

DESAFIOS NA IMPLEMENTAÇÃO DA RADIOEMBOLIZAÇÃO COM MICROESFERAS DE ÍTRIO-90 (Y-90) PARA O TRATAMENTO DE NEOPLASIAS HEPÁTICAS: A INTERSECÇÃO CRÍTICA ENTRE A MEDICINA NUCLEAR E A HEMODINÂMICA

CHALLENGES IN THE IMPLEMENTATION OF YTTRIUM-90 (Y-90) MICROSPHERE RADIOEMBOLIZATION FOR THE TREATMENT OF HEPATIC NEOPLASMS: THE CRITICAL INTERSECTION BETWEEN NUCLEAR MEDICINE AND INTERVENTIONAL RADIOLOGY

 <https://doi.org/10.63330/sasciencesv6n2-193>

Submetido em: 03/09/2026 e Publicado em: 15/09/2026

SAS: e26419

Macilene Nazário de Souza e Sá Magalhães

Mestre em Física na Área de Dosimetria e Instrumentação Nuclear/DEN-UFPE
Supervisora de Radioproteção em Medicina Nuclear pela CNEN - ANSN FM 0066
Trabalho No Hospital das Clínicas da Ufpe Administrado pela Ebserh
E-mail: macilene@gmail.com

Resumo

A radioembolização hepática com microesferas carregadas com Ítrio-90 (Y-90), também conhecida como Radioterapia Interna Seletiva (SIRT), consiste em uma modalidade terapêutica consolidada para o tratamento de tumores hepáticos primários e metastáticos irresssecáveis. Apesar de sua eficácia documentada, a implementação rotineira e em larga escala dessa técnica enfrenta desafios práticos, decorrentes principalmente da necessária integração entre a Medicina Nuclear e a Hemodinâmica (Radiologia Intervencionista). Este artigo revisa a literatura científica atual com o objetivo de identificar e discutir as principais barreiras logísticas, técnicas e regulatórias relacionadas a essa intersecção. Os achados apontam que o mapeamento vascular detalhado, a avaliação do *shunt* hepatopulmonar por meio da cintilografia com Tc-99m-MAA, os elevados custos relacionados à aquisição, importação e calibração das fontes radioativas, além da necessidade de equipes multiprofissionais integradas, constituem importantes desafios para a ampliação do procedimento na prática clínica hospitalar.

Palavras-chave: Carcinoma Hepatocelular; Hemodinâmica; Ítrio-90; Medicina Nuclear; Radioembolização.

Abstract

Hepatic radioembolization with Yttrium-90 (Y-90)-loaded microspheres, also known as Selective Internal Radiation Therapy (SIRT), is an established therapeutic modality for the treatment of unresectable primary



and metastatic liver tumors. Despite its documented efficacy, the routine and large-scale implementation of this technique faces practical challenges, mainly arising from the necessary integration between Nuclear Medicine and Interventional Radiology. This article reviews the current scientific literature to identify and discuss the main logistical, technical, and regulatory barriers related to this interdisciplinary interface. The findings indicate that detailed vascular mapping, assessment of the hepatopulmonary shunt using technetium-99m macroaggregated albumin (Tc-99m MAA) scintigraphy, the high costs associated with the acquisition, importation, and calibration of radioactive sources, as well as the need for integrated multidisciplinary teams, represent important challenges to the broader adoption of this procedure in hospital clinical practice.

Keywords: Hepatocellular Carcinoma; Interventional Radiology; Nuclear Medicine; Radioembolization; Yttrium-90.

1 INTRODUÇÃO

O tratamento das neoplasias hepáticas, tanto primárias, como o Carcinoma Hepatocelular (CHC), quanto secundárias, decorrentes de metástases colorretais, representa um importante desafio para a oncologia contemporânea. Em razão do diagnóstico frequentemente tardio e da coexistência de alterações do parênquima hepático, como a cirrose, uma parcela dos pacientes não é elegível para ressecção cirúrgica curativa ou transplante hepático. Nesse contexto, as terapias locorregionais baseadas em cateterismo assumem papel relevante no controle tumoral e no manejo desses pacientes (Weber et al., 2022).

Entre essas técnicas, destaca-se a Radioembolização ou Radioterapia Interna Seletiva (SIRT), realizada com microesferas contendo Ítrio-90 (Y-90). O Y-90 é um radioisótopo emissor de radiação beta, com meia-vida física de aproximadamente 64 horas, utilizado em microesferas de vidro ou resina para administração intra-arterial no tratamento de tumores hepáticos (Weber et al., 2022; Busse et al., 2024).

A utilização dessa modalidade terapêutica fundamenta-se, entre outros aspectos, nas particularidades da vascularização hepática. Enquanto o parênquima hepático normal recebe predominantemente seu suprimento sanguíneo pela circulação portal, os tumores hepáticos apresentam maior dependência do fluxo arterial. Essa característica permite que as microesferas sejam administradas por via intra-arterial e direcionadas preferencialmente ao território tumoral, possibilitando a liberação localizada da radiação (Weber et al., 2022).

Entretanto, a realização da SIRT não depende do domínio de uma única especialidade. O procedimento exige integração entre a Medicina Nuclear, envolvida no planejamento dosimétrico, na manipulação do radioisótopo e na radioproteção, e a Hemodinâmica/Radiologia Intervencionista, responsável pelo acesso arterial, pelo cateterismo seletivo e pelo estudo angiográfico. O planejamento pré-



terapêutico inclui ainda o mapeamento vascular e a avaliação da fração de shunt pulmonar, aspectos fundamentais para o planejamento e a segurança do tratamento (Busse et al., 2024).

Essa atuação conjunta envolve desafios técnicos, logísticos e operacionais que podem dificultar a incorporação e a ampliação do procedimento nos serviços de saúde. Diante desse cenário, este artigo tem como objetivo analisar, por meio de revisão da literatura, os principais desafios relacionados à implementação da radioembolização com microesferas de Ítrio-90 no tratamento das neoplasias hepáticas, com ênfase na integração entre a Medicina Nuclear e a Hemodinâmica/Radiologia Intervencionista, considerando os aspectos técnicos, dosimétricos, logísticos e organizacionais envolvidos no procedimento.

2 METODOLOGIA

O presente estudo consiste em uma revisão narrativa da literatura, de caráter descritivo, desenvolvida com o propósito de reunir e discutir informações relacionadas à radioembolização com microesferas de Ítrio-90 (Y-90) no tratamento de neoplasias hepáticas, com atenção especial aos aspectos que envolvem a atuação integrada da Medicina Nuclear e da Hemodinâmica/Radiologia Intervencionista.

Para a elaboração do estudo, foram consultadas publicações científicas e documentos técnicos relacionados à radioembolização hepática, ao uso terapêutico do Y-90, ao planejamento angiográfico, à dosimetria e à radioproteção. Também foram consideradas diretrizes e recomendações de sociedades científicas e órgãos reguladores pertinentes ao tema, tendo em vista a necessidade de contemplar tanto os aspectos clínicos e técnicos quanto as questões relacionadas à segurança e à organização do procedimento.

A análise do material concentrou-se nos aspectos diretamente relacionados aos objetivos do estudo. Foram considerados, principalmente, o planejamento pré-terapêutico, o mapeamento vascular, a avaliação do *shunt* hepatopulmonar, a administração das microesferas, os modelos dosimétricos, a radioproteção e os desafios logísticos e organizacionais envolvidos na realização da radioembolização.

Após a leitura e análise das publicações selecionadas, as informações foram organizadas por aproximação temática, permitindo discutir os principais desafios encontrados na implementação da técnica e as particularidades da integração entre Medicina Nuclear e Hemodinâmica/Radiologia Intervencionista. A partir dessa organização, os achados foram apresentados e discutidos considerando suas implicações para a segurança do procedimento, a estrutura dos serviços e a ampliação do acesso à radioembolização.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise da literatura evidencia que a implementação da radioembolização com microesferas de Ítrio-90 envolve desafios que ultrapassam a execução isolada do procedimento. Os aspectos identificados concentram-se principalmente na integração entre Medicina Nuclear e Hemodinâmica/Radiologia Intervencionista, no planejamento vascular, na dosimetria, na segurança durante a administração das



microesferas e na organização dos serviços responsáveis pelo tratamento. A necessidade de atuação multidisciplinar é apontada como um dos elementos fundamentais para o planejamento e a realização segura da radioembolização (Weber et al., 2022; Busse et al., 2024).

3.1 A INTERSECÇÃO ENTRE MEDICINA NUCLEAR E HEMODINÂMICA

A trajetória do paciente submetido à Radioembolização ou Radioterapia Interna Seletiva (SIRT) envolve diferentes etapas e profissionais. A Hemodinâmica/Radiologia Intervencionista participa diretamente do mapeamento angiográfico, da avaliação da anatomia arterial e do cateterismo seletivo, enquanto a Medicina Nuclear atua no planejamento da atividade radioativa, na dosimetria, na avaliação por imagem e nas medidas relacionadas à radioproteção. A Física Médica também desempenha papel importante na dosimetria, na verificação da atividade e nos procedimentos de segurança radiológica (Busse et al., 2024).

Essa integração torna necessária uma organização prévia entre os setores envolvidos. A radioembolização não deve ser compreendida apenas como a administração intra-arterial de um material radioativo, mas como um processo composto por planejamento, avaliação da distribuição esperada das microesferas, definição da atividade terapêutica, administração do Y-90 e acompanhamento do procedimento (Weber et al., 2022; Busse et al., 2024).

3.1.1 Etapa de planejamento: simulação com Tc-99m-MAA

O planejamento pré-terapêutico constitui uma etapa importante para a radioembolização. O estudo angiográfico permite avaliar a anatomia arterial hepática e identificar vasos que possam favorecer a distribuição do material para territórios não desejados. Nessa etapa, os macroagregados de albumina marcados com Tecnécio-99m (Tc-99m-MAA) podem ser administrados no território arterial selecionado para estimar a distribuição das microesferas antes da realização do tratamento (Weber et al., 2022; Busse et al., 2024).

A avaliação pela Medicina Nuclear, particularmente com técnicas de imagem como SPECT/CT, contribui para analisar a distribuição do Tc-99m-MAA, estimar a fração de *shunt* pulmonar e identificar possível distribuição extra-hepática. Essas informações auxiliam tanto na avaliação da segurança quanto no planejamento da atividade terapêutica a ser administrada (Weber et al., 2022).

3.1.2 Etapa de infusão terapêutica com Y-90

Após a conclusão do planejamento e a definição da estratégia terapêutica, as microesferas contendo Y-90 são administradas por via intra-arterial no território previamente selecionado. A administração é realizada com orientação por imagem e requer controle cuidadoso do posicionamento do cateter e das



condições do fluxo arterial, buscando favorecer a deposição das microesferas no território tumoral e reduzir sua distribuição para tecidos não alvo (Busse et al., 2024).

A etapa terapêutica reforça a necessidade de articulação entre Radiologia Intervencionista, Medicina Nuclear e Física Médica. Além da administração propriamente dita, devem ser considerados aspectos relacionados à atividade radioativa, à segurança dos profissionais e do paciente e ao gerenciamento adequado dos materiais utilizados durante o procedimento (Busse et al., 2024).

3.2 DIFICULDADES TÉCNICAS E ANATÔMICAS NA HEMODINÂMICA

A anatomia arterial hepática apresenta variações que podem tornar o planejamento e a execução da radioembolização mais complexos. A identificação adequada dos vasos responsáveis pela irrigação do território tumoral e de possíveis comunicações com estruturas extra-hepáticas é essencial para determinar a posição do cateter e reduzir o risco de administração das microesferas em tecidos não alvo.

A deposição extra-hepática das microesferas constitui uma preocupação relevante, uma vez que pode ocasionar exposição radioativa de estruturas gastrointestinais e outras regiões não destinadas ao tratamento. Por esse motivo, o mapeamento angiográfico cuidadoso e a avaliação pré-terapêutica são componentes importantes para a segurança da radioembolização (Weber et al., 2022).

As características das microesferas utilizadas também precisam ser consideradas durante o planejamento e a administração. Existem produtos constituídos por microesferas de vidro e de resina, que apresentam diferenças físicas e de atividade por esfera. Essas particularidades podem influenciar a forma de planejamento e administração do tratamento, reforçando a necessidade de conhecimento específico sobre o dispositivo utilizado em cada serviço (Weber et al., 2022; Busse et al., 2024).

3.3 DOSIMETRIA E LIMITAÇÕES NA MEDICINA NUCLEAR

A dosimetria representa um dos aspectos centrais da radioembolização com Y-90. A definição da atividade a ser administrada deve considerar características relacionadas ao paciente, ao volume hepático tratado, à carga tumoral, à distribuição esperada das microesferas e à fração de *shunt* pulmonar. A literatura recente tem destacado a importância da individualização dosimétrica para otimizar a exposição do tumor e limitar a dose absorvida pelos tecidos não tumorais (Weber et al., 2022).

A evolução dos métodos dosimétricos demonstra uma tendência de substituição de abordagens mais simplificadas por estratégias capazes de considerar a distribuição do radioisótopo entre diferentes compartimentos. Entretanto, a aplicação de métodos mais individualizados depende da disponibilidade de equipamentos, programas computacionais apropriados e profissionais capacitados para o planejamento e a avaliação dosimétrica.



3.3.1 Modelo da Área de Superfície Corporal – BSA

O modelo baseado na Área de Superfície Corporal (*Body Surface Area* – BSA) tem sido tradicionalmente empregado no planejamento de tratamentos com determinadas microesferas de resina. A estimativa considera características corporais e informações relacionadas ao comprometimento tumoral hepático.

Embora seja de aplicação relativamente simples, esse método apresenta limitações por não representar diretamente a distribuição individual da radiação entre o tumor e o parênquima hepático não tumoral. O avanço das estratégias de dosimetria personalizada tem ampliado a discussão sobre as limitações das abordagens baseadas predominantemente em parâmetros corporais (Weber et al., 2022).

3.3.2 Modelo de Partição

O modelo de partição representa uma abordagem mais individualizada, na qual diferentes compartimentos, como tecido tumoral, parênquima hepático não tumoral e pulmões, podem ser considerados separadamente. A distribuição estimada do radioisótopo entre esses compartimentos permite avaliar de maneira mais específica a relação entre atividade administrada e dose absorvida.

Essa abordagem possibilita melhor individualização do planejamento, embora dependa de segmentação adequada das imagens e de informações confiáveis sobre a distribuição do radiofármaco. Dessa maneira, sua utilização exige maior integração entre Medicina Nuclear, Física Médica e os profissionais responsáveis pela avaliação das imagens (Weber et al., 2022).

3.3.3 Dosimetria personalizada e avaliação tridimensional

O desenvolvimento de métodos tridimensionais e baseados em voxel tem ampliado as possibilidades de avaliação da distribuição espacial da dose absorvida. Essas abordagens podem utilizar informações obtidas por técnicas de imagem para estimar diferenças na distribuição da radiação dentro do tumor e do parênquima hepático.

Apesar de apresentarem potencial para uma caracterização mais individualizada da dose, sua implementação envolve desafios relacionados à aquisição e processamento das imagens, segmentação, calibração dos equipamentos, disponibilidade de programas específicos e capacitação profissional. Dessa forma, a incorporação desses métodos depende da estrutura técnica disponível em cada serviço (Weber et al., 2022).

3.4 DESAFIOS LOGÍSTICOS, ORGANIZACIONAIS E SOCIOECONÔMICOS

Além dos aspectos clínicos e dosimétricos, a radioembolização apresenta particularidades logísticas relacionadas ao caráter radioativo das microesferas e à necessidade de coordenação entre diferentes setores.



O Y-90 possui meia-vida física de aproximadamente 64 horas, o que exige planejamento adequado da atividade e organização entre recebimento, preparação e realização do procedimento (Weber et al., 2022; Busse et al., 2024).

A radioproteção constitui outro componente relevante. A preparação e a administração do Y-90 requerem procedimentos institucionais voltados à segurança do paciente e dos profissionais, incluindo controle da atividade, monitoramento, gerenciamento de materiais e resíduos radioativos e cumprimento das normas aplicáveis. A implantação de um programa de radioembolização exige, portanto, estrutura adequada e profissionais devidamente treinados (Busse et al., 2024).

Outro desafio está relacionado à articulação entre as agendas dos diferentes setores. O planejamento angiográfico, os exames de Medicina Nuclear, o cálculo da atividade, a disponibilidade das microesferas e a realização do procedimento precisam ser coordenados. Falhas nessa organização podem ocasionar atrasos e dificuldades operacionais, especialmente em serviços nos quais os equipamentos e equipes atendem simultaneamente a outras demandas.

Os aspectos econômicos também devem ser considerados. A realização da radioembolização envolve custos relacionados às microesferas, aos procedimentos angiográficos, aos exames de imagem, à dosimetria, à infraestrutura de radioproteção e à participação de profissionais especializados. Essas exigências podem representar uma barreira para a ampliação da técnica, principalmente em serviços com menor disponibilidade de recursos tecnológicos e humanos.

De maneira geral, os achados demonstram que os desafios da radioembolização com Y-90 não se concentram em uma única etapa. A segurança e a efetividade do procedimento dependem da integração entre planejamento angiográfico, avaliação pela Medicina Nuclear, dosimetria, administração das microesferas, radioproteção e organização institucional. Assim, a consolidação da técnica exige não apenas disponibilidade tecnológica, mas também protocolos bem definidos e atuação coordenada entre os profissionais envolvidos (Weber et al., 2022; Busse et al., 2024).

A análise dos aspectos técnicos, dosimétricos, logísticos e organizacionais demonstra que as dificuldades relacionadas à implementação da radioembolização com Y-90 estão distribuídas entre diferentes etapas do procedimento. Essas limitações envolvem desde o planejamento angiográfico e a avaliação pela Medicina Nuclear até a disponibilidade de infraestrutura, recursos especializados e organização dos serviços. A Tabela 1 apresenta uma síntese das principais barreiras discutidas ao longo desta revisão e de suas possíveis repercussões na prática clínica.



Tabela 1 – Síntese dos principais desafios relacionados à implementação da radioembolização com Y-90

Dimensão	Barreira Identificada	Impacto Clínico Direto	Diretriz / Solução
Hemodinâmica	Variantes anatômicas e fistulas extra-hepáticas.	Risco de refluxo, gastroduodenite actínica grave e subdosagem tumoral por interrupção	Embolização mecânica preventiva de vasos colaterais.
Medicina Nuclear	Superestimação ou artefatos no <i>shunt</i> pulmonar via MAA.	Superdosagem pulmonar levando à pneumonite por radiação	Aquisição obrigatória de SPECT/CT em detrimento do plano 2D.
Logística / Física	Decaimento rápido do Y-90 ($T_{1/2} = 64,1h$) e logística internacional, Necessidade de conciliar agendas de duas salas cirúrgicas/exames	Perda da atividade calibrada (levando ao risco de REILD (insuficiência hepática) ou cancelamento do procedimento; Atraso no início do tratamento; perda da janela de calibração do rádiofarmaco	Cronograma síncrono rígido entre entrega e agendamento de sala.
Socioeconômica	Custo altíssimos de softwares e das microesferas.	Restrição do acesso em países em desenvolvimento. Falta de cobertura universal pelos sistemas públicos	Inclusão em tabelas públicas baseada em custo-efetividade.

Fonte: Elaborado pelos autores com base em Weber et al. (2022) e Busse et al. (2024).

De modo geral, observa-se que os desafios associados à radioembolização com Y-90 não estão restritos a uma única especialidade ou etapa do tratamento. O planejamento angiográfico, a avaliação pela Medicina Nuclear, a dosimetria, a administração das microesferas, a radioproteção e a organização institucional são componentes interdependentes. Nesse sentido, a implementação segura do procedimento requer integração entre as equipes envolvidas, definição de protocolos institucionais e disponibilidade de recursos técnicos e humanos compatíveis com a complexidade da terapia. A atuação articulada entre Medicina Nuclear, Radiologia Intervencionista e Física Médica constitui, portanto, um elemento relevante para a organização e execução da radioembolização (Weber et al., 2022; Busse et al., 2024).

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A radioembolização com microesferas de Ítrio-90 representa uma importante modalidade terapêutica para pacientes com neoplasias hepáticas selecionadas, especialmente em situações nas quais outras possibilidades de tratamento apresentam limitações. Entretanto, sua implementação exige mais do que a disponibilidade do radioisótopo e da estrutura necessária para o procedimento, uma vez que envolve diferentes etapas de planejamento, execução e acompanhamento.

A análise da literatura demonstrou que os principais desafios estão relacionados à necessidade de integração entre Medicina Nuclear, Hemodinâmica/Radiologia Intervencionista e Física Médica, além das dificuldades associadas ao planejamento angiográfico, à dosimetria, à radioproteção e à organização logística do tratamento. A realização segura da radioembolização depende, portanto, de uma atuação multiprofissional coordenada e da definição de protocolos institucionais capazes de integrar as diferentes



etapas do procedimento.

Além dos aspectos técnicos, a disponibilidade de infraestrutura especializada, profissionais capacitados e recursos tecnológicos constitui um fator relevante para a incorporação da radioembolização nos serviços de saúde. Nesse sentido, o fortalecimento da capacitação profissional e da organização dos fluxos assistenciais pode contribuir para uma utilização mais segura e estruturada dessa modalidade terapêutica.

Como perspectiva futura, o aprimoramento das estratégias de planejamento e dosimetria personalizada, associado à maior integração entre as especialidades envolvidas, poderá contribuir para o aperfeiçoamento da radioembolização com Y-90. Estudos futuros também poderão aprofundar a análise das barreiras econômicas e estruturais relacionadas à implementação da técnica, especialmente em diferentes contextos hospitalares e sistemas de saúde.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BUSSE, N. C.; AL-GHAZI, M. S. A. L.; ABI-JAOUDEH, N.; et al. AAPM Medical Physics Practice Guideline 14.a: Yttrium-90 microsphere radioembolization. **Journal of Applied Clinical Medical Physics**, v. 25, n. 2, e14157, 2024. DOI: 10.1002/acm2.14157.

CHIESA, C.; SJOGREEN-GLEISNER, K.; WALRAND, S.; et al. EANM dosimetry committee series on standard operational procedures: a unified methodology for 99mTc-MAA pre- and 90Y peri-therapy dosimetry in liver radioembolization with 90Y microspheres. **EJNMMI Physics**, v. 8, n. 1, art. 77, 2021. DOI: 10.1186/s40658-021-00394-3.

COMISSÃO NACIONAL DE ENERGIA NUCLEAR (CNEN). **Norma CNEN NN 3.01**: Requisitos básicos de radioproteção e segurança radiológica de fontes de radiação. Rio de Janeiro: CNEN, 2024.

COMISSÃO NACIONAL DE ENERGIA NUCLEAR (CNEN). **Norma CNEN NN 6.02**: Licenciamento de instalações radiativas. Rio de Janeiro: CNEN.

GARIN, E.; TSELIKAS, L.; GUIU, B.; et al. Personalised versus standard dosimetry approach of selective internal radiation therapy in patients with locally advanced hepatocellular carcinoma (DOSISPHERE-01): a randomised, multicentre, open-label phase 2 trial. **The Lancet Gastroenterology & Hepatology**, v. 6, n. 1, p. 17–29, 2021. DOI: 10.1016/S2468-1253(20)30290-9.

KAPPADATH, S. C.; et al. A global evaluation of advanced dosimetry in transarterial radioembolization of hepatocellular carcinoma with Yttrium-90: the TARGET study. **European Journal of Nuclear Medicine and Molecular Imaging**, 2022.

KENNEDY, A.; NAG, S.; SALEM, R.; et al. Recommendations for radioembolization of hepatic malignancies using yttrium-90 microsphere brachytherapy: a consensus panel report from the Radioembolization Brachytherapy Oncology Consortium. **International Journal of Radiation Oncology, Biology, Physics**, v. 68, n. 1, p. 13–23, 2007. DOI: 10.1016/j.ijrobp.2006.11.060.



RAMAN, S. S.; et al. Yttrium-90 radioembolization is cost effective in intrahepatic cholangiocarcinoma: a SEER Medicare population study. **Journal of Vascular and Interventional Radiology**, v. 30, n. 3, p. 293–297, 2019. DOI: 10.1016/j.jvir.2018.07.033.

SALEM, R.; JOHNSON, G. E.; KIM, E.; et al. Yttrium-90 radioembolization for the treatment of solitary, unresectable HCC: the LEGACY study. **Hepatology**, v. 74, n. 5, p. 2342–2352, 2021. DOI: 10.1002/hep.31819.

SALEM, R.; LEWANDOWSKI, R. J.; GATES, V. L.; et al. Research reporting standards for radioembolization of hepatic malignancies. **Journal of Vascular and Interventional Radiology**, v. 22, n. 3, p. 265–278, 2011. DOI: 10.1016/j.jvir.2010.10.029.

SALEM, R.; PADIA, S. A.; LAM, M.; et al. Clinical, dosimetric, and reporting considerations for Y-90 glass microspheres in hepatocellular carcinoma: updated 2022 recommendations from an international multidisciplinary working group. **European Journal of Nuclear Medicine and Molecular Imaging**, v. 50, n. 2, p. 328–343, 2023. DOI: 10.1007/s00259-022-05956-w.

WEBER, M.; LAM, M.; CHIESA, C.; et al. EANM procedure guideline for the treatment of liver cancer and liver metastases with intra-arterial radioactive compounds. **European Journal of Nuclear Medicine and Molecular Imaging**, v. 49, p. 1682–1699, 2022. DOI: 10.1007/s00259-021-05600-z.