dose utilizada de 200µCi, equivalente a 7,4MBq, já foi utilizada em outros estudos com ratos, tendo sido adequada para esse modelo animal^{18,27}.

Não foi encontrada diferença na quantidade de radiação presente no baço quando comparados os tipos de operação, inclusive nos grupos controle, nos quais foi mantida toda a circulação esplênica. Uma possível explicação pode ser a circulação do pertecnato de sódio-99mTc pelos demais órgãos, ficando retido ao chegar ao baço. Estudo experimental que avaliou a biodistribuição de pertecnato de sódio por vários órgãos de ratos submetidos à operação de *duodenal switch* indicou captação aumentada pelo baço dos ratos operados, sem, no entanto, ter encontrado as causas para tais achados²⁴.

Outro estudo que avaliou a captação de pertecnato de sódio pelo baço de ratos, após realização de eletroacupuntura em várias frequências, obteve maior captação esplênica nos grupos submetidos ao procedimento quando comparados ao controle²⁷. Outra possível explicação é a quantidade de pertecnato de sódio injetada, que

pode ter sido suficiente para impregnar o baço, mesmo no grupo em que o fluxo não foi direcionado a esse órgão. Uma limitação das técnicas operatórias empregadas é o fato de que os ramos torácicos da aorta não puderam ser ligados, assim como os ramos posteriores e as artérias lombares, não se conseguindo o fluxo exclusivo para o baço.

A comparação da radiação contida no baço, nos tempos diferentes (30 e 90 minutos) entre os grupos submetidos ao mesmo procedimento cirúrgico, também não mostrou diferença, indicando não ter havido eliminação do radiofármaco contido no baço. Esse achado é compatível com a hipótese de que a circulação vasculoparenquimatosa não eflui imediatamente do baço, mas depende de fatores ainda desconhecidos.

A circulação predominantemente aberta do baço pode explicar essa retenção do sangue no parênquima esplênico. A maioria dos estudos na microcirculação esplênica utiliza a injeção de materiais que, ao se distribuírem pelos vasos do parênquima esplênico, revelam o trajeto seguido. Robinson injetou óleos, betume diluído em terebintina, pigmentos e gelatinas para tentar delinear a vascularização no interior do baço de cães. Esse autor considerou gelatina com corante o melhor material e identificou a saída dessa gelatina pelos elipsoides, com distribuição em todas as direções na polpa vermelha antes de alcançar a circulação venosa, reforçando o predomínio da circulação esplênica do tipo aberta¹¹.

Chen injetou microesferas plásticas para estudar a circulação esplênica de coelhos e observou que os dois tipos de circulação coexistiam no baço, com 90% do sangue passando pela circulação aberta¹². Outra pesquisa evidenciou a presença de "fissuras" intraendoteliais, que permitem a saída de elementos dos sinusoides em direção à polpa²⁸.

Neste estudo, o pertecnetato de sódio foi escolhido por não ser um coloide radiomarcado ou de material com partículas antigênicas. O baço remove tais marcadores por fagocitose. Ao contrário do que é observado no estômago e tireoide, não é descrita afinidade específica do baço pelo pertecnetato de sódio. Esse modelo estudou a circulação esplênica, por meio de substância que circula como so-

lução aquosa, sem partículas ou características que promovam sua retenção em células esplênicas. Portanto, o fluxo da solução de pertecnetato é vasculoparenquimatoso.

É possível que haja afinidade do baço pelo radiofármaco utilizado e que sua retenção se dê por mecanismo ainda desconhecido. Porém, a afinidade e o emprego desse radioisótopo em cintilografia são estabelecidos. O mecanismo de captação do pertecnetato é a formação do ânion $^{99m}\text{TcO}_4^-$, que é captado pela *sodium-iodide symporter* (NIS) – uma glicoproteína transmembrana que transporta ativamente ânions para o interior das células (como as células foliculares na tireoide)²⁹. Os órgãos com maior expressão dessa glicoproteína são tireoide, estômago e glândulas salivares. Pesquisa com camundongos mostrou baixa captação e decaimento rápido do pertecnetato no baço, decorrente da baixa expressão da NIS³⁰. A baixa expressão da NIS pelo baço pode reforçar a hipótese de retenção por mecanismos circulatórios formulada nesta investigação.

Em relação às imagens cintilográficas obtidas, foi efetuada apenas análise qualitativa. Optou-se pela não realização de análise quantitativa, por meio de seleção de regiões de interesse (regions of interest – ROI), devido ao estômago ser ávido pelo pertecnetato de sódio e seu acúmulo nesse órgão pode indicar uma falsa retenção no baço, devido à proximidade desses dois órgãos. Mesmo nos grupos em que foi feita a ligadura da artéria gástrica esquerda e dos vasos esplenogástricos, o estômago foi contrastado pelo pertecnetato, provavelmente através de anastomoses entre ramos arteriais, que nutrem o esfago distal e o estômago. A contagem direta da radiação no órgão após a esplenectomia foi mais acurada na avaliação final.

Em conclusão, o fluxo sanguíneo através do baço não é contínuo. O sangue difunde-se pelo parênquima esplênico e sua drenagem venosa é lenta, não seguindo sequência previsível.

Agradecimentos

Os autores agradecem à FAPEMIG e ao CNPQ pelo auxílio financeiro.

A B S T R A C T

Objective: To evaluate the splenic parenchymal blood distribution through scintigraphic study. **Methods:** Thirty Wistar rats were randomly divided into six groups ($n = 5$). Group 1 (spleen – 30 minutes) and Group 2 (spleen – 90 minutes) underwent laparotomy with direction of blood flow to the spleen by ligation of the aorta near the iliac bifurcation and splanchnic vessels, keeping blood flow only in the splenic artery; Group 3 (spleen and stomach – 30 minutes) and Group 4 (spleen and stomach – 90 minutes) underwent laparotomy with direction of blood flow to the spleen and stomach by ligation of the aorta near the iliac bifurcation and splanchnic vessels, maintaining the flow through the splenic, gastric and splenogastric vessels; Group 5 (control – 30 minutes) and Group 6 (control – 90 minutes) underwent laparotomy and ligation of the aorta near the iliac bifurcation, keeping the flow to the abdominal organs. After arterial ligation, the animals received an injection of 0.2 ml of sodium pertechnetate in the aorta. Scintigraphic images were taken and the animals had their spleens removed for radioactivity counting with an automatic counter device. **Results:** There was no difference in the amounts of radiation from the spleen between groups, indicating retention of the radioisotope by the spleen, even after the period of 90 minutes. **Conclusion:** The blood flow through the spleen is not continuous. The blood diffuses through the splenic parenchyma and its venous drainage is slow, not following a predictable sequence.

Key words: Spleen / Irrigation blood. Microcirculation. Splanchnic circulation. Scintigraphy. Mice.

REFERÊNCIAS

- Cortés JA, Gómez Pellico L. Arterial segmentation in the spleen. *Surg Radiol Anat.* 1988;10(4):323-32.
- Gupta CD, Gupta SC, Arora AK, Singh PJ. Vascular segments in human spleen. *J Anat.* 1976;121(Pt 3):613-6.
- Skandalakis PN, Colborn GL, Skandalakis LJ, Richardson DD, Mitchell WE Jr, Skandalakis JE. The surgical anatomy of the spleen. *Surg Clin North Am.* 1993;73(4):747-68.
- Elmore SA. Enhanced histopathology of the spleen. *Toxicol Pathol.* 2006;34(5):648-55.
- Marques RG, Petroianu A, Coelho JM. Bacterial phagocytosis by macrophage of autogenous splenic implant. *Braz J Biol.* 2003;63(3):491-5.
- Petroianu A. Estudo quantitativo da função fagocitária de macrófagos em baços íntegros e em remanescentes de esplenectomia subtotal, em mamíferos. [Tese de livre docência. Disciplina de Gastroenterologia Cirúrgica – Departamento de Cirurgia, Ortopedia e Traumatologia]. Ribeirão Preto/SP: Universidade de São Paulo, Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto; 1993.
- Petroianu A, Veloso DF, Alberti LR, de Souza Vasconcellos L. Plasma lipid alterations after total splenectomy, subtotal splenectomy and splenic auto-implants in rats. *J Gastroenterol Hepatol.* 2008;23(7 Pt 2):e221-4.
- Petroianu A, Pereira TC, Oliveira TAN, Barbosa AJA. Avaliação de diferentes métodos de conservação esplênica para tratar lesão cortante do baço em cão. *Rev Col Bras Cir.* 2004;31(6):364-7.
- Alberti LR, Rocha RF, Caldeira DAM, Petroianu A. Análise de sobrevivência relacionada ao sexo, após esplenectomia, em modelo animal. *Rev Bras Hematol Hemoter.* 2007;29(2):119-22.
- Caldeira DAM, Rocha RF, Alberti LR, Petroianu A. Influência da esplenectomia na capacidade física em ratos. *Rev Bras Hematol Hemoter.* 2005;27(3):197-200.
- Robinson WL. The vascular mechanism of the spleen. *Am J Pathol.* 1926;2(5):341-56.
- Chen LT. Microcirculation of the spleen: an open or closed circulation? *Science.* 1978;201(4351):157-9.
- Ehrlich CP, Papanicolaou N, Treves S, Hurwitz RA, Richards P. Splenic scintigraphy using Tc-99m-labeled heat-denatured red blood cells in pediatric patients: concise communication. *J Nucl Med.* 1982;23(3):209-13.
- Phom H, Kumar A, Tripathi M, Chandrashekar N, Choudhry VP, Malhotra A, et al. Comparative evaluation of Tc-99m-heat-denatured RBC and Tc-99m-anti-D IgG opsonized RBC spleen planar and SPECT scintigraphy in the detection of accessory spleen in postsplenectomy patients with chronic idiopathic thrombocytopenic purpura. *Clin Nucl Med.* 2004;29(7):403-9.
- Menth M, Herrmann K, Haug A, Raziorrouh B, Zachoval R, Jung CM, et al. Intra-hepatic splenosis as an unexpected cause of a focal liver lesion in a patient with hepatitis C and liver cirrhosis: a case report. *Cases J.* 2009;2:8335.
- Diniz SO, Resende BM, Nunan EA, Simal CJ, Cardoso VN. 99m Technetium labelled Escherichia coli. *Appl Radiat Isot.* 1999;51(1):33-6.
- Chacon DA, Araújo-Filho I, Villarim-Neto A, Rêgo AC, Azevedo IM, Bernardo-Filho M, et al. Biodistribution of the radiopharmaceutical sodium pertechnetate ($\text{Na}^{99\text{m}}\text{TcO}_4$) after massive small bowel resection in rats. *Acta Cir Bras.* 2007;22(6):430-5.
- Valenca SS, Lima EA, Dire GF, Bernardo-Filho M, Porto LC. Sodium pertechnetate ($\text{Na}^{99\text{m}}\text{TcO}_4$) biodistribution in mice exposed to cigarette smoke. *BMC Nucl Med.* 2005;5(1):1.
- Petroianu A. Pesquisa experimental. In: Petroianu A, editor. *Ética, Moral e Deontologia Médicas.* Rio de Janeiro: Guanabara Koogan; 2000. p.185-90.
- Rollin BE. The regulation of animal research and the emergence of animal ethics. *Theor Med Bioeth.* 2006;27(4):285-304.
- Marques RG, Morales MM, Petroianu A. Brazilian law for scientific use of animals. *Acta Cir Bras.* 2009;24(1):69-74.
- Steiniger B, Barth P, Herbst B, Hartnell A, Crocker PR. The species-specific structure of microanatomical compartments in the human spleen: strongly sialoadhesin-positive macrophages occur in the perifollicular zone, but not in the marginal zone. *Immunology.* 1997;92(2):307-16.
- Matsuno K, Fujii H, Kotani M. Splenic marginal-zone macrophages and marginal metallophilic cells in rats and mice. *Cell Tissue Res.* 1986;246(2):263-9.
- Araujo-Filho I, Rêgo ACM, Brandão-Neto J, Villarim-Neto A, Egito EST, Azevedo IM, et al. Biodistribution of the radiopharmaceutical sodium pertechnetate after biliopancreatic bypass with a duodenal switch. *Braz arch biol technol.* 2007;50:189-97.
- Driessen C, Paulus GF, Robben SG, Tjon A Tem WE, Van den Neucker A, Verhoeven BH, et al. Splenic size after division of the short gastric vessels in Nissen fundoplication in children. *Pediatr Surg Int.* 2012;28(3):235-8.
- Martinez DG, Sánchez AW, García AP. Splenic abscess after laparoscopic Nissen fundoplication: a consequence of short gastric vessel division. *Surg Laparosc Endosc Percutan Tech.* 2008;18(1):82-5.
- Senna-Fernandes V, França DL, Santos KC, Sousa RS, Silva D, Cortez CM, et al. Effect of Zusanli (ST.36) electroacupuncture at two frequencies on the bioavailability of (99m)Tc-sodium pertechnetate and on labeling of blood constituents in rats. *J Acupunct Meridian Stud.* 2009;2(2):135-46.
- Weiss L. A scanning electron microscopic study of the spleen. *Blood.* 1974;43(5):665-91.
- Boschi F, Pagliuzzi M, Rossi B, Cecchini MP, Gorgoni G, Salgarello M, et al. Small-animal radionuclide luminescence imaging of thyroid and salivary glands with Tc99m-pertechnetate. *J Biomed Opt.* 2013;18(7):76005.
- Zuckier LS, Dohan O, Li Y, Chang CJ, Carrasco N, Dadachova E. Kinetics of perrhenate uptake and comparative biodistribution of perrhenate, pertechnetate, and iodide by Nal symporter-expressing tissues in vivo. *J Nucl Med.* 2004;45(3):500-7. Erratum in: *J Nucl Med.* 2004;45(4):558.

Recebido em 20/10/2013

Aceito para publicação em 05/01/2014

Conflito de interesse: nenhum.

Fonte de financiamento: FAPEMIG e CNPQ.

Endereço para correspondência:

Fábio Gontijo Rodrigues

E-mail: fabiogontijo1@hotmail.com