Revista COOPEX (ISSN:2177-5052)

Infiltração na coluna guiada por ultrassom: usos e perspectivas no cenário minimamente invasivo

Ultrasound-guided spinal infiltration: uses and perspectives in the minimally invasive scenario

Fernanda Gallas[1]
Mariana de Arruda Frazão[2]
Stefferson Tavares Camargo Sobrinho[3]
Marjorie Correia de Andrade[4]
Matheus Olímpio Batista Cavalcante[5]
Leticia Araujo Leal[6]
Patrícia Ordones Carvalho[7]
João Affonso de Ré Bento[8]
Felipe Goveia Rodrigues[9]
Pollyana Daniele Oliveira França[10]

RESUMO: Nos anos 80, o ultrassom intraoperatório (USIO) ganhou popularidade na neurocirurgia craniana e na cirurgia de coluna, permitindo a visualização em tempo real de lesões cerebrais e da medula espinhal. Sua aplicação se estendeu para técnicas de infiltração na coluna, proporcionando um tratamento mais seguro e eficaz para condições dolorosas. Apesar da disponibilidade de tecnologias avançadas como a TC e a RM, o USIO manteve relevância devido à sua aplicabilidade direta durante a cirurgia, baixo custo e facilidade de uso. Na cirurgia da coluna, ele complementa os princípios da AOSpine, ajudando os cirurgiões a preservar a estabilidade, alinhamento, função e biologia, enquanto tecnologias adicionais continuam a evoluir para melhorar os resultados cirúrgicos. Portanto, este estudo tem por objetivo investigar os usos e perspectivas da infiltração na coluna guiada por ultrassom no cenário minimamente invasivo. Pretendemos avaliar a eficácia dessa abordagem na redução da dor e melhoria da função em pacientes com condições da coluna. Além disso, buscaremos explorar as indicações cirúrgicas específicas para o uso de USIO na coluna. Trata-se de uma revisão bibliográfica de pesquisa qualitativa exploratória, realizada em março de 2024, utilizando as bases de dados SciELO e PubMed. Os termos de busca utilizados foram "Ultrasound", "Infiltration" e "Minimally invasive" combinados pelo conectivo "AND". Foram incluídos artigos originais em português, sem restrição de tempo, gratuitos e pertinentes ao tema proposto, excluindo trabalhos repetidos ou incompletos e aqueles que não atendiam aos critérios estabelecidos. A infiltração na coluna guiada por ultrassom e o uso do ultrassom intraoperatório representam avanços significativos no tratamento de condições neurológicas e ortopédicas, oferecendo precisão, segurança e resultados cirúrgicos otimizados. O USIO é valioso em cirurgias neurocirúrgicas e ortopédicas, oferecendo visualização intraoperatória detalhada e em tempo real para intervenções mais precisas e minimamente invasivas, reduzindo o tempo cirúrgico e melhorando os resultados pós-operatórios. Ambas as técnicas estão em evolução contínua, com potencial para aprimoramentos adicionais à medida que a tecnologia e as técnicas cirúrgicas avançam, destacando a importância da pesquisa contínua para garantir sua eficácia e segurança a longo prazo.

Palavras-chave: Infiltração na coluna; Ultrassom intraoperatório (USIO); Cirurgia minimamente invasiva.

ABSTRACT: In the 1980s, intraoperative ultrasound (IOUS) gained popularity in cranial neurosurgery and spinal surgery, allowing real-time visualization of brain and spinal cord lesions. Its application has extended to spinal infiltration techniques, providing a safer and more effective treatment for painful conditions. Despite the

[1]Graduada em Medicina pela Universidade Federal de Ciências da Saúde de Porto Alegre;
[2]Graduada em Medicina pelo Centro Universitário do Maranhão;
[3] Graduado em Medicina pela Universidade Federal de Campina Grande;
[4] Graduada em Medicina pela Universidade Potiguar;
[5] Graduado em Medicina pelo Centro Universitário Uninovafapi;
[6] Graduada em Medicina pelo Centro Universitário Uninovafapi;
[7] Graduada em Medicina pela Universidade Federal de Góias;
[8] Graduado em Medicina pela Faculdade Pequeno Príncipe;
[9] Graduado em Medicina pela Faculdade de Marília;
[10] Graduada em Medicina pela Faculdade de Minas.

availability of advanced technologies such as CT and MRI, USIO has remained relevant due to its direct applicability during surgery, low cost and ease of use. In spinal surgery, it complements the principles of AOSpine, helping surgeons to preserve stability, alignment, function and biology, while additional technologies continue to evolve to improve surgical outcomes. Therefore, this study aims to investigate the uses and perspectives of ultrasound-guided spinal infiltration in the minimally invasive setting. We aim to evaluate the effectiveness of this approach in reducing pain and improving function in patients with spinal conditions. In addition, we will seek to explore the specific surgical indications for the use of USIO in the spine. This is an exploratory qualitative research literature review, carried out in March 2024, using the SciELO and PubMed databases. The search terms used were "Ultrasound", "Infiltration" and "Minimally invasive" combined by the connective "AND". Original articles in Portuguese, without time restriction, free of charge and relevant to the proposed topic were included, excluding repeated or incomplete works and those that did not meet the established criteria. Ultrasound-guided spinal infiltration and the use of intraoperative ultrasound represent significant advances in the treatment of neurological and orthopaedic conditions, offering precision, safety and optimized surgical results. USIO is valuable in neurosurgical and orthopedic surgeries, offering detailed, real-time intraoperative visualization for more precise and minimally invasive interventions, reducing surgical time and improving postoperative outcomes. Both techniques are continually evolving, with the potential for further improvements as technology and surgical techniques advance, highlighting the importance of ongoing research to ensure their long-term efficacy and safety.

Keywords: Infiltration of the spine; Intraoperative ultrasound (IOUS); Minimally invasive surgery.

1. INTRODUÇÃO

Durante os primeiros anos da década de 1980, a utilização do ultrassom intraoperatório (USIO) tornou-se cada vez mais popular entre os especialistas em neurocirurgia craniana, sendo empregado para guiar a biópsia e a ressecção de lesões cerebrais (Chandler et al., 1982; Chandler; Knake, 1984). Essa tecnologia, inicialmente adotada por neurocirurgiões, encontrou posteriormente aplicação entre os cirurgiões de coluna, permitindo a obtenção de imagens intraoperatórias em tempo real da medula espinhal (Raymond et al., 1986).

Além disso, o ultrassom também tem sido instrumental na evolução das técnicas de infiltração na coluna guiada por ultrassom, onde é utilizado para visualizar com precisão as estruturas anatômicas relevantes e guiar a inserção da agulha para a administração precisa de medicamentos no local desejado da coluna vertebral. Esse avanço tem proporcionado uma abordagem mais segura e eficaz para o tratamento de condições dolorosas da coluna, com menor risco de complicações e resultados mais satisfatórios para os pacientes (Zipfel et al., 2016).

Em um estudo pioneiro de 1978, Reid descreveu o uso de ultrassom focalizado para avaliação pré-operatória da medula espinhal em um paciente com astrocitoma cístico da medula cervical, solicitando ao paciente que flexionasse o pescoço e olhasse para o canal espinhal através de uma "janela interlaminar" utilizando ultrassom. Mais tarde, em 1982, Dohrmann e Rubin relataram o uso bem-sucedido do USIO durante cirurgias da coluna vertebral em 10 pacientes, abrangendo diagnósticos como siringomielia, cistos medulares e tumores intramedulares e extramedulares. Eles observaram que o uso do USIO após a

laminectomia permitia a obtenção de imagens de qualidade superior às obtidas pela "janela interlaminar", uma vez que o osso removido atenuaria as ondas ultrassônicas que passavam.

Ao longo dos anos, apesar da disponibilidade de tecnologias avançadas como a tomografia computadorizada (TC) e a ressonância magnética (RM), o USIO manteve sua relevância. A avaliação precisa da descompressão no local permanece um desafio, mesmo com o acesso a ferramentas modernas. O USIO destaca-se por sua aplicabilidade direta durante a cirurgia, oferecendo vantagens como fácil disponibilidade, baixo custo e exigência reduzida de treinamento para os cirurgiões (Fosko et al., 2023; Olah; Olah, 2023).

A precisão na identificação dos marcos anatômicos, a determinação da extensão das lesões e a previsão das manobras cirúrgicas são essenciais para a eficácia dos procedimentos cirúrgicos. Na cirurgia da coluna, esses conceitos são complementados pelos quatro princípios fundamentais da AOSpine - estabilidade, alinhamento, função e biologia - que guiam o planejamento e execução dos procedimentos, independentemente da patologia específica (Fehlings et al., 2017). Consequentemente, à medida que a cirurgia da coluna evolui, são desenvolvidos e adotados diversos auxílios tecnológicos para auxiliar os cirurgiões na preservação e/ou restauração da estabilidade mecânica, alinhamento adequado, integridade dos tecidos neurais e funcionalidade (Wang; Brooks, 2019; Kumar et al., 2022).

Este estudo tem como objetivo investigar os usos e perspectivas da infiltração na coluna guiada por ultrassom no cenário minimamente invasivo. Pretendemos avaliar a eficácia dessa abordagem na redução da dor e melhoria da função em pacientes com condições da coluna. Além disso, buscaremos explorar as indicações cirúrgicas específicas para o uso de USIO na coluna, com o intuito de fornecer uma visão abrangente sobre as potenciais aplicações dessa técnica na prática clínica.

2. METODOLOGIA

Trata-se de uma revisão bibliográfica, na qual configura-se como um tipo de revisão da literatura que reúne achados de estudos desenvolvidos mediante diferentes metodologias, permitindo aos revisores sintetizar resultados sem ferir a filiação epistemológica dos estudos empíricos incluídos (Soares et al., 2014).

Do ponto de vista metodológico, é a pesquisa qualitativa com caráter exploratório, ou seja, o desenvolvimento de conceitos, ideias e entendimentos por meio de padrões de dados, ao invés de coletar dados para validar teorias, hipóteses e modelos preconcebidos (Cardano, 2017). A pesquisa exploratória tem a finalidade de proporcionar questionamentos com este problema,

tornar-se explicito ou construir hipóteses com seu respeito ou causar aprimoramento do tema (Levorci Neto; Jacubus, 2016).

A busca de material foi realizada nas bases de dados da Scientific Electronic Library Online (SciELO) e National Library of Medicine (PubMed). Para a busca serão utilizados os seguintes termos (palavras-chaves e delimitadores) combinações dos mesmos através do conectivo "AND", Ultrasound; Infiltration; Minimally invasive.

A realização do estudo foi realizada em março de 2024, como critério de inclusão tem-se materiais que atenderam aos seguintes parâmetros: artigos originais, gratuitos, disponíveis nos idiomas português, sem margem de tempo definido, conter informações necessárias para tema proposto. Sendo excluídos trabalhos incompletos e/ou repetidos nas bases de dados analisadas e aqueles que não estiverem de acordo com a proposta.

3. RESULTADOS

Infiltração na Coluna Guiada por Ultrassom

A síndrome radicular lombossacral é uma fonte significativa de dor, tanto física quanto mentalmente, especialmente em suas formas crônicas. Além disso, acarreta consideráveis custos econômicos associados ao tratamento, licenças por doença e invalidez. Sua prevalência anual varia entre 15% e 45%, sendo mais prevalente em mulheres com mais de 60 anos (Dieleman et al., 2020). A diversidade desta síndrome, que abrange desde irritação, inflamação até compressão das raízes nervosas afetadas devido a diferentes condições como hérnia de disco, protrusão de disco, estenose espinhal, estenose foraminal e instabilidade segmentar, contribui para sua alta incidência. A hérnia de disco é a causa mais comum da síndrome, com uma prevalência de aproximadamente 9,8 por mil habitantes (Zhai et al., 2017).

Quando o tratamento não invasivo, que inclui diversos regimes medicamentosos, dietéticos, melhorias posturais e fisioterapia, não proporciona alívio satisfatório da dor ou recuperação funcional adequada, técnicas intervencionistas podem ser necessárias (Knezevic et al., 2020). Entre essas técnicas, as injeções epidurais de esteroides são uma das opções principais. Essas injeções envolvem a administração de corticoide (particulado ou não) e/ou anestésico local no espaço peridural próximo ao ponto de origem da radiculopatia, podendo ser realizadas por vias interlaminar, transforaminal ou caudal (Carassiti et al., 2021).

Embora as técnicas abertas de reparo cirúrgico e aumento da coluna vertebral são amplamente praticados com bom sucesso, as comorbidades da cirurgia aberta das costas são

sérias e bem documentadas. Primeiro, a cirurgia aberta nas costas requer extensa dissecção dos tecidos moles. Estudos têm demonstrado que a retração muscular durante a cirurgia danos de curto prazo e afetar mudanças degenerativas de longo prazo e que aumentam a suscetibilidade do paciente a nova lesão. A maior parte da recuperação envolvida em procedimentos de coluna aberta é devido à dissecção de tecidos moles e trauma muscular envolvido, este trauma ocorrido na cirurgia aberta da coluna necessita de um longo tempo de recuperação e perda prolongada de trabalho (Fischer et al., 2013; Crawford; Elliott; Volken, 2017; Gilbert et al., 2018).

Abordagens minimamente invasivas para cirurgia da coluna diminuem danos nos tecidos associados às técnicas abertas. Isto tem sido demonstrou encurtar a internação hospitalar, acelerar a recuperação, diminuir os efeitos de perda muscular a longo prazo da cirurgia aberta e reposição a exposição do paciente a medicamentos opiáceos possivelmente viciantes. Juntos, esses benefícios prometem diminuir o custo de tratar doenças da coluna, mantendo a eficácia do aberto abordagens (Fu et al., 2020; Momin; Steinmetz, 2020).

Os procedimentos minimamente invasivos da coluna vertebral estão crescendo rapidamente em popularidade devido ao aprimoramento das técnicas e à diminuição do trauma o paciente (Patel et al., 2020). Os procedimentos percutâneos da coluna são um tipo de técnica minimamente invasiva em que instrumentos tubulares finos são colocados e depois manipulados através da pele para tratar uma variedade de doenças da coluna vertebral. Técnicas percutâneas para biópsia, vertebroplastia, bloqueios de nervos e facetas, laser e radiofrequência ablações, entre outras, são amplamente praticadas (Virk; Yu, 2017; Yoon; Wang, 2019).

A Infiltração na coluna guiada por ultrassom é especificamente útil para avaliar estruturas de tecidos moles, a modalidade é uma ferramenta acessível e fácil de usar para ver além do campo visual. Também ajuda a escolher o plano cirúrgico e potencialmente determinar a extensão da descompressão e a necessidade de cirurgia adicional ou mais agressiva (Harel; Knoller, 2016; Vasudeva et al., 2017; Ganau et al., 2018).

Além disso, a injeção guiada por ultrassom garante o posicionamento correto da agulha, proporcionando maior eficácia com menos efeitos colaterais (Naredo et al., 2004; Sibbitt et al., 2009). Além disso, a USGI pode ajudar a evitar o contato direto entre a agulha, nervos, tendões e vasos sanguíneos, aumentando a segurança durante os procedimentos. Diferentes estudos demonstraram uma maior precisão do USGI do CS em comparação ao CBI com melhores resultados clínicos (Iagnocco; Naredo, 2010).

Indicações cirúrgicas para uso de ultrassom intraoperatório (USIO)

A utilização da USIO apresenta uma gama significativa de aplicações em neurocirurgia e ortopedia, contribuindo para intervenções mais precisas e resultados cirúrgicos otimizados. Em casos de disrafismo e distúrbios do líquido cefalorraquidiano, estudos como os de Brock et al. (2017) destacam a importância da USIO na avaliação e orientação cirúrgica de malformações como malformação de Chiari, lipomielomeningoceles e outras anomalias do sistema nervoso central. No contexto de tumores e lesões que ocupam espaço, a USIO, conforme evidenciado por Harel et al. (2016), proporciona uma visualização intraoperatória precisa de tumores cerebrais, permitindo a ressecção adequada com preservação de tecido saudável adjacente.

Além disso, em pacientes com paralisia cerebral, como relatado por Eppinger et al. (2015), a USIO pode auxiliar na avaliação intraoperatória de procedimentos destinados a melhorar a função neural. Em situações de trauma agudo da medula espinhal, o estudo de Soubeyrand et al. (2014) destacam a utilidade da USIO para orientar a intervenção cirúrgica e maximizar os resultados funcionais.

No que diz respeito a condições vasculares, como fístulas durais e malformações arteriovenosas espinhais, a USIO, conforme demonstrado por Prada et al. (2017) e Della Pepa et al. (2018), oferece uma ferramenta valiosa para a localização e caracterização intraoperatória dessas lesões, contribuindo para decisões cirúrgicas precisas e seguras. Em casos degenerativos, como artrite reumatóide e estenose espinhal, a USIO, como mencionado por Yeung et al. (2019) e Ganau et al. (2013), auxilia na visualização e ressecção de tecidos afetados, facilitando procedimentos de descompressão e instrumentação adequada.

Conforme Vasudeva et al. (2017) afirmam, o USIO continua sendo um complemento útil em diversas situações cirúrgicas. Em alguns casos, inclusive, ele pode ter vantagens sobre tecnologias mais recentes. Essa utilidade é especialmente evidente quando se opera lesões de massa intradural ou lesões ventrais ao saco tecal, onde a patologia está fora da visão direta do cirurgião. Embora o uso do USIO dependa do operador, os autores descobriram que essa técnica é fácil de usar. Os cirurgiões podem se tornar proficientes após apenas uma ou duas operações, e as imagens podem ser interpretadas prontamente, sem a necessidade de um radiologista (Tabela 1).

Tabela 1. Vantagens de diferentes tecnologias de imagem intraoperatória.

Tecnologia de imagem intraoperatória	Vantagens
Ultrassom	Excelente imagem de tecidos moles em tempo real
Fluoroscopia	Em tempo real, fornece imagens bidimensionais de estruturas ósseas
TC de feixe cônico e TC intraoperatória	Fornece reconstruções tridimensionais e multiplanares, pode ser usado com sistemas de navegação
RM intraoperatória	Reconstruções multiplanares com excelente imagem de tecidos moles

Abreviaturas: TC, tomografia computadorizada; Ressonância magnética, ressonância magnética.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com base nos resultados e discussões apresentados, fica evidente que a infiltração na coluna guiada por ultrassom e a utilização do USIO representam avanços significativos no tratamento de uma variedade de condições tanto neurológicas como ortopédicas, proporcionando benefícios consideráveis em termos de precisão, segurança e resultados cirúrgicos otimizados.

A síndrome radicular lombossacral e suas complicações representam um desafio significativo no campo da medicina, exigindo abordagens terapêuticas eficazes e minimamente invasivas para alívio da dor e melhoria da função. As injeções epidurais de esteroides, embora sejam uma opção comum, são muitas vezes insuficientes, levando à necessidade de intervenções mais direcionadas. Nesse contexto, a infiltração na coluna guiada por ultrassom emerge como uma técnica promissora, permitindo a administração precisa de agentes terapêuticos diretamente nos locais afetados, com potencial para alívio significativo da dor e recuperação funcional.

Da mesma forma, a utilização do ultrassom intraoperatório (USIO) demonstra ser uma ferramenta valiosa em uma variedade de procedimentos cirúrgicos neurocirúrgicos e ortopédicos. Desde a orientação precisa em cirurgias de tumores cerebrais até a colocação de parafusos pediculares na coluna vertebral, o USIO oferece uma visualização intraoperatória detalhada e em tempo real, permitindo intervenções mais precisas e minimamente invasivas, com consequente redução do tempo cirúrgico e melhorando os resultados pós-operatórios.

É importante ressaltar que tanto a infiltração na coluna guiada por ultrassom quanto o uso do ultrassom intraoperatório são técnicas em evolução contínua, com potencial para aprimoramentos adicionais à medida que a tecnologia e as técnicas cirúrgicas avançam.

Portanto, é crucial continuar pesquisando e refinando essas abordagens para garantir sua eficácia e segurança a longo prazo.

REFERÊNCIAS

BROCK, Roger Schmidt et al. Intraoperative ultrasonography for definition of less invasive surgical technique in patients with Chiari Type I malformation. **World Neurosurgery**, v. 101, p. 466-475, 2017.

CARASSITI, Massimiliano et al. Epidural steroid injections for low back pain: A narrative review. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, v. 19, n. 1, p. 231, 2021.

CARDANO, M. Manual de pesquisa qualitativa. **Uma contribuição da teoria da argumentação Petrópolis: Vozes**, 2017.

CHANDLER, William F. et al. Intraoperative use of real-time ultrasonography in neurosurgery. **Journal of neurosurgery**, v. 57, n. 2, p. 157-163, 1982.

CHANDLER, William F.; Knake, James E. Intraoperative use of ultrasound in neurosurgery. **Neurosurgery**, v. 31, p. 550-563, 1984.

CRAWFORD, Rebecca J.; ELLIOTT, James M.; VOLKEN, Thomas. Change in fatty infiltration of lumbar multifidus, erector spinae, and psoas muscles in asymptomatic adults of Asian or Caucasian ethnicities. **European spine journal**, v. 26, p. 3059-3067, 2017.

DELLA, Giuseppe Maria Pepa et al. Integration of real-time intraoperative contrast-enhanced ultrasound and color doppler ultrasound in the surgical treatment of spinal cord dural arteriovenous fistulas. **World neurosurgery**, v. 112, p. 138-142, 2018.

DIELEMAN, Joseph L. et al. US health care spending by payer and health condition, 1996-2016. **Jama**, v. 323, n. 9, p. 863-884, 2020.

DOHRMANN, George J.; RUBIN, Jonathan M. Intraoperative ultrasound imaging of the spinal cord: syringomyelia, cysts, and tumors—a preliminary report. **Surgical neurology**, v. 18, n. 6, p. 395-399, 1982.

EPPINGER, Melissa Ann; BERMAN, Casey Melissa; MAZZOLA, Catherine Anne. Selective dorsal rhizotomy for spastic diplegia secondary to stroke in an adult patient. **Surgical Neurology International**, v. 6, 2015.

FEHLINGS, Michael G. et al. Avanços futuros na cirurgia da coluna: a perspectiva da AOSpine na América do Norte. **Neurocirurgia** , v. 80, n. 3S, pág. S1-S8, 2017.

FISCHER, Michael A. et al. Quantification of muscle fat in patients with low back pain: comparison of multi-echo MR imaging with single-voxel MR spectroscopy. **Radiology**, v. 266, n. 2, p. 555-563, 2013.

FOSKO, Nicole K. et al. The use of intraoperative ultrasound during breast conserving surgery. **Clinical Breast Cancer**, v. 23, n. 1, p. 54-59, 2023.

FU, Chen-Ju et al. Comparison of paraspinal muscle degeneration and decompression effect between conventional open and minimal invasive approaches for posterior lumbar spine surgery. **Scientific reports**, v. 10, n. 1, p. 14635, 2020.

GANAU, Mario et al. Intraoperative ultrasound in spine surgery: history, current applications, future developments. **Quantitative imaging in medicine and surgery**, v. 8, n. 3, p. 261, 2018.

GANAU, Mario et al. Synovial Cysts of the Lumbar Spine—Pathological Considerations and Surgical Strategy—. **Neurologia medico-chirurgica**, v. 53, n. 2, p. 95-102, 2013.

GILBERT, F. et al. Quantitative MRI comparison of multifidus muscle degeneration in thoracolumbar fractures treated with open and minimally invasive approach. **BMC Musculoskeletal Disorders**, v. 19, p. 1-6, 2018.

HAMAMOTO, Yuichiro et al. Real-time direct measurement of spinal cord blood flow at the site of compression: relationship between blood flow recovery and motor deficiency in spinal cord injury. **Spine**, v. 32, n. 18, p. 1955-1962, 2007.

HAREL, Ran; KNOLLER, Nachshon. Intraoperative spine ultrasound: application and benefits. **European Spine Journal**, v. 25, p. 865-869, 2016.

IAGNOCCO, Annamaria; NAREDO, Esperanza. Ultrasound-guided corticosteroid injection in rheumatology: accuracy or efficacy?. **Rheumatology**, v. 49, n. 8, p. 1427-1428, 2010.

KNEZEVIC, Nebojsa Nick et al. Lack of superiority of epidural injections with lidocaine with steroids compared to without steroids in spinal pain: a systematic review and meta-analysis. **Pain Physician**, v. 23, n. 4S, p. 239, 2020.

KUMAR, Naresh et al. Current trends and future scope in 3D printing for surgical management of spine pathologies. **Bioprinting**, v. 26, p. e00197, 2022.

LEVORCI, Antonio Neto; JACUBUS, Artur Eugênio. **Práticas de gestão do conhecimento em instituições federais de ensino superior**: uma pesquisa exploratória. 2016.

MOMIN, Arbaz A.; STEINMETZ, Michael P. Evolution of minimally invasive lumbar spine surgery. **World neurosurgery**, v. 140, p. 622-626, 2020.

NAREDO, Esperanza et al. A randomized comparative study of short term response to blind injection versus sonographic-guided injection of local corticosteroids in patients with painful shoulder. **The Journal of rheumatology**, v. 31, n. 2, p. 308-314, 2004.

OLAH, Laszlo; OLAH, Marton. Potential benefits of intraoperative ultrasound in neurosurgery. **Journal of Clinical Ultrasound**, v. 51, n. 4, p. 739-741, 2023.

PATEL, Parthik D. et al. Overview of minimally invasive spine surgery. **World neurosurgery**, v. 142, p. 43-56, 2020.

PRADA, Francesco et al. Spinal dural arteriovenous fistula: is there a role for intraoperative contrast-enhanced ultrasound?. **World Neurosurgery**, v. 100, p. 712. e15-712. e18, 2017.

RAYMOND, Chris Anne. Brain, spine surgeons say yes to ultrasound. **JAMA**, v. 255, n. 17, p. 2258-2262, 1986.

REID, MICHAEL H. Ultrasonic visualization of a cervical cord cystic astrocytoma. **American Journal of Roentgenology**, v. 131, n. 5, p. 907-908, 1978.

SIBBITT, Wilmer L. et al. Does sonographic needle guidance affect the clinical outcome of intraarticular injections?. **The Journal of rheumatology**, v. 36, n. 9, p. 1892-1902, 2009.

SOARES, C. B. et al. Revisão integrativa: conceitos e métodos utilizados na enfermagem. **Revista da Escola de Enfermagem da USP**, v. 48, n.2, p. 335-345, 2014.

SOUBEYRAND, Marc et al. Very high resolution ultrasound imaging for real-time quantitative visualization of vascular disruption after spinal cord injury. **Journal of Neurotrauma**, v. 31, n. 21, p. 1767-1775, 2014.

VASUDEVA, Viren S. et al. Use of intraoperative ultrasound during spinal surgery. **Global Spine Journal**, v. 7, n. 7, p. 648-656, 2017.

VIRK, Sohrab S.; YU, Elizabeth. The top 50 articles on minimally invasive spine surgery. **Spine**, v. 42, n. 7, p. 513-519, 2017.

WANG, Michael Y.; BROOKS, Nathaniel P. (Ed.). **New Technologies in Spine Surgery, An Issue of Neurosurgery Clinics of North America E-Book**. Elsevier Health Sciences, 2019.

YEUNG, Anthony et al. Treatment of soft tissue and bony spinal stenosis by a visualized endoscopic transforaminal technique under local anesthesia. **Neurospine**, v. 16, n. 1, p. 52, 2019.

YOON, Jang W.; WANG, Michael Y. The evolution of minimally invasive spine surgery: JNSPG 75th Anniversary Invited Review Article. **Journal of Neurosurgery: Spine**, v. 30, n. 2, p. 149-158, 2019.

ZHAI, Jinshuai et al. Epidural injection with or without steroid in managing chronic low-back and lower extremity pain: a meta-analysis of 10 randomized controlled trials. **American journal of therapeutics**, v. 24, n. 3, p. e259-e269, 2017.

ZIPFEL, Jonathan et al. Ultrasound-guided intermediate site greater occipital nerve infiltration: a technical feasibility study. **Pain Physician**, v. 19, n. 7, p. E1027, 2016.