



UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS (UFG)
FACULDADE DE ODONTOLOGIA (FO)
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ODONTOLOGIA (PPGO)

ANA LAURA SABINO COELHO

**Aplicabilidade da ultrassonografia de alta frequência na
avaliação de procedimentos estéticos faciais: revisão de
escopo**

GOIÂNIA
2026



UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS
FACULDADE DE ODONTOLOGIA

TERMO DE CIÊNCIA E DE AUTORIZAÇÃO (TECA) PARA DISPONIBILIZAR VERSÕES ELETRÔNICAS DE TESES

E DISSERTAÇÕES NA BIBLIOTECA DIGITAL DA UFG

Na qualidade de titular dos direitos de autor, autorizo a Universidade Federal de Goiás (UFG) a disponibilizar, gratuitamente, por meio da Biblioteca Digital de Teses e Dissertações (BDTD/UFG), regulamentada pela Resolução CEPEC nº 832/2007, sem ressarcimento dos direitos autorais, de acordo com a [Lei 9.610/98](#), o documento conforme permissões assinaladas abaixo, para fins de leitura, impressão e/ou download, a título de divulgação da produção científica brasileira, a partir desta data.

O conteúdo das Teses e Dissertações disponibilizado na BDTD/UFG é de responsabilidade exclusiva do autor. Ao encaminhar o produto final, o autor(a) e o(a) orientador(a) firmam o compromisso de que o trabalho não contém nenhuma violação de quaisquer direitos autorais ou outro direito de terceiros.

1. Identificação do material bibliográfico

☒ Dissertação ☐ Tese ☐ Outro*: _____

*No caso de mestrado/doutorado profissional, indique o formato do Trabalho de Conclusão de Curso, permitido no documento de área, correspondente ao programa de pós-graduação, orientado pela legislação vigente da CAPES.

Exemplos: Estudo de caso ou Revisão sistemática ou outros formatos.

2. Nome completo do autor

Ana Laura Sabino Coelho

3. Título do trabalho

Aplicabilidade da ultrassonografia de alta frequência na avaliação de procedimentos estéticos faciais: revisão de escopo.

4. Informações de acesso ao documento (este campo deve ser preenchido pelo orientador)

Concorda com a liberação total do documento ☒ SIM ☐ NÃO¹

[1] Neste caso o documento será embargado por até um ano a partir da data de defesa. Após esse período, a possível disponibilização ocorrerá apenas mediante:

a) consulta ao(à) autor(a) e ao(à) orientador(a);

b) novo Termo de Ciência e de Autorização (TECA) assinado e inserido no arquivo da tese ou dissertação. O documento não será disponibilizado durante o período de embargo.

Casos de embargo:

- Solicitação de registro de patente;
- Submissão de artigo em revista científica;
- Publicação como capítulo de livro;
- Publicação da dissertação/tese em livro.

Obs. Este termo deverá ser assinado no SEI pelo orientador e pelo autor.



Documento assinado eletronicamente por **Ana Laura Sabino Coelho**, **Discente**, em 20/05/2026, às 09:13, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Maria Alves Garcia Santos Silva**, **Usuário Externo**, em 20/05/2026, às 13:35, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site https://sei.ufg.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **6206341** e o código CRC **8F80CDD2**.

ANA LAURA SABINO COELHO

**Aplicabilidade da ultrassonografia de alta frequência na
avaliação de procedimentos estéticos faciais: revisão de
escopo**

Dissertação apresentada ao
Programa de Pós-Graduação em
Odontologia, da Faculdade de
Odontologia da
Universidade Federal de Goiás.
Mestra em Odontologia.
Área de Concentração: Clínica
Odontológica
Linha de pesquisa: alterações do
sistema estomatognático

Orientador (a): Professora
Doutora Maria Alves Garcia
Santos Silva

GOIÂNIA
2026

Coelho, Ana Laura Sabino

Aplicabilidade da ultrassonografia de alta frequência na avaliação de procedimentos estéticos faciais [digital]: revisão de escopo. / Ana Laura Sabino Coelho. - 2026.

XCVII, 97 f.: il. 2026

Orientadora: Prof(a). Dra. Maria Alves Garcia Santos Silva

Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Goiás, Faculdade de Odontologia (FO), Programa de Pós-Graduação em Odontologia, Goiânia, 2026.

Ilustrações.

Apêndice.

Inclui: siglas.

1. Ultrassonografia. 2. Ultrassonografia Doppler. 3. Procedimentos Estéticos. 4. Estética Facial. 5. Diagnóstico por Imagem.

I. Silva, Maria Alves Garcia Santos, orient. II. Título.

CDU 616.314



UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS

FACULDADE DE ODONTOLOGIA

ATA DE DEFESA DE DISSERTAÇÃO

Ata nº 17/2026 da sessão de Defesa de Dissertação de **Ana Laura Sabino Coelho**, que confere o título de Mestra em **Odontologia**, na área de concentração em **Clínica Odontológica**.

Aos **doze dias do mês de maio de dois mil e vinte e seis**, a partir das **09:00**, na sala NUTTs - Núcleo de Telemedicina e Telessaúde da Faculdade de Medicina da UFG, realizou-se a sessão pública de Defesa de Dissertação intitulada **“Aplicabilidade da ultrassonografia de alta frequência na avaliação de procedimentos estéticos faciais: revisão de escopo.”**. Os trabalhos foram instalados pela Orientadora, Professora Doutora **Maria Alves Garcia Santos Silva (PPGO/UFG)** com a participação dos demais membros da Banca Examinadora: Professora Doutora **Fabiana Tolentino de Almeida Marques (Mike Petry School of Dentistry, Faculty of Medicine and Dentistry, University of Alberta)**, membro titular externo (**cuja participação ocorreu através de videoconferência**); Professor Doutor **Belmiro Cavalcanti do Egito Vasconcelos (FO/UPE)**, membro titular externo (**cuja participação ocorreu através de videoconferência**). Durante a arguição os membros da banca **não fizeram** sugestão de alteração do título do trabalho. A Banca Examinadora reuniu-se em sessão secreta a fim de concluir o julgamento da Dissertação, tendo sido a candidata **aprovada** pelos seus membros. Proclamados os resultados pela Professora Doutora **Maria Alves Garcia Santos Silva**, Presidente da Banca Examinadora, foram encerrados os trabalhos e, para constar, lavrou-se a presente ata que é assinada pelos Membros da Banca Examinadora, aos **doze dias do mês de maio de dois mil e vinte e seis**.

TÍTULO SUGERIDO PELA BANCA



Documento assinado eletronicamente por **Belmiro Cavalcanti do Egito Vasconcelos**, **Usuário Externo**, em 12/05/2026, às 23:03, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Fabiana Tolentino de Almeida Marques**, **Usuário Externo**, em 13/05/2026, às 17:37, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Maria Alves Garcia Santos Silva**, **Usuário Externo**, em 13/05/2026, às 18:21, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site https://sei.ufg.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **6189011** e o código CRC **211C58A5**.

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho aos meus pais, cuja dedicação à minha educação sempre me inspirou, nunca mediram esforços para que eu pudesse estudar e ir além. Obrigada por cada incentivo, cada gesto de apoio e por acreditarem em mim e nos meus sonhos, mesmo quando eles pareciam distantes. Além de sempre terem me mostrado que o estudo é um legado que ninguém pode nos tirar.

Dedico à minha mãe, que sempre foi minha referência de mulher. Mãe, professora, mestre, dona de casa e nunca esquecendo de ser mulher. Trilhar um caminho parecido com o seu será sempre uma honra.

Dedico também à minha orientadora, cuja orientação segura, generosa e competente guiou cada etapa desta pesquisa. Obrigada por acreditar no meu potencial e por compartilhar comigo seu conhecimento e sua confiança. Sua dedicação, seus conselhos e seu olhar cuidadoso foram essenciais para que este estudo se transformasse em realidade. Obrigada por me guiar com excelência e sensibilidade.

AGRADECIMENTOS

Agradeço à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pelo apoio financeiro concedido, sem o qual a realização deste mestrado não teria sido possível, e pelo aprofundamento da minha formação como pesquisadora. O investimento em educação e ciência transforma vidas.

Agradeço as amizades construídas ao longo desta jornada, que compartilharam esta travessia. Amizades que surgiram despretensiosamente entre pазos e angústias, e que se fizeram apoio, escuta, incentivo nos momentos de cansaço e dúvida. Pessoas que dividiram risos, inquietações e sonhos, e que deram leveza, lembrando, diariamente, que o conhecimento também se constrói no encontro com o outro.

Agradeço ao meu psicólogo, pelo acompanhamento sensível e profissional, oferecendo escuta qualificada, acolhimento e ferramentas essenciais para atravessar este desafio. Seu cuidado e respeito aos meus processos e incentivo foram fundamentais para minha saúde mental e fortalecer minha confiança.

E por fim, agradeço aos funcionários do PPGO/UFG, como Secretaria, Coordenação, pelo suporte constante, disponibilidade e condução de cada etapa. Aos professores, que, com competência e compromisso com excelência, contribuíram de forma decisiva para minha formação intelectual e científica, compartilhando conhecimentos. A todos que, de diferentes maneiras, colaboraram para a realização deste trabalho.

RESUMO

A crescente demanda por procedimentos estéticos faciais minimamente invasivos tem ampliado o uso de técnicas injetáveis na Odontologia, ao mesmo tempo em que intensifica as preocupações relacionadas à segurança e à ocorrência de complicações, especialmente as de natureza vascular. Nesse contexto, a ultrassonografia de alta frequência (USG-AF) mostra-se como uma ferramenta de imagem para aprimorar o planejamento, a execução e o acompanhamento desses procedimentos. O presente estudo teve como objetivo mapear e sintetizar as evidências científicas disponíveis sobre a aplicabilidade da USG-AF em procedimentos estéticos faciais, abrangendo seus principais usos clínicos, abordagens metodológicas, resultados relatados e identificar limitações quanto a sua implementação. Foi conduzida uma revisão de escopo, de acordo com as diretrizes do PRISMA-ScR e a metodologia proposta por Arksey e O'Malley, com protocolo previamente registrado na plataforma Open Science Framework. A busca incluiu bases de dados eletrônicas (PubMed, Embase, Scopus, Web of Science, Cochrane, LILACS e Livivo), literatura cinzenta (Google Scholar e ProQuest) e busca manual de referências, sem restrições de idioma ou de período de publicação. Os resultados incluíram 54 estudos publicados entre 2008 e 2025, abrangendo ensaios clínicos randomizados, estudos observacionais, séries e relatos de caso, além de revisões narrativas, que demonstraram que a USG-AF é utilizada principalmente em três contextos: (1) mapeamento anatômico pré- e pós-procedimento; (2) orientação em tempo real durante a aplicação de preenchedores dérmicos e toxina botulínica; e (3) diagnóstico e manejo de complicações. A maioria dos estudos relatou maior precisão na localização de estruturas anatômicas, redução significativa de complicações vasculares, melhores resultados estéticos e maior previsibilidade clínica, quando comparada às técnicas convencionais não guiadas. Apesar dos benefícios, foram identificadas barreiras relevantes à implementação da USG-AF, incluindo a curva de aprendizado, o custo dos equipamentos, o aumento do tempo clínico e a ausência de protocolos padronizados. Conclui-se que a ultrassonografia de alta frequência representa uma ferramenta valiosa para aumentar a segurança, a eficácia e a previsibilidade dos procedimentos estéticos faciais. Entretanto, são necessários estudos clínicos mais robustos, análises de custo-efetividade e iniciativas voltadas à padronização de protocolos e ao treinamento profissional, a fim de viabilizar sua incorporação rotineira na prática clínica.

Palavras-chave: Ultrassonografia; Ultrassonografia Doppler; Procedimentos estéticos; Estética facial; Face; Diagnóstico por imagem.

ABSTRACT

The growing demand for minimally invasive facial aesthetic procedures has expanded the use of injectable techniques in dentistry, while simultaneously intensifying concerns related to safety and the occurrence of complications, especially those of a vascular nature. In this context, high-frequency ultrasound (HFUS) has emerged as an imaging tool to improve the planning, execution, and monitoring of these procedures. This study aimed to map and synthesize the available scientific evidence on the applicability of HFUS in facial aesthetic procedures, encompassing its main clinical uses, methodological approaches, reported results and identify limitations regarding its implementation. A scoping review was conducted, in accordance with the PRISMA-ScR guidelines and the methodology proposed by Arksey and O'Malley, with a protocol previously registered on the Open Science Framework platform. The search included electronic databases (PubMed, Embase, Scopus, Web of Science, Cochrane, LILACS, and Livivo), grey literature (Google Scholar and ProQuest), and manual reference searches, without restrictions on language or publication period. The results included 54 studies published between 2008 and 2025 encompassing randomized clinical trials, observational studies, case series and reports, and narrative reviews—demonstrating that high-frequency ultrasound (HFUS) is primarily used in three contexts: (1) pre- and post-procedure anatomical mapping; (2) real-time guidance during the administration of dermal fillers and botulinum toxin; and (3) the diagnosis and management of complications. Most studies reported greater accuracy in locating anatomical structures, a significant reduction in vascular complications, improved aesthetic outcomes, and greater clinical predictability compared to conventional non-guided techniques. Despite these benefits, significant barriers to HFUS implementation were identified, including the learning curve, equipment costs, increased clinical time, and the lack of standardized protocols. It is concluded that high-frequency ultrasound is a valuable tool for enhancing the safety, efficacy, and predictability of facial aesthetic procedures. However, more robust clinical studies, cost-effectiveness analyses, and initiatives aimed at protocol standardization and professional training are required to facilitate its routine incorporation into clinical practice.

Keywords: Ultrasonography; Doppler Ultrasonography; Cosmetic Techniques; Facial Esthetics; Face; Diagnostic Imaging.

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AH - Ácido hialurônico

BTX-A - Toxina botulínica tipo A

CaHa - Hidroxiapatita de Cálcio

MHz – Megahertz

PCL - Policaprolactona

PDO – Polidioxanona

PLLA - Ácido poli-L-lático

US – Ultrassom

USG - Ultrassonografia

USG-AF - Ultrassonografia de alta frequência

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	13
2 REVISÃO DE LITERATURA	15
2.1 Ultrassom e ultrassonografia	15
2.2 Aspectos físicos, tecnológicos e anatômicos da ultrassonografia de alta frequência nos procedimentos estéticos na face	16
2.3 Injeções de preenchedores dérmicos guiadas por USG-AF	20
2.4 Uso da USG-AF na aplicação de toxina botulínica	22
2.5 USG-AF no diagnóstico e manejo de complicações	23
2.6 Avaliação pré e pós-procedimento com USG-AF	25
2.7 Caracterização de materiais preenchedores com USG-AF	27
2.8 Aprendizado e treinamento em USG-AF	28
2.9 Custo-benefício e acessibilidade da USG-AF	29
2.10 Padronização de protocolos no uso da USG-AF	31
2.11 Harmonização Orofacial no Brasil	32
3 OBJETIVOS	33
3.1 Objetivo geral	33
3.2 Objetivos específicos	33
4 METODOLOGIA	34
4.1 Desenho do Estudo e Protocolo	34
4.2 Pergunta de Pesquisa	34
4.3 Critérios de Elegibilidade	34
4.3.1 Critérios de Inclusão	34
4.3.2 Critérios de Exclusão	35
4.4 Fontes de Informação e Estratégia de Busca	35
4.5 Seleção dos Estudos	36
4.6 Extração de Dados	36
4.7 Síntese e Apresentação dos Resultados	37
5 RESULTADOS	38
APPENDIX 1	68
APPENDIX 2	76
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS	79
REFERÊNCIAS	80

1 INTRODUÇÃO

Os procedimentos estéticos faciais têm ganhado destaque na Odontologia contemporânea, impulsionados pela demanda cada vez maior por intervenções minimamente invasivas. Esses procedimentos visam à melhoria ou à restauração da estética e da funcionalidade da face e de suas estruturas associadas, oferecendo benefícios como menor tempo de recuperação, menor incidência de complicações e redução de custos, quando comparados às abordagens cirúrgicas convencionais. Entre as técnicas empregadas estão a injeção de preenchedores e bioestimuladores de colágeno, como o ácido hialurônico (AH) e a hidroxiapatita de cálcio (CaHA), o uso de neuromoduladores, incluindo a toxina botulínica tipo A (BTX-A), e a inserção de fios de sustentação, como a polidioxanona (PDO) (Alimova *et al.*, 2025; Cotofana *et al.*, 2020; Schelke *et al.*, 2018).

O sucesso e a segurança dos procedimentos estéticos faciais dependem fortemente da capacidade do profissional de avaliar com precisão a anatomia facial individual, identificar variações anatômicas e garantir a correta distribuição dos materiais injetados. Contudo, os métodos tradicionais, baseados apenas em marcos anatômicos externos, frequentemente não fornecem informações suficientes nesse nível de precisão. Além disso, a crescente popularização desses procedimentos, especialmente os injetáveis, tem sido acompanhada por um aumento proporcional do risco de complicações, que variam de eventos leves, como edema e hematomas, a intercorrências graves, como oclusões vasculares e necrose tecidual, potencialmente irreversíveis (Beleznay *et al.*, 2019; Grippaudo *et al.*, 2014; Schelke *et al.*, 2020; Wortsman, 2015). Nesse contexto, a USG-AF emerge como uma ferramenta de imagem promissora para aprimorar a segurança, a precisão e a previsibilidade dos procedimentos estéticos faciais, ao permitir a visualização em tempo real das estruturas anatômicas e dos materiais injetados (Zattar; Faria; Boggio, 2024).

A ultrassonografia de alta frequência (USG-AF) fornece imagens em tempo real da anatomia facial, possibilita o direcionamento preciso durante as injeções e constitui um método não invasivo, de rápida execução e relativamente acessível, contribuindo

para a prevenção de complicações e aumentando significativamente a segurança das aplicações (Castilho *et al.*, 2023; Vasconcelos-Berg *et al.*, 2023; Young *et al.*, 2008).

A USG-AF utiliza transdutores lineares com frequências tipicamente entre 15 MHz e 75 MHz e oferece visualização detalhada e não invasiva da pele, das camadas subcutâneas, dos músculos, das fáscias e das estruturas vasculares e nervosas (Mlosek, Słoboda, Malinowska, 2018; Schelke *et al.*, 2018). Seu uso favorece um planejamento mais estratégico dos locais de injeção, do controle de profundidade e da avaliação em tempo real da distribuição dos materiais (Vasconcelos-Berg *et al.*, 2025; Quezada-Gaón *et al.*, 2016). Nesse sentido, a USG-AF contribui tanto para a prevenção de complicações quanto para a otimização dos resultados estéticos faciais (Bae *et al.*, 2020; Beleznyay *et al.*, 2019).

Apesar dos benefícios amplamente descritos na literatura, a incorporação da USG-AF na prática odontológica ainda é incipiente, principalmente em razão da ausência de formação específica em odontologia, da dificuldade na interpretação das imagens e da falta de protocolos clínicos padronizados (Vieira; Dias; Freitas, 2023). Apesar de suas vantagens promissoras e do número crescente de estudos abordando sua utilidade clínica, ainda há necessidade de sintetizar as evidências disponíveis, identificar técnicas padronizadas e destacar lacunas que justifiquem investigações adicionais (Schelke *et al.*, 2020; Wortsman, 2015).

Diante desse cenário, esta revisão de escopo tem como objetivo mapear e sintetizar as evidências científicas disponíveis sobre a aplicabilidade da ultrassonografia de alta frequência em procedimentos estéticos faciais, abrangendo seus principais usos clínicos, abordagens metodológicas, resultados relatados e identificar limitações quanto a sua implementação.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Ultrassom

O ultrassom é definido como uma onda sonora cuja frequência é superior àquela perceptível pelo ouvido humano. O ouvido humano é capaz de detectar sons em uma faixa aproximada entre 20 Hz e 20.000 Hz (20 kHz); frequências acima desse limite são classificadas como ultrassom. O transdutor é o componente responsável pela emissão e pela recepção de ondas ultrassônicas, por meio da estimulação elétrica de cristais piezoelétricos. Os transdutores convexos apresentam formato curvo, produzem imagens trapezoidais e operam, em geral, entre 3,5 e 5 MHz, sendo indicados para a avaliação de estruturas mais profundas. Já os transdutores lineares produzem imagens retangulares e são amplamente utilizados para a visualização de estruturas superficiais, com frequências entre acima de 15 MHz, podendo atingir valores superiores, até 75 MHz, conforme o equipamento (Díaz-Rodríguez; Garrido-Chamorro; Castellano-Alarcón, 2007).

As ondas ultrassônicas propagam-se pelos tecidos e podem ser transmitidas, refletidas ou absorvidas, conforme as propriedades físicas e a impedância acústica de cada estrutura. Tecidos com maior conteúdo líquido tendem a permitir maior transmissão das ondas, enquanto estruturas rígidas, como o osso, promovem reflexão. Estruturas que refletem intensamente as ondas ultrassônicas, como o osso, apresentam-se hiperecogênicas (brancas) na imagem. Já estruturas com alto conteúdo líquido, como vasos sanguíneos, apresentam-se anecoicas (pretas), em razão da baixa reflexão das ondas ultrassônicas. Cada tecido apresenta um padrão específico de ecogenicidade, que corresponde à sua capacidade de refletir as ondas ultrassônicas, permitindo a diferenciação anatômica das estruturas avaliadas (Schelke; Farber; Swift, 2022).

2.1.1 Modo B

O ultrassom modo B produz imagens bidimensionais em escalas de cinza. Essas imagens representam um corte do corpo, mapeando órgãos e tecidos a partir

de ecos refletidos pelos tecidos (Martin, 2010; Oglat *et al.*, 2018). É o modo básico presente nos exames de ultrassom (Meiburger; Acharya; Molinari, 2018).

2.1.2 Doppler

O ultrassom Doppler usa o efeito Doppler, que consiste na mudança de frequência do eco quando reflete alvos em movimento, como hemácias. A partir do desvio de frequência, calcula-se a velocidade e direção do fluxo sanguíneo, levando em conta o ângulo entre feixe e fluxo (Lee, 2024; Oglat *et al.*, 2018; Wang *et al.*, 2021).

O Doppler colorido sobrepõe um mapa de cores ao modo B, indicando direção e magnitude relativa ao fluxo, mas é limitado pela dependência de ângulo e feixe em altas velocidades (Lee, 2024; Paeng; Lee; Imtiaz, 2025).

2.1.3 Elastografia

A elastografia ultrassonográfica quantifica a deformação tecidual em resposta a um estresse aplicado, pela aquisição de dados brutos de radiofrequência. A imagem ultrassonográfica tem uma resolução muito boa no sentido axial, medido até um micrômetro de deformação (Palmeri; Nightingale, 2011).

2.1.4 Gel

O gel de ultrassom é um meio de acoplamento acústico aplicado entre o transdutor e a pele para eliminar o ar e permitir a transmissão eficiente das ondas ultrassônicas aos tecidos e é considerado essencial para um diagnóstico preciso (Gopalakrishnan; Panicker, 2024; Tang *et al.*, 2025; Uehara *et al.*, 2026). É composto majoritariamente por água, espessantes como, carbopol ou carmômeros, glicerina e conservantes, o que garante boa condutividade acústica, viscosidade adequada, transparência, facilidade de espalhamento, remoção simples e baixa irritação cutânea (Kim *et al.*, 2024; Poltawski; Watson, 2007; Yambot *et al.*, 2018).

2.2 Aspectos físicos, tecnológicos e anatômicos da ultrassonografia de alta frequência em procedimentos estéticos na face

A ultrassonografia de alta frequência (USG-AF) baseia-se nos mesmos princípios físicos da ultrassonografia convencional; entretanto, utiliza ondas sonoras de frequência significativamente mais elevada para a formação das imagens. Enquanto a ultrassonografia convencional opera, em geral, com frequências entre 3 e 12 MHz, a USG-AF emprega frequências tipicamente entre 15 MHz e 75 MHz, o que resulta em imagens com maior resolução espacial, especialmente adequadas para a avaliação de estruturas superficiais (Young *et al.*, 2008; Wortsman, 2015).

Frequências ultrassônicas mais elevadas estão associadas a menor comprimento de onda, o que proporciona maior resolução espacial das imagens, especialmente para estruturas superficiais. Em contrapartida, ocorre redução da profundidade de penetração tecidual, limitando a avaliação de estruturas mais profundas. Dessa forma, a USG-AF permite a visualização detalhada da pele, do tecido subcutâneo, dos músculos faciais superficiais e dos vasos sanguíneos de pequeno calibre (Mlosek; Słoboda; Malinowska, 2018; Schelke *et al.*, 2018).

Alexander e Miller (1979) foram pioneiros no uso do ultrassom para a avaliação da pele, do tecido adiposo subcutâneo e do músculo, bem como para a mensuração da espessura cutânea. Atualmente, a ultrassonografia de alta frequência é reconhecida como uma modalidade de imagem não invasiva que utiliza transdutores lineares com frequências a partir de 15-20 MHz, podendo atingir valores entre 70 e 100 MHz, o que permite a obtenção de imagens de alta resolução das estruturas cutâneas superficiais, em razão da menor profundidade de penetração (Levy *et al.*, 2021; Mlosek; Migda; Migda, 2020). Em termos de imagem, a USG-AF permite distinguir claramente o eco epidérmico, a derme e a porção superior do tecido subcutâneo, além de possibilitar a visualização de anexos cutâneos, como folículos pilosos e glândulas, bem como de pequenos vasos que percorrem a derme e o subcutâneo superficial (Mlosek; Malinowska, 2013).

A USG-AF pode ser realizada tanto em aparelhos convencionais, equipados com transdutores eletrônicos lineares de até 40 MHz, quanto em plataformas dedicadas à avaliação cutânea, que utilizam transdutores mecânicos de altíssima frequência (35-50 MHz ou superiores). Muitos desses sistemas incorporam recursos

de Doppler colorido e Doppler de potência, que permitem a avaliação da morfologia vascular e da presença ou ausência de fluxo sanguíneo em vasos de pequeno calibre, complementando a análise morfológica dos tecidos (Mlosek; Migda; Migda, 2020; Mlosek; Malinowska, 2013).

A formação da imagem ultrassonográfica ocorre a partir da emissão de pulsos ultrassônicos pelo transdutor, que são parcialmente refletidos nas interfaces entre tecidos de impedância acústica variável. Essas reflexões são captadas pelo próprio transdutor, convertidas em sinais elétricos e processadas pelo equipamento para a formação da imagem em escala de cinza exibida na tela (Young *et al.*, 2008; Wortsman, 2015).

A tecnologia Doppler, frequentemente integrada aos equipamentos de USG-AF, permite a avaliação do fluxo sanguíneo por meio da detecção da variação de frequência das ondas refletidas pelas células sanguíneas em movimento. Essa funcionalidade é particularmente relevante em procedimentos estéticos faciais, pois possibilita a identificação precisa de estruturas vasculares e a avaliação da perfusão tecidual, contribuindo significativamente para a prevenção de complicações vasculares (Beleznay *et al.*, 2019; Schelke *et al.*, 2020).

Os equipamentos de USG-AF utilizados em procedimentos estéticos faciais variam de sistemas portáteis compactos a unidades de alta performance com múltiplas funcionalidades. A escolha do equipamento deve considerar as necessidades clínicas específicas, o contexto de uso e o orçamento disponível, fatores que influenciam diretamente a qualidade da imagem e a aplicabilidade clínica (Vasconcelos-Berg *et al.*, 2024; Mlosek; Słoboda; Malinowska, 2018).

A frequência do transdutor desempenha papel central na avaliação cutânea. Transdutores de alta frequência oferecem elevada resolução espacial, porém menor profundidade de penetração, sendo ideais para a avaliação superficial da pele. Na prática clínica, transdutores multifrequenciais com frequência mínima de 15 MHz são considerados adequados para a avaliação cutânea, sendo mais comumente utilizadas frequências em torno de 20 MHz (Mlosek; Migda; Migda, 2020; Vasconcelos-Berg *et al.*, 2023; Vergilio; Vasques; Leonardi, 2021).

Os transdutores lineares são os mais comumente utilizados em estética, devido à sua adequação para avaliação de estruturas superficiais e à facilidade de uso nos contornos faciais. Transdutores lineares de pequena pegada (“hockey stick”) e de banda larga são particularmente adequados para o escaneamento da face, em razão da melhor adaptação aos contornos anatômicos irregulares e da capacidade de obter imagens de alta resolução de estruturas superficiais. Os transdutores hockey stick têm ganhado popularidade para uso em áreas de difícil acesso, como as regiões periocular e perioral (Castilho *et al.*, 2023; Mlosek, Migda, Migda, 2020; Schelke *et al.*, 2018; Vasconcelos-Berg *et al.*, 2023; Vasconcelos-Berg *et al.*, 2024).

Avanços recentes em tecnologia de ultrassom incluem a ultrassonografia 3D/4D, que permite a reconstrução tridimensional das estruturas faciais, e a elastografia, que avalia a elasticidade dos tecidos e pode ser útil na caracterização de materiais preenchedores e na avaliação de alterações teciduais após procedimentos estéticos (Cotofana *et al.*, 2020; Mlosek, Słoboda, Malinowska, 2018).

Na imagem ultrassonográfica, a epiderme é visualizada como uma camada fina e hiperecogênica, enquanto a derme apresenta aspecto heterogêneo, com áreas hiperecogênicas correspondentes às fibras colágenas e regiões hipoecogênicas relacionadas à matriz extracelular. O tecido subcutâneo apresenta-se predominantemente hipoecogênico, com septos fibrosos hiperecogênicos, permitindo a identificação das diferentes camadas faciais. Os músculos faciais são observados como estruturas hipoecogênicas com estriações internas hiperecogênicas, enquanto o periósteo se apresenta como uma linha hiperecogênica sobre o osso, que, por sua vez, é caracterizado por uma interface hiperecogênica com sombra acústica posterior (Liu *et al.*, 2024; Cotofana *et al.*, 2020; Schelke *et al.*, 2018).

As artérias são visualizadas como estruturas tubulares hipoecogênicas, com paredes hiperecogênicas e fluxo pulsátil ao Doppler colorido, enquanto as veias são visualizadas como estruturas compressíveis, com fluxo não pulsátil. Os nervos aparecem como estruturas fasciculadas, com padrão “favo de mel”, em corte transversal, e como estruturas tubulares, com estrias internas, em corte longitudinal (Vasconcelos-Berg *et al.*, 2023).

Estudos detalhados da anatomia ultrassonográfica de regiões específicas da face têm sido realizados, fornecendo mapas valiosos para orientar procedimentos estéticos. Cotofana *et al.* (2020) investigaram a anatomia ultrassonográfica do nariz, identificando camadas distintas e variações anatômicas relevantes para procedimentos de rinoplastia não cirúrgica. Vasconcelos-Berg *et al.* (2023) mapearam estruturas vasculares e nervosas faciais, destacando áreas de alto risco de complicações em procedimentos injetáveis.

A compreensão das variações anatômicas individuais é particularmente importante em estética, onde pequenas diferenças na localização de estruturas vasculares e nervosas podem ter implicações significativas para a segurança dos procedimentos. A USG-AF permite a identificação destas variações em tempo real, possibilitando a personalização dos tratamentos de acordo com a anatomia específica de cada paciente (Schelke *et al.*, 2020; Cotofana *et al.*, 2020).

A ultrassonografia de alta frequência constitui uma ferramenta relevante na prática clínica estética, pois permite a identificação precisa da localização, da extensão e da profundidade dos materiais de preenchimento dérmico nos tecidos moles da face. Entretanto, trata-se de um método complementar, que não substitui a anamnese detalhada nem o exame clínico criterioso, mas agrega informações fundamentais para o planejamento e a execução seguros dos procedimentos (Grippaudo; Mattei, 2010; Young; Bolton; Downie, 2008).

2.3 Injeções de materiais guiados por USG-AF

Para a realização bem-sucedida de injeções guiadas por ultrassonografia de alta frequência, é fundamental a identificação precisa das camadas anatômicas da região a ser tratada, bem como a familiaridade do profissional com os princípios básicos da ultrassonografia e a adequada seleção do equipamento e do transdutor conforme o procedimento proposto.

A USG-AF permite a visualização em tempo real das estruturas anatômicas, bem como da agulha ou da cânula durante o procedimento, possibilitando a identificação e a evitação de estruturas vasculares relevantes, a confirmação da

profundidade correta de injeção e o monitoramento contínuo da distribuição do material preenchedor (Schelke *et al.*, 2020; Vasconcelos-Berg *et al.*, 2024).

Estudos demonstram que a injeção de preenchedores guiada por ultrassonografia resulta em maior precisão na deposição do material, com redução significativa do risco de complicações vasculares e melhores resultados estéticos, quando comparada às técnicas convencionais baseadas exclusivamente em marcos anatômicos externos (Beleznay *et al.*, 2019; Schelke *et al.*, 2020).

Schelke *et al.* (2020) descreveram uma técnica de injeção guiada por ultrassom na qual o transdutor é posicionado perpendicularmente ao trajeto da agulha, permitindo a visualização simultânea da ponta da agulha e das estruturas anatômicas adjacentes. Essa técnica, denominada “cross-beam”, tem sido amplamente adotada por sua eficácia na prevenção de injeções intravasculares acidentais, aumentando a segurança do procedimento.

Park, Jeong e Park (2024) demonstraram que a inserção de fios de polidioxanona (PDO) guiada por ultrassonografia constitui um método seguro e eficiente para procedimentos de lifting facial minimamente invasivos, proporcionando resultados estéticos naturais e menor tempo de recuperação.

Vasconcelos-Berg *et al.* (2024) propuseram uma abordagem sistemática para a integração da ultrassonografia à prática clínica diária, com recomendações específicas para diferentes regiões faciais e tipos de procedimentos injetáveis. Os autores destacaram a importância da avaliação pré-procedimento para a identificação de variações anatômicas individuais, facilitando o planejamento estratégico dos pontos e planos de injeção.

Áreas consideradas de alto risco vascular, como a glabella, as têmporas, o nariz e a região periocular, têm recebido atenção especial na literatura sobre injeções guiadas por ultrassom, em razão da complexidade e variabilidade anatômica dessas regiões. Beleznay *et al.* (2019) demonstraram que a USG-AF é particularmente valiosa nesses sítios, nos quais o risco de complicações graves é significativamente maior.

Observa-se que a utilização da ultrassonografia de alta frequência como ferramenta de orientação durante injeções de materiais estéticos representa um avanço significativo para procedimentos mais seguros, previsíveis e individualizados, ao permitir a adaptação da técnica à anatomia específica de cada paciente e a redução da dependência exclusiva de referências anatômicas externas.

2.4 Uso da USG-AF na aplicação de toxina botulínica

A identificação precisa dos músculos-alvo é um fator crítico para o sucesso da aplicação da toxina botulínica, especialmente em regiões como o músculo masseter, nas quais a variabilidade anatômica individual pode influenciar significativamente tanto os resultados clínicos quanto a ocorrência de efeitos adversos. Bae *et al.* (2020) conduziram um ensaio clínico comparando a aplicação convencional “às cegas” de toxina botulínica com a aplicação guiada por ultrassonografia no músculo masseter, demonstrando que a abordagem guiada resultou em maior eficácia clínica, menor incidência de efeitos adversos e maior satisfação dos pacientes.

Quezada-Gaón *et al.* (2016) investigaram o uso da USG-AF para guiar injeções de toxina botulínica no músculo masseter, tanto para fins estéticos quanto terapêuticos, como no tratamento do bruxismo. Os autores relataram que a visualização ultrassonográfica permitiu a identificação precisa da porção mais espessa e funcional do músculo, resultando em maior eficácia clínica com menores doses de toxina, o que contribui para a redução de custos e de potenciais efeitos colaterais.

Vasconcelos-Berg *et al.* (2023) realizaram o mapeamento ultrassonográfico dos principais músculos faciais envolvidos na aplicação da toxina botulínica, fornecendo referências anatômicas detalhadas para a localização precisa dos pontos de injeção. Os autores destacaram que a USG-AF permite a personalização da técnica de aplicação de acordo com a anatomia específica de cada paciente, favorecendo resultados mais naturais e harmoniosos.

De forma geral, estudos demonstram que a aplicação da toxina botulínica guiada por ultrassonografia está associada a:

- (i) redução significativa da incidência de efeitos adversos, como ptose palpebral e assimetrias faciais;
- (ii) maior satisfação dos pacientes com os resultados estéticos;
- (iii) maior previsibilidade clínica e naturalidade dos resultados; e
- (iv) menor dose necessária para alcançar o efeito desejado, reduzindo custos e riscos potenciais (Quezada-Gaon *et al.*, 2016; Wu *et al.*, 2024).

Castilho *et al.* (2023) descreveram uma técnica de injeção cruzada guiada por ultrassonografia para a elevação do canto da boca com toxina botulínica, demonstrando resultados superiores quando comparados às técnicas convencionais. Essa abordagem ilustra como a USG-AF pode não apenas aumentar a segurança do procedimento, mas também ampliar as possibilidades terapêuticas e estéticas da toxina botulínica, por meio de maior controle anatômico e funcional.

Observa-se que a utilização da ultrassonografia de alta frequência na aplicação da toxina botulínica representa um avanço relevante na prática estética contemporânea, ao promover maior precisão anatômica, segurança clínica e individualização terapêutica, especialmente em áreas de maior complexidade anatômica.

2.5 USG-AF no diagnóstico e manejo de complicações

A USG-AF permite a identificação e a caracterização precisas de diferentes tipos de complicações associadas a procedimentos estéticos faciais, incluindo nódulos inflamatórios, granulomas, biofilmes, migração de materiais preenchedores e oclusões vasculares. Essa capacidade diagnóstica é fundamental para orientar estratégias terapêuticas específicas e individualizadas, de acordo com a natureza e a extensão da complicação identificada (Grippaudo *et al.*, 2014; Wortsman, 2015).

Wortsman (2015) descreveu de forma sistemática as características ultrassonográficas dos diferentes tipos de preenchedores dérmicos e de suas complicações, fornecendo critérios diagnósticos relevantes para diferenciar processos inflamatórios, infecciosos e não inflamatórios. Destaca-se que a USG-AF permite não apenas a detecção dessas complicações, mas também o acompanhamento da

resposta terapêutica ao longo do tempo, favorecendo ajustes precoces da conduta clínica.

Grippaudo *et al.* (2014) investigaram o papel da USG-AF no diagnóstico e no manejo de complicações decorrentes da aplicação de preenchedores na região perioral, enfatizando sua utilidade na localização precisa do material com vistas à dissolução enzimática por meio da aplicação de hialuronidase ou à aspiração direcionada. Os autores relataram que a abordagem guiada por ultrassom resultou em maior eficácia terapêutica e menor trauma tecidual, quando comparada às técnicas realizadas sem orientação por imagem.

Nos casos de oclusão vascular, a USG-AF tem se mostrado particularmente valiosa para a confirmação diagnóstica, a localização precisa do ponto de obstrução e a orientação da aplicação direcionada de hialuronidase, visando à dissolução do material preenchedor intravascular. Belezny *et al.* (2019) destacaram que a intervenção precoce guiada por ultrassonografia pode prevenir ou minimizar de forma significativa a progressão para necrose tecidual, reforçando o papel da USG-AF como ferramenta de emergência em estética facial.

A USG-AF também tem sido amplamente utilizada no diagnóstico e no manejo de complicações tardias, como a formação de nódulos e granulomas, que podem surgir meses ou anos após a aplicação de preenchedores. Mlosek, Słoboda e Malinowska (2018) demonstraram que diferentes tipos de preenchedores mantêm características ultrassonográficas específicas ao longo do tempo, permitindo sua identificação tardia e a definição da conduta terapêutica mais adequada.

Ilanhez *et al.* (2024) demonstraram que complicações associadas ao uso de bioestimuladores de colágeno, como o ácido poli-L-lático (PLLA), a hidroxiapatita de cálcio (CaHA) e a policaprolactona (PCL), manifestam-se frequentemente como nódulos palpáveis ou visíveis, geralmente de aparecimento tardio. A USG-AF permite diferenciar depósitos do produto — tipicamente observados como áreas hipoeóicas bem delimitadas — de reações inflamatórias, que tendem a apresentar limites imprecisos e ecogenicidade heterogênea. Além disso, o exame ultrassonográfico possibilita a identificação do plano de deposição do material, sendo que planos

excessivamente superficiais ou profundos sugerem falhas técnicas durante a aplicação. A orientação ultrassonográfica em tempo real permite guiar infiltrações de corticosteroides diluídos ou soluções salinas para a diluição de nódulos, bem como, em casos selecionados, auxiliar na remoção cirúrgica direcionada, reduzindo o risco de dano a estruturas adjacentes e do trauma tecidual (Argalia *et al.*, 2025; Bravo *et al.*, 2020; Shekarritz; Shojaee, 2022).

A ultrassonografia de alta frequência é igualmente valiosa na identificação de complicações associadas à utilização de fios estéticos (PDO, PLLA, PCL), pois permite a visualização do trajeto do fio, a identificação de dobras, enovelamentos, rupturas parciais e coleções adjacentes, como seromas ou abscessos. Os fios são geralmente visualizados como estruturas lineares hiperecogênicas, e o exame possibilita confirmar se o material se encontra em plano inadequado, excessivamente superficial ou profundo (Bondarenko, 2021; Hügül *et al.*, 2025; Park; Jeong; Park, 2024). O exame ultrassonográfico pode ser utilizado para orientar a retirada direcionada dos fios, reduzindo a necessidade de abordagens exploratórias “às cegas”. Além disso, auxilia na decisão clínica entre condutas conservadoras, como massagens e compressas em casos leves, ou intervenções cirúrgicas, quando há sinais de infecção, comprometimento vascular ou proximidade com estruturas nobres (Gonzalez; Arenas; Duque-Clavijo, 2024; Kim *et al.*, 2023; Park; Jeong; Park, 2024).

De forma integrada, a USG-AF consolida-se como uma ferramenta essencial no diagnóstico precoce, no acompanhamento evolutivo e no manejo direcionado das complicações associadas aos procedimentos estéticos faciais, contribuindo para maior segurança do paciente, redução de sequelas e otimização dos resultados clínicos.

2.6 Avaliação pré e pós-procedimento com USG-AF

A avaliação pré-procedimento por meio da ultrassonografia de alta frequência permite:

- (i) a identificação individualizada da anatomia facial, incluindo variações vasculares e nervosas;

(ii) a avaliação da espessura, da qualidade e da composição dos tecidos nas diferentes regiões da face;

(iii) a detecção de materiais preenchedores previamente aplicados, muitas vezes desconhecidos pelo paciente; e

(iv) o planejamento estratégico dos pontos, planos e volumes de injeção a serem utilizados.

Essa avaliação prévia é particularmente relevante em pacientes com histórico de múltiplos procedimentos estéticos, nos quais a presença de materiais residuais, alterações anatômicas adquiridas ou variações vasculares pode aumentar o risco de complicações caso a intervenção seja realizada sem orientação por imagem.

A avaliação pós-procedimento com USG-AF permite:

(i) a confirmação da correta colocação e do plano de deposição do material injetado;

(ii) a avaliação objetiva dos resultados estéticos obtidos;

(iii) o monitoramento da integração, da distribuição e da degradação do material ao longo do tempo; e

(iv) a detecção precoce de complicações subclínicas, favorecendo intervenções oportunas (Bondarenko, 2021; Yuan *et al.*, 2024).

A USG-AF tem fornecido informações valiosas sobre o comportamento de diferentes materiais preenchedores ao longo do tempo, permitindo análises longitudinais da permanência, da difusão e da interação desses materiais com os tecidos adjacentes. Schelke *et al.* (2018) monitoraram, por meio da USG-AF, a longevidade e o padrão de difusão do ácido hialurônico utilizado na correção do sulco nasolabial, demonstrando que o material permaneceu detectável por até 12 meses, com padrões de distribuição variáveis entre os pacientes.

A avaliação ultrassonográfica pós-procedimento também tem sido empregada para investigar os efeitos de diferentes técnicas de injeção e formulações de preenchedores. Mlosek, Słoboda e Malinowska (2018) compararam as características ultrassonográficas de preenchedores temporários e permanentes, fornecendo informações relevantes sobre seus comportamentos teciduais e implicações para tratamentos subsequentes.

Dessa forma, a avaliação pré e pós-procedimento com ultrassonografia de alta frequência contribui de maneira decisiva para o aumento da segurança, da previsibilidade e da qualidade dos procedimentos estéticos faciais, consolidando a USG-AF como uma ferramenta essencial tanto no planejamento quanto no acompanhamento clínico desses tratamentos.

2.7 Caracterização de materiais preenchedores com USG-AF

Diferentes tipos de materiais preenchedores apresentam características ultrassonográficas específicas, o que possibilita sua identificação mesmo anos após a aplicação, tornando a USG-AF uma ferramenta diagnóstica particularmente valiosa na prática clínica estética. Wortsman (2015) descreveu de forma detalhada as características ultrassonográficas dos principais materiais preenchedores utilizados em estética facial. O ácido hialurônico apresenta-se como material anecoico (preto) ou hipoeicoico (cinza-escuro), com limites relativamente bem definidos. A hidroxiapatita de cálcio manifesta-se como material hiperecogênico (branco), frequentemente acompanhado de sombra acústica posterior. O polimetilmetacrilato (PMMA) é visualizado como múltiplos focos hiperecogênicos puntiformes, com reforço acústico posterior. O silicone, por sua vez, apresenta-se como material hipoeicoico associado ao artefato conhecido como “tempestade de neve” durante a movimentação do transdutor.

Mlosek, Słoboda e Malinowska (2018) investigaram as características ultrassonográficas de preenchedores temporários e permanentes, demonstrando que a USG-AF permite não apenas a identificação do tipo de material, mas também a avaliação de sua distribuição, volume, profundidade e grau de integração com os tecidos adjacentes.

A capacidade de identificar materiais preenchedores previamente aplicados é especialmente relevante em situações nas quais o paciente desconhece o tipo de produto utilizado em tratamentos anteriores ou quando há documentação clínica inadequada. Essa informação pode influenciar decisivamente o plano terapêutico,

prevenindo interações indesejadas entre diferentes materiais e reduzindo o risco de complicações (Wortsman, 2015; Mlosek, Słoboda, Malinowska, 2018).

Além da identificação dos materiais, a USG-AF tem sido amplamente utilizada para avaliar o comportamento longitudinal dos diferentes preenchedores, incluindo sua permanência, migração, reabsorção e interação com os tecidos ao longo do tempo. Schelke *et al.* (2018) monitoraram, por meio da ultrassonografia de alta frequência, a longevidade e o padrão de difusão do ácido hialurônico, observando variações significativas entre diferentes produtos e entre pacientes, com implicações diretas para a durabilidade dos resultados e o planejamento de tratamentos de manutenção.

Estudos experimentais têm empregado a USG-AF para comparar as características de diferentes formulações de materiais preenchedores, tanto em modelos *in vitro* quanto *in vivo*, fornecendo informações relevantes para o desenvolvimento de novos produtos e o aprimoramento das técnicas de aplicação. Essas investigações contribuem para a evolução contínua dos materiais e métodos utilizados em procedimentos estéticos, com potencial impacto na segurança, eficácia e longevidade dos tratamentos (Mlosek, Słoboda, Malinowska, 2018; Wortsman, 2015).

Assim, a caracterização ultrassonográfica dos materiais preenchedores consolida-se como um recurso essencial para o diagnóstico, o planejamento terapêutico e o acompanhamento longitudinal dos procedimentos estéticos faciais, reforçando o papel da ultrassonografia de alta frequência como ferramenta central na prática estética moderna.

2.8 Aprendizado e treinamento em USG-AF

A interpretação adequada das imagens ultrassonográficas requer não apenas conhecimento técnico sobre o funcionamento do equipamento, mas também uma compreensão aprofundada da anatomia facial e de sua representação sonográfica. Essa complexidade resulta em uma curva de aprendizado significativa que pode representar um fator limitante para a adoção da ultrassonografia de alta frequência

por profissionais da área estética (Cotofana *et al.*, 2020; Vasconcelos-Berg *et al.*, 2024).

Cotofana *et al.* (2020) investigaram a curva de aprendizado da ultrassonografia facial em 30 profissionais da área estética, relatando que a proficiência básica foi alcançada após uma média de 40 horas de treinamento, com variações entre os participantes (25 a 60 horas). Os autores identificaram como fatores influentes nessa curva a experiência prévia com ultrassonografia, o conhecimento anatômico e as habilidades psicomotoras individuais.

Schelke *et al.* (2018) propuseram uma abordagem sistemática para o desenvolvimento de competências em ultrassonografia facial, contemplando treinamento teórico sobre princípios físicos do ultrassom e anatomia ultrassonográfica, prática supervisionada em modelos anatômicos e progressão gradual para o ambiente clínico. Os autores enfatizaram que um treinamento estruturado e a prática contínua são essenciais para a superação da curva de aprendizado, garantindo maior segurança e confiabilidade na aplicação clínica da técnica.

A ausência de programas de treinamento padronizados e amplamente acessíveis voltados especificamente para cirurgiões-dentistas representa uma barreira relevante à adoção da USG-AF em procedimentos estéticos odontológicos. Vasconcelos-Berg *et al.* (2024) destacaram a necessidade de desenvolvimento de currículos específicos para ultrassonografia facial, contemplando competências mínimas, métodos de avaliação e critérios de certificação profissional.

Abordagens inovadoras para o treinamento em ultrassonografia facial têm sido propostas, incluindo o uso de simuladores, realidade virtual e programas estruturados de mentoria. Essas estratégias apresentam potencial para reduzir a curva de aprendizado, tornando o processo formativo mais acessível, eficiente e seguro (Cotofana *et al.*, 2020; Vasconcelos-Berg *et al.*, 2024).

2.9 Custo-benefício e acessibilidade da USG-AF

Os equipamentos de ultrassonografia de alta frequência apresentam ampla variação de custo, abrangendo desde sistemas portáteis básicos até unidades de alta

performance com múltiplas funcionalidades. Essa variabilidade de preço influencia diretamente a qualidade da imagem obtida e, conseqüentemente, a aplicabilidade clínica do equipamento, devendo ser considerada no processo de escolha pelo profissional (Vasconcelos-Berg *et al.*, 2024; Mlosek, Słoboda, Malinowska, 2018).

A análise de custo-benefício da implementação da USG-AF em procedimentos estéticos faciais deve considerar não apenas o investimento inicial em equipamentos e treinamento, mas também os potenciais benefícios clínicos associados ao uso, como a redução da incidência de complicações, a melhoria dos resultados estéticos e o aumento da satisfação dos pacientes. Apesar desses potenciais benefícios, estudos formais de custo-efetividade ainda são escassos na literatura, configurando uma lacuna relevante para futuras investigações (Schelke *et al.*, 2020; Vasconcelos-Berg *et al.*, 2024).

O tempo adicional requerido para a execução de procedimentos guiados por ultrassonografia constitui outro fator relevante na análise de custo-benefício, especialmente em ambientes clínicos com alto volume de atendimentos. Bae *et al.* (2020) relataram um acréscimo médio de aproximadamente 15 minutos por procedimento, embora esse tempo tenha diminuído progressivamente com o aumento da experiência do operador.

Modelos alternativos de acesso à tecnologia têm sido propostos com o objetivo de reduzir a barreira econômica associada à USG-AF, incluindo o compartilhamento de equipamentos entre profissionais, contratos de leasing e serviços móveis de ultrassonografia. Essas estratégias podem ampliar o acesso à tecnologia, favorecendo sua adoção por um maior número de profissionais e pacientes (Vasconcelos-Berg *et al.*, 2024; Mlosek, Słoboda, Malinowska, 2018).

Certas regiões faciais apresentam desafios específicos para a visualização ultrassonográfica devido à sua anatomia complexa ou ao acesso limitado. A região periocular, por exemplo, pode ser difícil de avaliar devido à curvatura acentuada e à proximidade com o globo ocular, enquanto a região intraoral apresenta desafios de acesso ao transdutor (Schelke *et al.*, 2020; Vasconcelos-Berg *et al.*, 2024).

A dependência do operador representa uma limitação metodológica relevante da USG-AF, com potencial variabilidade na aquisição e interpretação das imagens entre diferentes profissionais. Essa característica reforça a importância do treinamento padronizado e do controle de qualidade, a fim de garantir resultados consistentes e reproduzíveis (Cotofana *et al.*, 2020; Schelke *et al.*, 2018).

Apesar dos custos iniciais e das limitações técnicas, a relação custo-benefício da USG-AF tende a ser favorável quando considerada sob a perspectiva da segurança do paciente e da prevenção de complicações, especialmente aquelas de maior gravidade clínica e impacto médico-legal.

2.10 Padronização de protocolos no uso da USG-AF

A padronização de protocolos é fundamental para assegurar a reprodutibilidade, a qualidade e a segurança dos procedimentos guiados por ultrassonografia, além de facilitar o treinamento profissional, a comunicação entre especialistas e a comparação de resultados entre estudos e contextos clínicos distintos (Cotofana *et al.*, 2020; Vasconcelos-Berg *et al.*, 2023; Vasconcelos-Berg *et al.*, 2024; Velthuis *et al.*, 2021).

Diversos estudos têm proposto conjuntos de protocolos padronizados para a integração da ultrassonografia à prática diária dos procedimentos estéticos faciais, incluindo recomendações específicas para diferentes regiões anatômicas e tipos de intervenção. Essas propostas enfatizam a adoção de uma abordagem sistemática e reproduzível, com vistas à maximização dos benefícios clínicos da USG-AF (Sigrist *et al.*, 2024; Vasconcelos-Berg *et al.*, 2023; Vasconcelos-Berg *et al.*, 2024; Velthuis *et al.*, 2021; Velthuis *et al.*, 2021).

Schelke *et al.* (2018) descreveram protocolos detalhados para a avaliação ultrassonográfica de diferentes regiões da face, contemplando o posicionamento do transdutor, os parâmetros técnicos do equipamento e os principais marcos anatômicos. Essas descrições contribuem de forma significativa para a padronização e a reprodutibilidade dos procedimentos guiados por ultrassonografia.

A padronização da terminologia utilizada para a descrição dos achados ultrassonográficos em estética facial representa outro desafio relevante. Wortsman (2015) propôs uma terminologia padronizada para a descrição dos diferentes materiais preenchedores e de suas complicações, favorecendo uma comunicação mais clara, precisa e consistente entre os profissionais.

Iniciativas colaborativas envolvendo sociedades científicas, instituições acadêmicas e profissionais experientes são fundamentais para o desenvolvimento, a validação e a disseminação de protocolos padronizados para o uso da USG-AF em procedimentos estéticos faciais. Essas ações têm potencial para acelerar a incorporação segura da tecnologia na prática clínica e elevar o padrão de qualidade dos tratamentos estéticos (Cotofana *et al.*, 2020; Vasconcelos-Berg *et al.*, 2024).²

2.11 Harmonização Orofacial no Brasil

A criação da especialidade de Harmonização Orofacial, exclusiva da Odontologia, em 2019 (Resolução CFO nº 198/2019) evidencia o crescimento expressivo do interesse científico pelo uso da ultrassonografia em procedimentos estéticos faciais no Brasil. Alguns dos procedimentos autorizados aos cirurgiões-dentistas, desde que devidamente habilitados, conforme estabelece a Resolução CFO nº 230/2020 são: aplicação de toxina botulínica, preenchedores faciais e agregados leucoplaquetários autólogos; realizar intradermoterapia e o uso de biomateriais indutores percutâneos de colágeno.

3 OBJETIVOS

3.1 Objetivo geral

Mapear e sintetizar a evidência científica disponível sobre a aplicabilidade da ultrassonografia de alta frequência na avaliação de procedimentos estéticos faciais, abrangendo seus principais usos clínicos, abordagens metodológicas e resultados relatados e identificar limitações quanto a sua implementação.

3.2 Objetivos específicos

- Identificar as principais indicações da ultrassonografia de alta frequência na avaliação pré-procedimento, trans-procedimento e pós-procedimento em procedimentos estéticos faciais.
- Analisar as metodologias empregadas nos estudos incluídos, considerando o desenho do estudo, a população avaliada, os parâmetros de imagem e os desfechos investigados.
- Sintetizar os principais achados relacionados à segurança, à eficácia, à acurácia diagnóstica e à utilidade clínica da ultrassonografia de alta frequência aplicada à estética facial.
- Mapear as principais estruturas anatômicas faciais avaliadas por meio da ultrassonografia de alta frequência e analisar sua relevância para a prevenção de complicações associadas aos procedimentos estéticos.
- Identificar lacunas de conhecimento, limitações metodológicas e áreas que demandam maior padronização ou desenvolvimento metodológico.

4 METODOLOGIA

4.1 Desenho do Estudo e Protocolo

Esta revisão de escopo foi conduzida de acordo com as diretrizes do PRISMA-ScR (Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses extension for Scoping Reviews) e com a estrutura metodológica de cinco etapas proposta por Arksey e O'Malley (2005), incorporando os aprimoramentos recomendados por Levac *et al.* (2010) e pelo Joanna Briggs Institute (JBI).

O protocolo da revisão foi desenvolvido a priori pela equipe de pesquisadores e registrado na plataforma Open Science Framework (OSF) sob o identificador [10.17605/OSF.IO/CEYZT], assegurando transparência, reprodutibilidade e rastreabilidade do processo metodológico. Considerando a natureza iterativa das revisões de escopo, eventuais refinamentos metodológicos foram permitidos, desde que devidamente documentados e justificados.

4.2 Pergunta de Pesquisa

A pergunta norteadora desta revisão foi: “Quais são as aplicações, a eficácia clínica e as considerações técnicas da ultrassonografia de alta frequência em procedimentos estéticos faciais?”

A formulação da pergunta foi estruturada com base no acrônimo PCC (População, Conceito e Contexto), conforme recomendado para revisões de escopo:

- População: Pacientes submetidos a procedimentos estéticos faciais.
- Conceito: Uso da USG-AF.
- Contexto: Procedimentos estéticos faciais minimamente invasivos.

4.3 Critérios de Elegibilidade

4.3.1 Critérios de Inclusão:

Foram incluídos estudos que:

- Abordassem o uso da ultrassonografia de alta frequência em procedimentos estéticos faciais;
- Avaliassem a aplicação da ultrassonografia para guiar injeções de preenchedores dérmicos, toxina botulínica, bioestimuladores de colágeno e a inserção de fios;
- Investigassem o uso da ultrassonografia no diagnóstico, na avaliação ou no manejo de complicações relacionadas a procedimentos estéticos faciais;
- Apresentassem qualquer delineamento metodológico (estudos primários ou secundários);
- Estivessem publicados em qualquer idioma e em qualquer período.

4.3.2 Critérios de Exclusão:

Foram excluídos estudos que:

- Não abordassem especificamente a USG-AF aplicada à estética facial;
- Utilizassem frequência menor que 15 MHz ou não informassem a frequência utilizada;
- Fossem focados exclusivamente em ultrassom microfocado, devido às diferenças conceituais e de aplicação clínica;
- Consistissem em cartas ao editor, editoriais, anais de congressos ou preprints sem dados originais;
- Envolvessem procedimentos fora do escopo da prática odontológica no contexto da harmonização orofacial;
- Fossem estudos em animais ou realizados exclusivamente em cadáveres.

4.4 Fontes de Informação e Estratégia de Busca

A busca foi realizada nas seguintes bases de dados eletrônicas: PubMed, Embase, Scopus, Web of Science, Cochrane, LILACS e Livivo. Para a identificação

de literatura cinzenta, foram consultadas as bases ProQuest e Google Scholar. Adicionalmente, realizou-se busca manual nas listas de referências dos estudos incluídos, visando à identificação de publicações potencialmente elegíveis não recuperadas nas buscas eletrônicas.

As estratégias de busca foram desenvolvidas com o auxílio de um bibliotecário especializado, utilizando combinações de descritores controlados e termos livres relacionados à ultrassonografia de alta frequência e à estética facial, sendo adaptadas às especificidades de cada base de dados.

4.5 Seleção dos Estudos

A seleção dos estudos foi realizada em duas etapas por dois revisores independentes (AL e AV). Na primeira etapa, títulos e resumos foram avaliados para elegibilidade. Na segunda etapa, os textos completos dos estudos potencialmente elegíveis foram analisados. As discordâncias foram resolvidas por consenso ou com a participação de um terceiro revisor (FM). Todo o processo foi documentado em fluxograma conforme o PRISMA 2020, incluindo os motivos para exclusão dos textos completos.

4.6 Extração de Dados

A extração de dados foi realizada de forma independente por dois revisores (AL e AV), com consulta a um terceiro revisor (FM) em caso de discordâncias. Previamente à extração definitiva, os revisores passaram por treinamento e calibração, utilizando uma amostra piloto de estudo.

Os dados extraídos incluíram:

- Características do estudo: autor(es), ano de publicação, país de origem
- Delineamento do estudo e objetivo principal;
- Características da população/amostra: número de participantes/casos;

- Especificações técnicas do ultrassom (frequência do transdutor, tipo de equipamento, protocolos utilizados;
- Principais achados sobre a aplicabilidade da USG-AF;
- Limitações relatadas pelos autores.

Para revisões narrativas e sistemáticas incluídas, adotou-se uma abordagem específica de extração de dados:

- i. Identificação dos estudos primários para evitar duplicação de dados;
- ii. Extração das conclusões principais e recomendações dos autores;
- iii. Documentação da abrangência e foco das revisões narrativas;
- iv. Síntese das lacunas de conhecimento identificadas pelos autores das revisões.

4.7 Síntese e Apresentação dos Resultados

Os dados extraídos foram sintetizados de forma narrativa e descritiva, em consonância com o objetivo de uma revisão de escopo.

A apresentação dos resultados foi organizada por temas, incluindo:

- aplicações clínicas da USG-AF;
- especificações técnicas e protocolos;
- benefícios e limitações;
- evidências de segurança e eficácia;
- estruturas anatômicas avaliadas;
- lacunas de conhecimento e direções futuras.

Os resultados foram apresentados em tabelas, gráficos e texto narrativo, conforme as recomendações do PRISMA-ScR, com estratificação por tipo de delineamento, quando pertinente.

5 RESULTADOS

Modalidade Artigo – Revista Imaging Science in Dentistry.

Clinical applications of high-frequency ultrasound in facial aesthetic procedures: a scoping review

Ana Laura Sabino Coelho¹, Amanda Freire de Melo Vasconcelos¹, Francine do Couto Lima Moreira¹, Fabiana Tolentino Almeida², André Ferreira Leite³, Fernada Vieira Bezerra⁴, José Valladares-Neto⁵, Karine Evangelista Martins Arruda⁵, Maria Alves Garcia Silva¹

¹ Department of Stomathologic Science, School of Dentistry, Federal University of Goiás, Goiânia, Goiás, Brazil.

² Mike Petryk School of Dentistry, Faculty of Medicine and Dentistry, University of Alberta, Edmonton, Canada

³ Department of Dentistry, Faculty of Health Sciences, University of Brasília, Brasília, Brazil

⁴ US Orofacial Clinic, Postgraduate Program in Dentistry, Department of Dentistry, Faculty of Health Science, University of Brasília, Brasília, Brazil

⁵ Department of Orthodontics, School of Dentistry, Federal University of Goiás, Goiânia, Goiás, Brazil.

Address for correspondence:

Dra. Maria Alves Garcia Silva

Avenida Universitária esquina com 1ª Avenida, s/ número, Setor Universitário, Faculdade de Odontologia, Universidade Federal de Goiás.

74605-220, Goiânia, Goiás – Brazil

E-mail: mariaagsilva@gmail.com

ABSTRACT

Purpose: This study aimed to map and synthesize the available scientific evidence on the applicability of high-frequency ultrasound (HFUS) in facial aesthetic procedures, encompassing its main clinical uses, methodological approaches, reported outcomes and identify limitations regarding its implementation.

Materials and Methods: A scoping review was conducted, in accordance with the PRISMA-ScR guidelines, with a protocol previously registered on the Open Science Framework platform. The search strategy included electronic databases (PubMed/MEDLINE, Embase, Scopus, Web of Science, Cochrane, LILACS, and Livivo), grey literature (Google Scholar and ProQuest), and manual reference screening, without restrictions on language or publication data.

Results: A total of 54 studies published between 2008 and 2025 were included. HFUS was primarily applied in three contexts: (1) pre- and post-procedural anatomical mapping; (2) real-time guidance during the application of dermal fillers and botulinum toxin; and (3) diagnosis and management of complications. Most studies reported greater accuracy in identifying anatomical structures, a reduction in vascular complications, improved aesthetic outcomes, and greater clinical predictability compared with conventional unguided techniques. Despite these advantages, important barriers to HFUS were identified, including the lack of knowledge, equipment cost, increased clinical time, and lack of standardized protocols.

Conclusion: HFUS enhances safety and clinical predictability in facial aesthetic procedures. However, its routine adoption still depends on higher-quality clinical evidence, standardized protocols, and structured professional training.

KEYWORDS: Ultrasonography; Cosmetic Techniques; Facial Esthetics; Diagnostic Imaging.

Introduction

Facial aesthetic procedures have experienced significant growth in recent years, driven by increasing demand for minimally invasive interventions and advances in biomaterials and techniques. In this context, the safety and success of these procedures are closely dependent on precise anatomical knowledge, particularly regarding the location and variability of facial vascular structures [1-3].

Approaches based solely on external anatomical landmarks may not provide sufficient accuracy to ensure safe practice. As the number of procedures continues to rise, a proportional increase in complications has also been observed, especially those associated with inadvertent vascular injury, such as ischemia and tissue necrosis. Therefore, the incorporation of imaging methods capable of providing real-time, patient-specific anatomical information has become increasingly relevant. High-frequency ultrasound (HFUS) has emerged as a promising tool in

this scenario, allowing detailed visualization of soft tissues and vascular structures, thereby supporting more accurate, individualized, and safer interventions [4-7].

HFUS enables detailed, real-time visualization of facial structures, including the skin, subcutaneous tissue, muscles, fascia, and vascular components, using high-resolution linear transducers [3, 8-11]. This capability allows precise identification of anatomical planes, improves control of injection depth, and enables direct visualization of filler distribution during and after procedures [12, 13]. As a result, HFUS may enhance procedural accuracy, support clinical decision-making, and reduce the risk of complications associated with aesthetic interventions [4, 14]. By providing dynamic and non-invasive imaging, HFUS may represent a valuable adjunct for both treatment planning and post-procedural assessment.

Despite the benefits described in the literature, the incorporation of HFUS into dental practice remains limited, mainly due to the lack of specific training, challenges in image interpretation, and the absence of standardized clinical protocols [15]. In addition, the available evidence is heterogeneous regarding clinical indications, technical approaches, and reported outcomes, which limits its translation into routine practice [5, 6]. Therefore, there is a need to systematically synthesize the existing evidence to clarify its clinical applications and identify gaps that may guide future research and standardization.

This scoping review aims to map and synthesize the available scientific evidence on the clinical use of high-frequency ultrasound in facial aesthetic procedures, focusing on its clinical applications, methodological approaches, reported outcomes and identify limitations regarding its implementation.

Materials and Methods

Study Design and Protocol

This scoping review was conducted in accordance with the PRISMA-ScR [16] (Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses extension for Scoping Reviews) guidelines. The review protocol was prospectively registered in the Open Science Framework (OSF) platform under the identifier [10.17605/OSF.IO/CEYZT].

The research question was structured according to the Population–Concept–Context (PCC) framework. The population included patients undergoing facial aesthetic procedures. The concept referred to the use of HFUS. The context comprised minimally invasive facial aesthetic procedures. The guiding question was: “What are the clinical applications, efficacy, and technical considerations of high-frequency ultrasound in facial aesthetic procedures?”

Eligibility Criteria

This review included studies addressing the use of high-frequency ultrasound in facial aesthetic procedures.

Studies were excluded if they did not specifically approach HFUS applied to facial aesthetics; they used a frequency lower than 15 MHz or did not report the frequency used; if they were exclusively focused on microfocused ultrasound (due to conceptual and clinical application differences); involved procedures not feasible for dental surgeons; were studies on animals or performed exclusively on cadavers. Letters to the editor, editorials, conference abstracts, or preprints were also excluded (Table 2 – Appendix 1).

Search Strategy and Data Collection

The search was conducted in the following electronic databases: PubMed, Embase, Scopus, Web of Science, Cochrane Library, LILACS, and LIVIVO. Grey literature was searched using ProQuest and Google Scholar. In addition, a manual search of the reference lists of included studies was performed to identify potentially relevant publications not retrieved through the electronic search. A comprehensive search was conducted from database inception through February 2026.

The search strategies were developed using combinations of controlled descriptors and free terms related to high-frequency ultrasound and facial aesthetics, adapted to the specificities of each database. The complete search strategy is presented in Table 3 (Appendix 2).

Study selection was performed in two stages by two independent reviewers (A.L.S.C and A.F.M.V). First, titles and abstracts were screened after removal of duplicates using a reference management software. Second, full texts of potentially eligible studies were assessed.

Disagreements were resolved by consensus or by consultation with a third reviewer (F.V.B). The selection process was documented using a PRISMA-ScR flow diagram, including reasons for full-text exclusion.

Data extraction was conducted independently by two reviewers using a piloted, self-developed standardized data extraction form. Extracted data included study identifiers (author(s), publication year, country of origin), study design, main objective, number of participants, technical specifications of the ultrasound, main findings on the applicability of HFUS, and limitations reported by the authors. A third reviewer verified the extracted data for accuracy, and disagreements were resolved by consensus. The extracted data was processed in Excel.

Synthesis of the summary measures

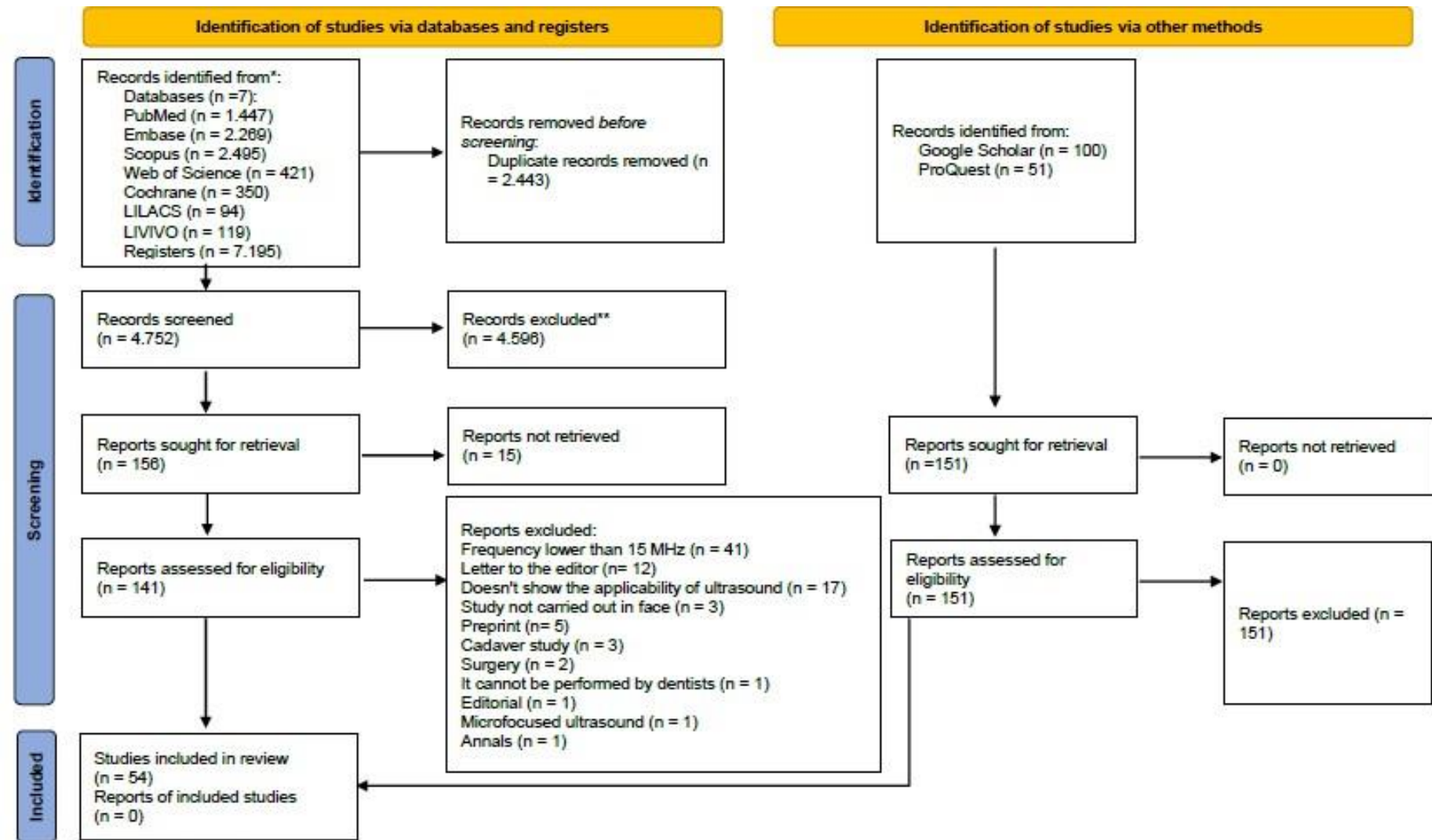
Data were synthesized descriptively, in accordance with the objectives of a scoping review. Results were presented in tables and narrative form, with stratification by study design when appropriate

Results

The results are presented descriptively in tables, figures, and narrative form. Table 1 summarizes the main characteristics of the included studies. The study selection process is illustrated in Fig. 1, following the PRISMA-ScR guidelines. A total of 7,195 records were identified through database and grey literature searches. After removal of duplicates, 4,596 records were screened, resulting in 54 studies included in the review.

Study characteristics

The 54 included studies were published between 2008 and 2025, with a significant increase in the number of publications in the last five years (Fig. 2), highlighting the growing interest in the application of HFUS in facial aesthetic procedures. Most studies were conducted in Asian countries (n=19, 35.1%), followed by South America (n=18, 33.3%), Europe (n=13, 24.07%) and North America (n=4, 7.4%) (Fig. 3). Brazil emerged as the leading single-country contributor, accounting for the highest number of included studies.



Source: Page MJ, et al. BMJ 2021;372:n71. doi: 10.1136/bmj.n71.

This work is licensed under CC BY 4.0. To view a copy of this license, visit <https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>

Fig. 1. PRISMA flow chart of the selection process.

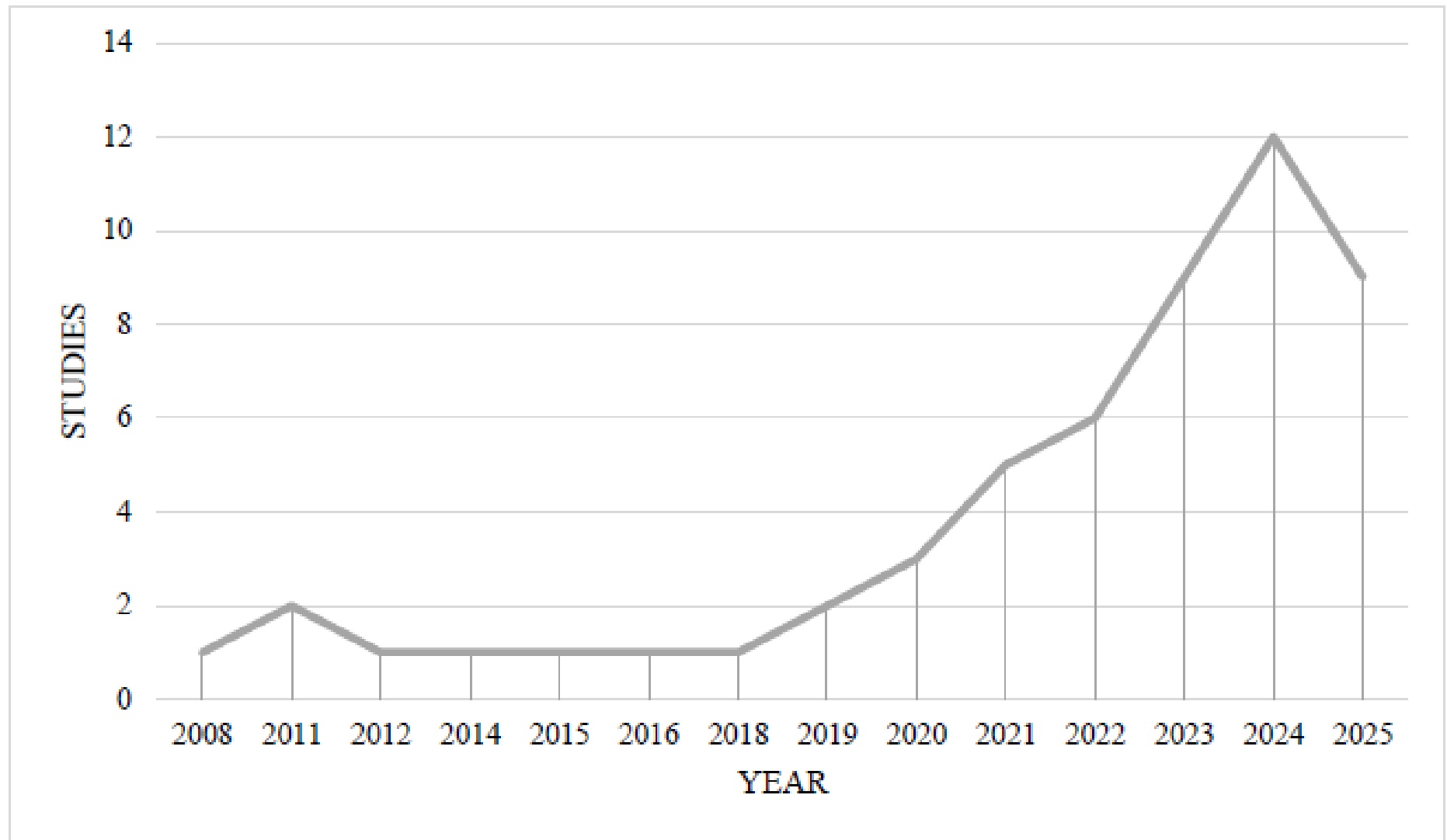


Fig. 2. Studies published by year.

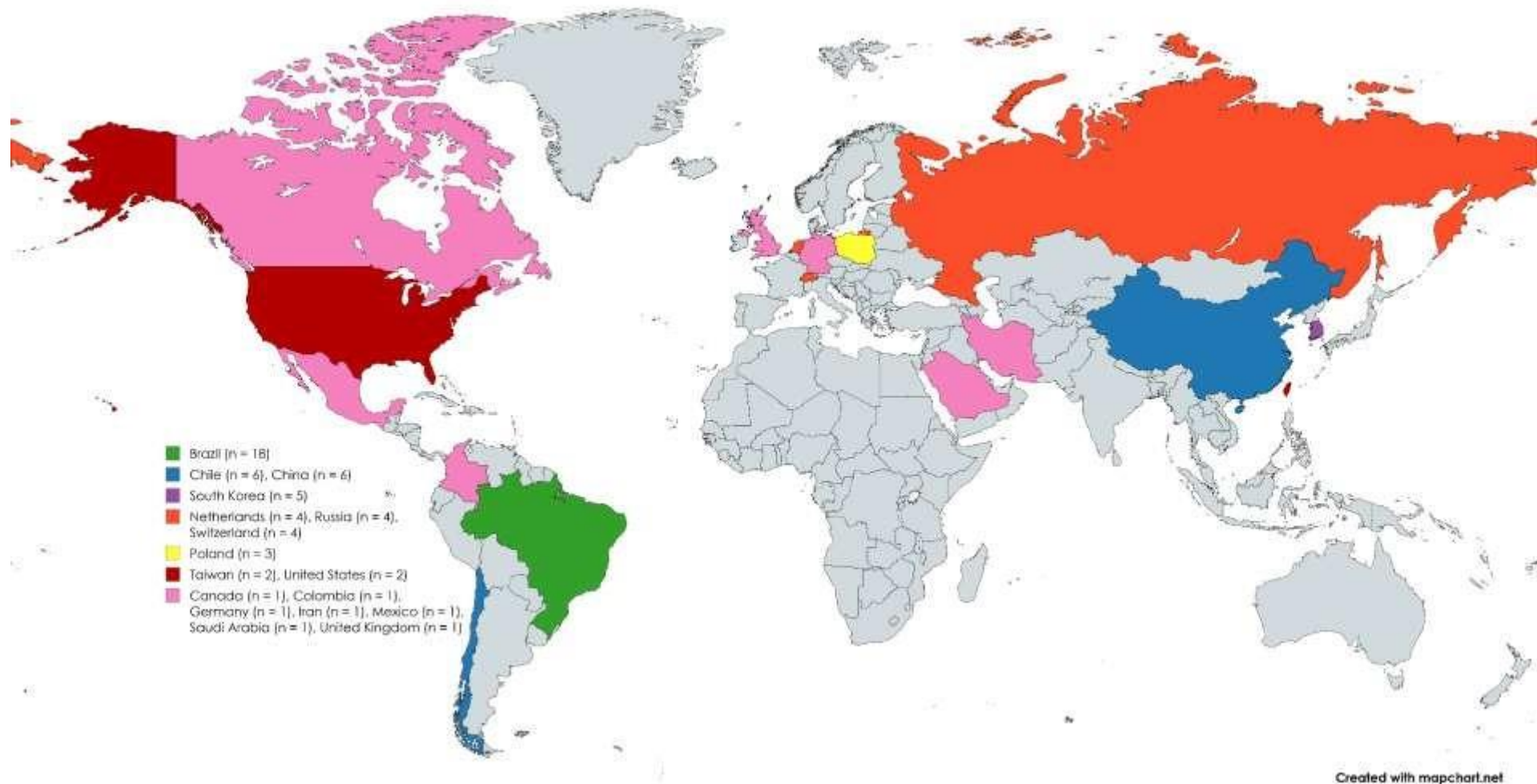


Fig. 3. Geographic distribution of the included studies.

Table 1. Descriptive characteristics of the included studies

Author, year, country	Study Designs	Ultrasound specifications		Clinical applications	Main conclusions
		Brand/model	Transducer/frequency		
Alfertshofer <i>et al.</i>, 2022 Germany	Prospective observational study	LOGIQ S7 Expert, GE Healthcare GmbH	Linear transducer 5 – 15 MHz	Pre-procedural mapping	HFUS ultrasound maps 5 nasal layers and locates arteries in the subdermal plane, aiding in safe injections.
Alimova <i>et al.</i>, 2025 Russia	Observational study	MINDRAY	Linear transducer 10 – 15 MHz	Real-time ultrasound guidance	Ultrasound-guided technology increases precision, reduces complications, and improves satisfaction with facial fillers.
Almushayt, 2025 Saudi Arabia	Literature review	-	Linear and hockey stick transducer 6 – 20 MHz	Pre and post procedural evaluation	High/ ultra-high frequency ultrasound significantly increases accuracy and safety in procedures involving aortic valves.
Bae <i>et al.</i>, 2020 South Korea	Prospective clinical trial	E-CUBE 15 Platinum, ALPINION Medical Systems	Linear transducer 15 MHz	Real-time ultrasound guidance	Ultrasound-guided masseter toxin injection is more effective and prevents paradoxical protrusion.
Bondarenko, 2021 Russia	Observational study	MyLabTwice	Linear transducer 6 – 18 MHz 10 – 22 MHz	Post-procedural evaluation	Ultrasound avoids increasing the dose of hyaluronidase and allows mapping of previously injected fillers.
Bondarenko, 2021 Russia	Observational cohort study	MyLabTwice	Linear transducer 6 – 18 MHz 10 – 22 MHz	Diagnosis and management of complications	Ultrasound identifies signs of fibrosis and inflammation around threads (acoustic shadowing, altered echogenicity).
Bondarenko, 2021 Russia	Observational case-control study	MyLabTwice	Linear transducer 6 – 18 MHz 10 – 22 MHz	Diagnosis and management of complications	Ultrasound (US) defines the level of edema, the presence of filling, and shows low efficacy of hyaluronidase without ultrasound control.
Bravo <i>et al.</i>, 2023 Brazil	Observational study	LogicE device (GE Healthcare)	Linear transducer 18 MHz	Diagnosis and management of complications	High-frequency ultrasound quantifies sustained increase in dermal thickness and aesthetic improvement after HA + CaHA.
Bravo <i>et al.</i>, 2020 Brazil	Case report	-	15 MHz	Real-time ultrasound guidance	High-frequency ultrasound increases the accuracy of localization and excision of PLLA nodules.
Bravo <i>et al.</i>, 2024 Brazil	Case series	LogicE device (GE Healthcare)	Linear transducer 18 MHz	Post-procedural evaluation	This technique, using HA + CaHA, is well-tolerated and generates sustained dermal remodeling without serious side effects.
Bravo <i>et al.</i>, 2024 Brazil	Prospective observational study	Logiq, GE Healthcare	Hockey stick transducer 18 MHz	Post-procedural evaluation	HFUS maps vessels and guides uncomplicated rhinoplasty in 12 cases.
Calomeni <i>et al.</i>, 2023 Brazil	Observational study	Logiq E, GE Healthcare	Hockey stick transducer 18 MHz	Real-time ultrasound guidance and post-procedural evaluation	Filler distribution plan and its migration over 4 weeks.

Cavallieri <i>et al.</i>, 2023 Brazil	Narrative review	-	15 MHz	Real-time ultrasound guidance and pre and post-procedural evaluation	HFUS offers real-time 3D visualization, identifies fillers, and guides injections and complication management.
Chai <i>et al.</i>, 2022 China	Retrospective observational study	GE logic E9	15 MHz	Material characterization	HFUS is a safe and viable method for identifying nasal filler materials.
Figueiredo <i>et al.</i>, 2024 Brazil	Case report	SAEVO - EVUS 5	Linear transducer 7 – 15 MHz	Real-time ultrasound guidance	Ultrasound with Doppler guides hyaluronidase in the labial area, restores flow, and prevents necrosis/ amaurosis.
Goh <i>et al.</i>, 2014 United States	Case series	Logiq p6, GE Healthcare,	15 MHz	Material characterization	HFUS differentiates the distribution patterns of Restylane-L and Belotero in the periocular region.
Gonzalez <i>et al.</i>, 2024 Colombia	Retrospective cross-sectional observational study	Doppler and Color Duplex	Linear transducer 18 MHz	Diagnosis and management of complications	HFUS with Doppler characterizes multiple non-vascular complications of HA through specific patterns.
Gouveia <i>et al.</i>, 2024 Brazil	Case report	GE Healthcare	Linear transducer 18 MHz	Pre and post-procedural evaluation	HFUS visualizes Harmonyca™ and quantifies increases in dermal volume and thickness with a biostimulating effect.
Jaguś, Pawłowska, Mlosek, 2025 Poland	Observational cohort study	Samsung RS80, Samsung Medison	Linear transducer 4 – 18 MHz	Pre-procedural mapping	Ultrasound measures muscle thickness and anatomical variations, helping to plan and monitor toxin treatment in the upper face.
Jiang <i>et al.</i>, 2022 China	Observational study	LogicE9, GE Company	15 MHz	Material characterization	Nasolabial fold filler materials according to specific patterns.
Khorasanizadeh <i>et al.</i>, 2023 Iran	Case series	Aixplorer MACH 20	Linear transducer 18 MHz	Post-procedural evaluation	Color Doppler maps variations in the facial artery, guiding aesthetic procedures more safely.
Kim <i>et al.</i>, 2024 South Korea	Literature review	-	Linear transducer 10 – 18 MHz	Real-time ultrasound guidance	US transforms botulinum toxin injections, increasing precision and safety in facial aesthetics.
Kroumpouzos <i>et al.</i>, 2023 United States	Narrative review	-	15 MHz	Diagnosis and management of complications	HFUS in the lips/ perioral area identifies fillers and complications, guiding hyaluronidase and increasing safety.
Lee <i>et al.</i>, 2021 South Korea	Retrospective observational study	E-cube, Alpinion Medical Systems Co.	Hockey stick transducer 8 – 17 MHz	Pre-procedural mapping	Doppler ultrasound shows arteries at 30% of the standard temporal point, reinforcing previous mapping to avoid occlusion.
Lee, 2023 South Korea	Narrative review	E-cube, Alpinion Medical Systems Co.	Hockey stick transducer 8 – 17 MHz	Pre-procedural mapping	Doppler ultrasound detects nearly all facial arteries and previous filler treatments, increasing the safety of fillers.
Lima <i>et al.</i>, 2019 Brazil	Case report	LOGIQ and GE Healthcare	10 – 22 MHz	Diagnosis and management of complications	HFUS documents external compression of the facial artery by HA and its reversal after hyaluronidase.
Luna S, 2025 Mexico	Retrospective cohort observational study	L20 HD3 Ultrasound	Linear transducer 20 MHz	Pre and post-procedural evaluation	Elastography shows a reduction in facial tissue stiffness after CPM-R, associated with smoother skin.
Mlosek <i>et al.</i>, 2020 Poland	Case series	EPIQ 5 Philips	Linear transducer 18 MHz	Diagnosis and management of complications	HFUS differentiates HA, granuloma, fibrosis, and inflammation in post- filler nodules.

Mlosek, Sloboda, Malinowska, 2018 Poland	Case report	Philips EPIQ 5	Linear transducer 15 MHz	Post-procedural evaluation	HFUS reveals fibrosis, deep/superficial deposits, and alteration of the labial artery in the lips.
Nikolis <i>et al.</i>, 2024 Canada	Prospective clinical trial	Clarius L20 HD 3	Linear transducer 20 MHz	Post-procedural evaluation	HFUS describes the typical ultrasound morphology of HA- Lyft and HA- Defyne deposits in the mandible
Ouyang <i>et al.</i>, 2025 China	Literature review	-	20 and 50 MHz	Real-time ultrasound guidance	PLLA offers safe and long-lasting facial rejuvenation; advancements should focus on individualized protocols.
Petrone <i>et al.</i>, 2025 Brazil	Clinical trial	Logiq, GE Healthcare	9 – 22 MHz	Pre-procedural mapping	Ultrasound shows CaHA in the subcutaneous tissue immediately after the procedure, well distributed, without clumping, with a significant increase in tissue thickness.
Qiao <i>et al.</i>, 2019 China	Randomized, double-blind clinical trial	3XSKIN; MEDA	20 MHz	Post-procedural evaluation	HFUS monitors dermal thickness and distinct diffusion of two HA gels for up to 48 weeks.
Quezada-Gaon <i>et al.</i>, 2016 Chile	Prospective observational case-control study	Logic E9 XD Clear, General Electric Health Systems	Linear transducer 7 – 18 MHz	Real-time ultrasound guidance	Ultrasound-guided BoNT-A in the masseter provides additional anatomical data, customizes dose/depth, and reduces complications.
Rocha, Guerra, Teixeira, 2021 Brazil	Descriptive observation study	DUS Viamo C100; Canon Medical Systems CO	Linear transducer 18 MHz	Real-time ultrasound guidance	DUS maps arteries and confirms perfusion, allowing for 480 fillings without serious vascular events.
Schelke <i>et al.</i>, 2023 Netherlands	Case series	Philips Affinity 70	Linear transducer 18 MHz	Material characterization	Doppler-guided HA removal restores venous flow and improves malar edema in minutes.
Schelke <i>et al.</i>, 2023 Netherlands	Observational retrospective cohort study	Philips Affinity 70	Linear transducer 18 – 20 MHz	Diagnosis and management of complications	The ultrasound identifies the filler at 100% and guides hyaluronidase, reducing average facial volume on all treated sides.
Schelke <i>et al.</i>, 2024 Netherlands	Retrospective observational study	Venue Go and Philips Affinity 70	Linear transducer 18 and 20 MHz	Post-procedural evaluation	US 18–20 MHz details zygome filler migration patterns to temporal compartments
Schelke, Farber, Swift, 2022 Netherlands	Literature review	Philips Affinity 70	Linear transducer 18 MHz	Pre-procedural mapping	Duplex US educational software shows layers, vessels, and fillers in real time, improving accuracy and safety.
Sigrist <i>et al.</i>, 2024 Switzerland	Guide	LOGIQ E10 GE Healthcare and Venue Fit, GE Healthcare and ACUSON Sequoia, Siemens Medical Solutions, Mountain View	Linear transducer 6 – 24 MHz 4 – 20 MHz 6 – 18 MHz	Real-time ultrasound guidance	Ultrasound-guided techniques in the upper third of the face reduce vascular risk and improve the effectiveness of fillers.

Vasconcelos-Berg <i>et al.</i>, 2023 Switzerland	Guide	LOGIQ E10, GE Healthcare and Venue Fit, GE Healthcare and ACUSON Sequoia, Siemens Medical Solutions	Linear transducer 6 – 24 MHz 4 – 20 MHz 6 – 18 MHz	Real-time ultrasound guidance	HFUS+Doppler allows mapping of arteries and tracking of the cannula tip, preventing vascular occlusions.
Vasconcelos-Berg <i>et al.</i>, 2024 Switzerland	Guide	LOGIQ E10, GE Healthcare and Venue Fit, GE Healthcare and ACUSON Sequoia, Siemens Medical Solutions	Linear transducer 6 – 24 MHz 4 – 20 MHz 6 – 18 MHz	Real-time ultrasound guidance	Ultrasound guidelines for the mid-third of the face reduce complications and improve aesthetic outcomes.
Vasconcelos-Berg <i>et al.</i>, 2025 Switzerland	Narrative review	LOGIQ E10, GE Healthcare and Venue Fit, GE Healthcare and ACUSON Sequoia, Siemens Medical Solutions	Linear transducer 6 – 24 MHz 4 – 20 MHz 6 – 18 MHz	Real-time ultrasound guidance	US uses three rosary facials to avoid occlusions, injections intraglandular and nodules in real time
Wortsman, 2012 Chile	Narrative review	HDI 5000 and iU22 systems (Philips Healthcare) and MyLab Gold 70 XVG and Twice systems (Esaote spa)	7 – 18 MHz	Material characterization	Ultrasound quantifies skin abnormalities and identifies fillers, improving cosmetic evaluation and prognosis.
Wortsman, 2015 Chile	Literature review	LOGIQ E9 XD Clear (GE Healthcare)	Linear transducer 5 – 18 MHz	Material characterization	Ultrasound (US) is a first-line imaging method for detecting, identifying, and mapping cosmetic fillers, including previous deposits that may complicate new procedures.
Wortsman <i>et al.</i>, 2011 Chile	Case report	HDI 5000 (Philips)	Linear transducer 7 – 15 MHz	Diagnosis and management of complications	Fillers are consistently detectable; each agent has a specific ultrasound pattern, allowing for the location of deposits, assessment of their extent, and association with inflammatory dermatopathies.
Wortsman <i>et al.</i>, 2025 Chile	Retrospective observation study	General Electric Logic E10 and S8, P9, Voluson and Venue and Philips	15 - 24 MHz	Material characterization	Ultrasound provides detailed anatomical information about granulomatous reactions to fillers, aiding in diagnosis and treatment.

		Epiq 7 and Canon Aplio A and Samsung HS and Clarius L20HD3			
Wortsman, Wortsman, 2011 Chile	Case series	HDI 5000; IU 22 (Philips Healthcare); MyLab XV70 Gold; Twice (Esaote Biomedical)	7 – 18 MHz	Material characterization	HFUS identifies results and complications of toxins, fillers, fat, threads, implants, and cosmetic surgeries in real time.
Wu <i>et al.</i>, 2022 Taiwan	Literature review	X-Cube 90, Alpinion Medical Systems Co. Ltd.	Linear transducer 10 – 25 MHz	Real-time ultrasound guidance	HFUS delineates facial muscles, measures thickness and echotexture, with the potential to guide botulinum toxin application more safely.
Wu <i>et al.</i>, 2022 Taiwan	Pictorial essay	X -Cube 90	Linear transducer 10 – 25 MHz	Pre-procedural mapping	Ultrasound locates critical blood vessels and nerves before toxin and fillers are applied, reducing the risk of necrosis, blindness, and stroke.
Wu <i>et al.</i>, 2024 China	Randomized, prospective clinical trial	Venue Fit Expert, GE Medical Systems	Linear transducer 10 – 22 MHz	Pre-procedural mapping	Ultrasound-guided toxin injection into the glabella has a faster onset of action and better results than the blind technique.
Yi <i>et al.</i>, 2025 South Korea	Cross-sectional observation study	Sonimage HS1; KONICA MINOLTA	Linear transducer 18 MHz	Pre-procedural mapping	The US detailed the fine anatomy of the nasal muscles, providing a basis for more targeted and precise botulinum toxin injections, with the potential to improve aesthetic results for the nose.
Young, Bolton, Downie, 2008 United Kingdom	Pilot study	Episcan, Longport, Inc.	20 MHz	Post-procedural evaluation	Ultrasound allowed for clear visualization and measurement of the fillers in all volunteers, differentiating treated from untreated lips and quantifying volume changes over time, making it possible to monitor reabsorption, displacement, or fragmentation of the material.
Yuan <i>et al.</i>, 2024 China	Retrospective observation study	Logice9 (GE, USA)	15 MHz	Material characterization	HFUS helps identify the type and distribution of various frontal filling materials and differentiate them from diseased tissue.

Results of the studies

Regarding the methodological design, the included studies were categorized as presented below.

Clinical Trials (n=5, 9.2%): [14, 17-20] Two randomized clinical trials included in this review primarily evaluated the efficacy and safety of HFUS as a guide for botulinum toxin and dermal filler injections [19, 20]. Among the clinical trials, two randomized studies evaluated the efficacy and safety of HFUS as a guidance tool for botulinum toxin and dermal filler injections [19, 20]. Overall, these studies reported improved accuracy in identifying target muscles and anatomical structures when HFUS was used. In botulinum toxin applications, HFUS use was associated with reduced adverse effects, improved visualization of anatomy, more precise and individualized injections, greater patient satisfaction, more predictable aesthetic outcomes, and lower doses required to achieve the desired effect. Clinical trials focusing on dermal fillers reported a reduced risk of vascular complications, improved visualization of tissue layers and their thickness, and more homogeneous distribution of the injected material, contributing to more consistent aesthetic outcomes. Studies evaluating calcium hydroxyapatite reported improved material distribution and integration, as well as increased dermal thickness.

Observational Studies (n=21, 38.8%): [1, 13, 21-39] Observational studies, including cohort (n=4) [23, 30, 33, 35] and case-control (n=2) [13, 24] designs, investigated multiple applications of HFUS in facial aesthetics. These studies addressed the diagnosis and characterization of complications, anatomical and vascular mapping, guidance of injections, and monitoring of treatment outcomes. In addition, HFUS enabled the identification and differentiation of injected materials, assessment of long-term safety, and evaluation of the learning curve of professionals. Some studies also explored correlations between ultrasound findings and clinical outcomes.

Pilot Studies (n=1, 1.8%) [10]: Pilot studies focused on the feasibility and accuracy of HFUS, particularly for detecting complications and monitoring treatment outcomes. These studies also provided preliminary evidence on individualized anatomical assessment,

characteristic echogenic patterns of different filler materials, and optimal technical parameters for visualizing specific facial structures.

Case Series and Case Reports: Case series (n=6, 11.1%) [40-45] and case reports (n=6, 11.1%) [11, 46-50] provided detailed insights into the application of HFUS in clinical practice. These studies described characteristic ultrasound patterns of different filler materials, including anechoic or hypoechoic areas for hyaluronic acid, a “snowstorm” pattern for silicone oil, hyperechoic points with reverberation for polymethyl methacrylate (PMMA), and hyperechogenicity with posterior acoustic shadowing for calcium hydroxyapatite. In addition, these studies explored the interaction between injected materials and surrounding tissues, described specific HFUS techniques for different facial regions, and reported the use of ultrasound, including Doppler, in the management of complications. They also highlighted innovative applications of HFUS in specific aesthetic procedures.

Reviews: Narrative reviews (n=5, 9.2%) [12, 51-54] and literature reviews (n=6, 11.1%) [6, 55-59] synthesized the available evidence on the use of HFUS in facial aesthetic procedures. These studies summarized current knowledge on HFUS applications, provided expert recommendations for its clinical use, and discussed its potential role in facial aesthetics. In addition, they identified gaps in the literature and highlighted directions for future research.

Practical Guides (n=3, 5.5%): The included practical guides described standardized transducer positioning, real-time procedural guidance, and approaches for the visualization of facial sonoanatomy [9, 60, 61].

Pictorial Essay (n=1, 1.8%): The pictorial essay focused on the sonoanatomy of neurovascular structures and emphasized the relevance of HFUS in the pre-procedural assessment of facial aesthetic procedures [62].

Clinical Applications

Analysis of the included studies indicates that HFUS is a multifunctional tool applied at different stages of facial aesthetic procedures, including pre-procedural mapping, real-time guidance during interventions, and post-procedural evaluation.

Pre-procedural mapping was reported in 13 studies (24.07%), [18, 20, 21, 30, 32, 33, 38, 48, 51, 53, 55, 58, 62] enabling visualization of individual facial anatomy, including vascular structures such as the facial, angular, and temporal arteries, as well as skin thickness and muscle location. This approach supports safer treatment planning and may help reduce the risk of inadvertent intravascular injections, particularly in high-risk areas.

Real-time ultrasound guidance was described in 15 studies (27.7%), [1, 9, 12-13, 27, 34, 46, 47, 51, 56, 57, 59-61] allowing visualization of needle or cannula positioning and more accurate deposition of materials such as dermal fillers, botulinum toxin, threads, and collagen biostimulators. This application was associated with improved procedural reliability, particularly in anatomically complex regions such as the glabella, nose, and temporal areas.

HFUS also supported the diagnosis and management of complications (n=9, 16.6%), enabling identification of adverse events such as nodules, granulomas, and vascular complications [23-25, 29, 35, 43, 49, 50, 52]. In addition, it allowed differentiation between hematoma, edema, and misplaced filler, and guided interventions such as hyaluronidase injection [10, 11, 17, 25, 27, 36, 41, 48, 51, 55].

Post-procedural evaluation was reported in 14 studies (25.9%), including monitoring of treatment outcomes and assessment of tissue response following aesthetic interventions [10, 11, 17, 19, 22, 26, 27, 33, 36, 41, 42, 48, 51, 55]. Material characterization was described in 9 studies (16.6%), supporting the identification and differentiation of previously injected substances, such as dermal fillers, polymethyl methacrylate, silicone oil, threads, and collagen biostimulators [6, 28, 31, 37, 39, 40, 44, 45, 54].

Imaging Characteristics

Distinct ultrasonographic patterns were described for different materials and clinical conditions. Hyaluronic acid typically appeared as well-defined anechoic or hypoechoic areas, whereas silicone oil presented a characteristic “snowstorm” pattern [17, 19, 31, 43, 50, 52]. The degradation of the HA is seen as hyperechoic particles [6].

Threads were visualized according to their composition, with non-absorbable materials presenting hypoechoic centers and hyperechoic borders, and absorbable threads appearing predominantly hyperechoic [24].

Permanent fillers were described as hyperechoic masses with defined borders, while collagen biostimulators showed hyperechoic areas with posterior acoustic shadowing in a cloud-like pattern [18, 31, 50, 52].

Inflammatory processes were associated with reduced echogenicity [23, 24], while granulomas exhibited heterogeneous hypoechoic patterns without clear margins [43, 52].

Other conditions, such as edema, abscesses, and the Tyndall effect, also presented characteristic ultrasonographic findings, reinforcing the role of HFUS in differential diagnosis and clinical decision-making [3, 29].

Technical Parameters

The studies analyzed used a variety of ultrasound equipment and configurations. Transducer frequencies ranged from 15 MHz to 50 MHz, with most studies using frequencies between 15 and 18 MHz. Wideband linear transducers were the most commonly employed, followed by hockey stick. Doppler technology was used in 9 studies, mainly for the identification of vascular structures and the evaluation of blood flow. The use of color Doppler was consistently highlighted as an important resource for mapping arteries and veins and supporting safer procedural planning, particularly in high-risk anatomical regions [21, 29, 32, 41, 49, 50, 53].

Efficacy and Safety

The efficacy of HFUS was evaluated using objective and subjective measures. Objective outcomes included accuracy of material placement, facial symmetry, durability of results, and reduction in the required dose of botulinum toxin or volume of fillers. Subjective outcomes included patient satisfaction, professional evaluation, and quality of life [1, 57]. Clinical trials have consistently demonstrated that HFUS procedures, compared to conventional techniques,

resulted in greater accuracy in material placement, more predictable aesthetic results, greater durability of results, and a reduction in the amount of material required [19, 20].

Safety was evaluated through the consequences of immediate (adverse events during the procedure, pain, edema, erythema, ecchymosis, and acute vascular events) and late (formation of nodules, granulomas, biofilms, migration of filled material, asymmetries, and immunological reactions) consequences [55, 60]. In addition, ultrasound-guided procedures were associated with reduced incidence and severity of complications, as well as improved ability to detect and manage adverse events at early stages [9, 45].

Barriers and Limitations

The main barriers to the implementation of HFUS in facial aesthetic procedures included the need for specific training and experience for accurate image interpretation [1, 9, 25, 26, 55], the high cost of equipment [1, 17, 55, 61], and increased procedure time, particularly during the initial learning phase [9, 14, 60-62].

Technical limitations were also reported, including difficulties in visualizing certain structures or specific anatomical regions [59]. In addition, the lack of standardized protocols remains a relevant limitation, restricting the reproducibility and broader adoption of HFUS in clinical practice [46-48, 56].

Discussion

The findings of this scoping review demonstrate that high-frequency ultrasound is a versatile tool applied across multiple stages of facial aesthetic procedures, including pre-procedural mapping, real-time guidance, and post-procedural evaluation. Its widespread use for guiding injections of dermal fillers, botulinum toxin, collagen biostimulators, and thread placement reflects a shift toward image-guided approaches in clinical practice. This transition is largely driven by the need to improve procedural reliability and reduce technique-related variability [1, 51]. In addition, its ability to identify vascular structures and guide interventions dynamically contributes to effective risk mitigation, particularly in anatomically complex or

high-risk areas. These advantages are reflected in more consistent aesthetic outcomes, reduced incidence of adverse events, and improved management of complications when compared with conventional, non-imaging-guided approaches.

Compared to computed tomography (CT), radiography, and magnetic resonance imaging (MRI), ultrasound stands out for being dynamic, real-time, without ionizing radiation, and generally more accessible and cheaper, although with a smaller field of view and greater operator dependence [60, 63-65]. Computed tomography and X-ray offer better evaluation of bone and deep structures using radiation; magnetic resonance imaging is superior in deep soft tissues, but more expensive, slower, and less available for guiding real-time procedures [63-65]. Thus, in facial aesthetics, ultrasound is unique: it allows mapping of vessels and injected products directly in the procedure room, something that other imaging modalities cannot offer with the same practicality.

Ultrasound-guided application of botulinum toxin benefits directly from this imaging precision. HFUS allows accurate identification and delimitation of target muscles, such as the masseter, where interindividual anatomical variability may strongly affect both aesthetic and functional outcomes. Studies by Quezada-Gaón et al. (2016) [13] and Bae et al. (2020) [14] showed that ultrasound-guided injections were associated with greater clinical efficacy and fewer adverse effects compared with techniques based solely on external anatomical landmarks. Ultrasound imaging is also central to the diagnosis and therapeutic management of complications, representing one of the most frequent indications for HFUS.

The dominant use of HFUS in the literature is as a real-time image guidance method for dermal filler injections, botulinum toxin, collagen biostimulators, and thread insertion, as well as for the diagnosis and management of complications, pre- and postoperative evaluation, and identification of previously injected materials [1, 11–14, 18, 20, 24–26, 28-32, 34-36, 39, 45, 47-55, 58-61]. The predominance of imaging-guided protocols reflects a growing concern with procedural safety, particularly considering the risk of serious vascular events [12, 29, 32, 34, 53].

The ability of ultrasound to display vessels in real time, especially when combined with Doppler imaging, represents a relevant advancement. Vascular structures can be directly visualized, differentiated as arteries or veins, and assessed in real time, allowing clinicians to adjust the needle or cannula trajectory and avoid critical vessels during procedures [1, 4, 29, 47, 52, 53]. These findings are in line with Schelke et al. (2020) [5] and Beleznay et al. (2019) [4], who emphasize the crucial role of detailed vascular imaging in preventing severe adverse events in high-risk facial areas.

Through B-mode and Doppler images, the examiner can differentiate between inflammatory nodules, granulomas, and biofilm-related lesions, and can visually guide treatments such as enzymatic degradation of hyaluronic acid with hyaluronidase or aspiration of material, precisely targeting the affected region under real-time visualization [29, 43, 51, 53].

Pre- and postoperative assessment represent expanding applications of HFUS. The technique also enables identification of previously injected materials, with direct implications for personalized treatment planning. Clinicians can measure tissue thickness, determine the depth and location of critical structures, and visualize existing fillers or implants such as collagen biostimulators, polymethyl methacrylate (PMMA), silicone oil, and threads—often unknown to the patient or practitioner [1, 28, 31, 39, 45, 54]. This information can significantly modify treatment strategies and prevent adverse interactions between different products. From a rejuvenation perspective, HFUS allows differentiation between younger and older facial patterns by depicting age-related changes, including fat compartment redistribution and dermal thinning, as well as muscle positioning and neurovascular pathways [1, 51].

Several studies have demonstrated that HFUS is a valuable diagnostic tool for objectively monitoring treatment outcomes. It enables visualization of increased soft tissue thickness and improved skin texture following fillers or collagen biostimulators by comparing pre- and post-treatment images [25, 30, 48, 55, 59]. Increased dermal and epidermal thickness, along with greater dermal echogenicity, suggests neocollagenesis. Additionally, HFUS can document reductions in muscle thickness following botulinum toxin injection, correlating with improved facial contour [14]. Thus, ultrasonography not only supports decision-making before

and during procedures but also provides an objective, image-based method for follow-up and patient education.

From a technical perspective, the predominance of transducers in the 10–18 MHz range reflects an optimal balance between resolution and penetration depth for facial applications [13, 20, 24, 28, 39, 49-51, 54]. This frequency range enables detailed visualization of the epidermis, dermis, subcutaneous tissue, and deeper structures such as muscles and vessels. The preference for wideband linear transducers aligns with the need to accurately assess superficial structures and adapt to facial contours [11, 13, 14, 21, 22, 25, 26, 29, 35, 40, 43, 47, 48, 54, 58-61]. The increasing use of specialized transducers, such as hockey stick probes, also suggests a trend toward greater technical refinement and adaptation to specific anatomical regions, such as the periocular and perioral regions [26, 32, 53].

The integration of Doppler technology further enhances the clinical utility of HFUS by enabling real-time assessment of vascular structures and blood flow. This feature plays a critical role in risk mitigation by allowing clinicians to identify and avoid critical vessels, reducing the likelihood of complications such as arterial occlusion and tissue necrosis [1, 4, 29, 47, 52]. Real-time feedback also enables immediate adjustment of injection techniques, contrasting with traditional approaches based primarily on surface anatomy.

The face is irrigated by a dense network of branches of the internal and external carotid arteries, with multiple anastomoses between facial and ophthalmic arteries [64]. Small volumes of filler within arteries such as the supratrochlear/supraorbital arteries can progress regressively to the ophthalmic and central retinal arteries, causing embolisms with permanent blindness, stroke, and even death [64-67]. In series and reviews, blindness is the most frequent vascular complication after filler occlusion, with a high rate of non-visual recovery [64, 65, 68]. Therefore, in-depth knowledge of the path of facial vessels and their branches, the use of blunt cannulas, low volumes, and a slow, regressive technique are considered essential preventive measures [64, 68].

From the patient's perspective, real-time visualization of the procedure on the monitor enhanced confidence and reinforced trust in procedural reliability and overall clinical

performance [1]. A central finding across the included studies is the contribution of HFUS to risk mitigation. Its ability to enable dynamic adjustment of injection planes and early detection of complications leads to less severe clinical outcomes when adverse events occur [1, 51]. Overall, the incorporation of HFUS into aesthetics practice represents a meaningful advancement, supporting more consistent and evidence-based facial aesthetic procedures.

Barriers, knowledge gaps, and future directions are closely linked to how HFUS is learned, implemented, and validated in clinical practice. Despite its advantages, widespread adoption remains limited by the need for specialized training in image acquisition and interpretation [1, 3, 6, 9, 10, 21, 45, 47-55, 58-61]. Although this additional investment is associated with improved outcomes, it currently restricts routine use in aesthetics practices [1, 9, 54, 55]. Additional challenges include the high cost of equipment and increased procedure time, especially during the learning phase. Technical limitations and the lack of standardized protocols further hinder reproducibility and broader implementation.

Hand held ultrasound and portable probes (POCUS) expand this concept, offering immediate, radiation-free images in lightweight, lower-cost devices, accessible in real time and in clinics [61, 69-73]. Studies with multiple portable devices show good image quality, high portability, and great acceptance by specialists, who highlight the speed of clinical decision-making and the possibility of continuous use in busy routines [61, 69-73]. In emergency services, these devices allow for rapid assessment of acute conditions, which illustrates their potential in environments with limited space or resources [69-70].

The growing availability of portable and lower-cost ultrasound devices, including smartphone-connected systems, represents a promising pathway to increase accessibility. However, robust comparative studies evaluating their performance relative to conventional systems are still lacking [5, 12]. In parallel, there is a clear educational gap; dentists are rarely exposed to HFUS during undergraduate training, and effective use of facial ultrasonography demands not only technical handling of the probe, but also in-depth knowledge of facial anatomy as it appears on ultrasound images [10, 21, 51].

The analysis of the included studies revealed several important gaps in the current literature regarding the use of high-frequency ultrasound in facial aesthetic procedures.

A consistent limitation is the lack of cost-effectiveness analyses evaluating the economic impact of HFUS implementation in clinical practice, particularly considering equipment costs, training requirements, and additional procedure time [9, 55].

In terms of methodological rigor, there is a notable scarcity of large-scale randomized clinical trials directly comparing ultrasound-guided procedures with conventional techniques, which limits the strength of the available evidence [41, 43, 57, 58].

Another critical gap relates to the absence of standardized protocols for different procedures and facial regions, which restricts reproducibility and consistent clinical application across practitioners [6, 45, 47].

Additionally, longitudinal studies with long-term follow-up are limited, hindering a comprehensive understanding of the durability of outcomes and the detection of late complications associated with ultrasound-guided interventions [6, 51, 57, 59].

Finally, there is a clear need for research focused on training and professional qualification, particularly regarding effective educational strategies and skill development in facial ultrasonography [55, 58, 60, 61].

In conclusion, this scoping review demonstrates that high-frequency ultrasound represents a relevant and increasingly adopted tool in facial aesthetic procedures, with consistent evidence supporting its role across multiple clinical applications, including treatment planning, real-time guidance, and post-procedural evaluation. Its use is associated with improved clinical performance, enhanced procedural reliability, and effective risk mitigation, particularly in anatomically complex and high-risk areas.

Despite these advantages, the routine incorporation of HFUS into clinical practice remains limited by methodological and practical challenges, including the need for higher-quality evidence, standardized protocols, and structured training pathways. Addressing these

limitations through well-designed clinical trials and the development of consensus-based guidelines will be essential to support its broader implementation.

Overall, HFUS has the potential to redefine current standards in facial aesthetic practice, contributing to more consistent, individualized, and evidence-based interventions.

Conflicts of interests

This study has no conflicts of interest.

Acknowledgement

This study was supported by the Coordination for the Improvement of Higher Education Personnel (CAPES).

References

1. Alimova S, Tlaiss Y, Truten V, Warrak J. Clinical algorithm for ultrasound-guided facial and neck rejuvenation. *J Med Ultrasound* 2025; 33: 253-9.
2. Cotofana S, Alfertshofer M, Schenck TL, Bertucci V, Beleznay K, Ascher K, et al. Anatomy of the Superior and Inferior Labial Arteries Revised: an ultrasound investigation and implication for lip volumization. *Aesthet Surg J* 2020; 40: 1327-35.
3. Schelke LW, Decates TS, Velthuis PJ. Ultrasound to improve the safety of hyaluronic acid filler treatments. *J Cosmet Dermatol* 2018; 17: 1019–24.
4. Beleznay K, Carruthers JD, Humphrey S, Carruthers A, Jones D. Update on Avoiding and Treating Blindness From Fillers: a recent review of the world literature. *Aesthet Surg J* 2019; 39: 662-74.
5. Schelke LW, Cassuto D, Velthuis P, Wortsman X. Nomenclature proposal for the sonographic description and reporting of soft tissue fillers. *J Cosmet Dermatol* 2020; 19:282-88.
6. Wortsman X. Identification and Complications of Cosmetic Fillers: Sonography First. *J Ultrasound Med* 2015; 34:1163-72.
7. Zattar LC, Faria G, Boggio R. U-SMAS: ultrasound findings of the superficial musculoaponeurotic system. *Radiol Bras* 2024; 57:e20240035.
8. Castilho VA, Furtado GR, Barbosa KL, Costa MF, Saliba TA, Junior OA, et al. Techniques for the safety use of high-frequency ultrasound-guided for facial procedures: a technical note. *J Adv Med Res* 2023; 35: 335-45.

9. Vasconcelos-Berg R, Izidoro JF, Wenz F, Müller A, Navarini AA, Sigrist RM. Doppler ultrasound-guided filler injections: useful tips to integrate ultrasound in daily practice. *Aesthet Surg J* 2023; 43: 773-83.
10. Young SR, Bolton PA, Downie J. Use of high-frequency ultrasound in the assessment of injectable dermal fillers. *Skin Res Technol* 2008; 14: 320-23.
11. Mlosek RK, Słoboda K, Malinowska S. High frequency ultrasound imaging as a "potential" way of evaluation modality in side effects of lip augmentation - case report. *J Cosmet Laser Ther* 2019; 21: 203-05.
12. Vasconcelos-Berg R, Desyatnikova S, Bonavia P, Navarini A, Chammas MC, Sigrist R. Best Practices for the Use of High-Frequency Ultrasound to Guide Esthetic Filler Injections-Part 3: Lower Third of the Face. *Diagnostics (Basel)* 2025; 15: 921.
13. Quezada-Gaon N, Wortsman X, Peñaloza O, Carrasco JE. Comparison of clinical marking and ultrasound-guided injection of Botulinum type A toxin into the masseter muscles for treating bruxism and its cosmetic effects. *J Cosmet Dermatol* 2016; 15: 238-44.
14. Bae H, Kim J, Seo KK, Hu KS, Kim ST, Kim HJ. Comparison between Conventional Blind Injections and Ultrasound-Guided Injections of Botulinum Toxin Type A into the Masseter: A Clinical Trial. *Toxins (Basel)* 2020; 12: 588.
15. Vieira MC, Dias YV, Freitas SA. The use of ultrasound in dentistry: a literature review. *Reseach, Society and Development* 2023; 12: 1-7.
16. Tricco AC, Lillie E, Zarin W, O'Brien KK, Colquhoun H, Levac D, et al. PRISMA extension for scoping reviews (PRISMA-ScR): checklist and explanation. *Ann Intern Med* 2018; 169: 467-73.
17. Nikolis A, Enright KM, Cotofana S, Nguyen Q, Safran T. Comparative Trial Evaluating a High- Versus Low-Integration Hyaluronic Acid Filler for Contouring the Jawline. *Aesthetic Plast Surg* 2025; 49: 31-42.
18. Petrone G, Leão C, Morais D, Ducati E, Kasai M, Viana R. Clinical Evaluation of an Innovative CaHA Bio-Stimulator in Facial Rejuvenation: 1 Year Follow-Up. *J Cosmet Dermatol* 2025; 24:e70210.
19. Qiao J, Jia QN, Jin HZ, Li F, He CX, Yang J, et al. Long-term follow-up of longevity and diffusion pattern of hyaluronic acid in nasolabial fold correction through high-frequency ultrasound. *Plastic and Reconstructive Surgery* 2019; 144: 189-96.
20. Wu Y, Zhang Y, Li H, Lin J, Ye H, Chen X, et al. A prospective and randomized study comparing ultrasound-guided real time injection to conventional blind injection of botulinum neurotoxin for glabellar wrinkles. *J Cosmet Dermatol* 2024; 23: 2867-75.

21. Alfertshofer MG, Frank K, Ehrl D, Freytag DL, Moellhoff N, Gotkin RH, et al. The Layered Anatomy of the Nose: An Ultrasound-Based Investigation. *Aesthet Surg J* 2022; 42: 349-57.
22. Bondarenko IN. High-resolution ultrasonic diagnostics in post-contouring oedema. *Kuban Scientific Medical Bulletin* 2021; 28: 32-42.
23. Bondarenko IN. The role of high-resolution ultrasonic examination in the analysis of the structure and causes of complications after cosmetological thread implantation into the face and neck soft tissues. *Innovative Medicine of Kuban* 2021; 14-20.
24. Bondarenko IN. High-resolution ultrasound of cosmetic threads after their implantation into the soft tissues of the face and neck. *Innovative Medicine of Kuban* 2021; 28-33.
25. Bravo BS, de Almeida TS, Carvalho RM, Machado CJ, Bravo LG, Elias MC. Dermal Thickness Increase and Aesthetic Improvement with Hybrid Product Combining Hyaluronic Acid and Calcium Hydroxyapatite: A Clinical and Sonographic Analysis. *Plast Reconstr Surg Glob Open* 2023; 11: e5055.
26. Bravo BS, Carvalho RM, Elias MC, Nobre CS, Alves GL, Bravo LG, et al. Nasal filling guided by high frequency ultrasound: Reducing risks. *J Cosmet Dermatol* 2024; 23: 3256-62.
27. Calomeni M, Bravo BS, Schelke LW, Velthuis PJ, Schalet G, Frank K, et al. Precision of Soft-Tissue Filler Injections: An Ultrasound-Based Verification Study. *Aesthet Surg J* 2023; 43:353-61.
28. Chai H, Su X, Yuan L, Li Z, Liu Y, Dou M, et al. Application of high-frequency ultrasound in detection and identification of nasal filling injection materials. *J Cosmet Dermatol* 2022; 21: 4276-87.
29. Gonzalez C, Duque-Clavijo V, Kroumpouzou G, Garcia Concha AM, Olmos Perez M. Ultrasonographic features of nonvascular complications of hyaluronic acid fillers: a retrospective study at a reference center for dermatologic ultrasonography. *Clin Dermatol* 2024; 42: 538-46.
30. Jaguś D, Pawłowska A, Mlosek RK. Ultrasound Evaluation of Upper Facial Muscles to Guide Botulinum Toxin Application. *Toxins (Basel)* 2025; 17: 595.
31. Jiang L, Yuan L, Li Z, Su X, Hu J, Chai H. High-Frequency Ultrasound of Facial Filler Materials in the Nasolabial Groove. *Aesthetic Plast Surg* 2022; 46: 2972-78.
32. Lee W, Moon HJ, Kim MS, Cheon GW, Yang EJ. Pre-injection ultrasound scanning for treating temporal hollowing. *J Cosmet Dermatol* 2022; 21: 2420-25.
33. Luna S. Bio-Revitalizing SkinGlow: Assessing the Efficacy of Microcannula-Assisted Treatment With Cohesive Polydensified Matrix Hyaluronic Acid With Glycerol

- (Belotero Revive) Through Ultrasound Elastography and Corneometry. *J Cosmet Dermatol* 2025; 24: e70509.
34. Rocha PS, Guerra TA, Teixeira DA. Description of a safe doppler ultrasound-guided technique for hyaluronic acid filler in the face-A method to avoid adverse vascular events. *J Cosmet Dermatol* 2022; 21: 2783-87.
 35. Schelke L, Harris S, Cartier H, Alfertshofer M, Doestzada M, Cotofana S, et al. Treating facial overfilled syndrome with impaired facial expression-Presenting clinical experience with ultrasound imaging. *J Cosmet Dermatol* 2023; 22: 3252-60.
 36. Schelke L, Lowrey N, Mojallal A, Rowland-Warmann MJ, Wortsman X, Sigrist RM, et al. Post-Treatment Displacement of Facial Soft Tissue Fillers-A Retrospective Ultrasound-based Investigation of 382 Zygomatic Regions. *Dermatol Surg* 2024; 50: 946-52.
 37. Wortsman X, Valderrama Y, Ortiz-Orellana G, Gonzalez C, Cabo F, Desyatikova S, et al. International Multicentric Study on Ultrasound Characteristics, Layer Location, and Corporal Distribution of Granulomas After Cosmetic Fillers Injections. *J Ultrasound Med* 2025; 44: 1447-55.
 38. Yi KH, Kim SB, Hu H, Frank K, Cartier H, Garson S, et al. Sonoanatomy of the Nasal Ala for Botulinum Neurotoxin Injection. *J Cosmet Dermatol* 2025; 24: e70035.
 39. Yuan L, Zhuang J, Zheng Q, Jia Y, Su X, Wei Q, et al. Application of High-Frequency Ultrasound to Evaluate Forehead Filling Materials. *Aesthetic Plast Surg* 2024; 48: 2239-45.
 40. Goh AS, Kohn JC, Rootman DB, Lin JL, Goldberg RA. Hyaluronic acid gel distribution pattern in periocular area with high-resolution ultrasound imaging. *Aesthet Surg J* 2014; 34: 510-15.
 41. Bravo B, Carvalho R, Bravo L, Penedo L, Elias M. Blending hyaluronic acid and calcium hydroxylapatite for injectable facial dermal fillers: a clinical and ultrasonography assessment. *Cosmetics* 2024; 11: 61-62.
 42. Khorasanizadeh F, Delazar S, Gheidari O, Daneshpazhooh M, Balighi K, Ehsani AH, et al. Anatomic evaluation of the normal variants of the arteries of face using color Doppler ultrasonography: Implications for facial aesthetic procedures. *J Cosmet Dermatol* 2023; 22: 1844-51.
 43. Mlosek RK, Migda B, Skrzypek E, Słoboda K, Migda M. The use of high-frequency ultrasonography for the diagnosis of palpable nodules after the administration of dermal fillers. *J Ultrason* 2021; 20: 248-53.
 44. Schelke L, Liplavk O, Cotofana S, Shah-Desai S, Velthuis P. Periorbital venous stasis may be involved with filler induced malar edema-A duplex ultrasound-imaging-based case series. *J Cosmet Dermatol* 2023; 22: 3246-51.

45. Wortsman X, Wortsman J. Sonographic outcomes of cosmetic procedures. *AJR Am J Roentgenol* 2011; 197: 910-18.
46. Bravo BS, de Melo Carvalho R, Souza E, Vargas TJ, Bravo LG. Ultrasound-guided poly-l-lactic acid nodule excision: The importance of the injector ultrasonographic experience. *J Cosmet Dermatol* 2021; 20: 417-19.
47. Figueiredo HP, Coimbra F, de Carvalho Rocha T, Silva MR. Ultrasonography in the management of lip complications caused by hyaluronic acid. *Imaging Sci Dent* 2024; 54: 296-302.
48. Gouveia RS, Tostes LL, Bezerra FV, Dall'Magro AK, Dogenski LC, Shimizu IA, et al. High-frequency Ultrasound in the Assessment before and after Applying HArmonyCa™. *J Contemp Dent Pract* 2024; 25: 10-14.
49. Lima VG, Regattieri NA, Pompeu MF, Costa IM. External vascular compression by hyaluronic acid filler documented with high-frequency ultrasound. *J Cosmet Dermatol* 2019; 18: 1629-31.
50. Wortsman X, Wortsman J, Orlandi C, Cardenas G, Sazunic I, Jemec GB. Ultrasound detection and identification of cosmetic fillers in the skin. *J Eur Acad Dermatol Venereol* 2012; 26: 292-301.
51. Cavallieri FA, Balassiano LK, Munhoz G, Tembra MF, Wortsman X. Ultrasound in Aesthetics: Filler and Non-Filler Applications. *Semin Ultrasound CT MR* 2024; 45: 251-63.
52. Kroumpouzou G, Harris S, Bhargava S, Wortsman X. Complications of fillers in the lips and perioral area: Prevention, assessment, and management focusing on ultrasound guidance. *J Plast Reconstr Aesthet Surg* 2023; 84: 656-69.
53. Lee W. Hyaluronic Acid Filler Injection Guided by Doppler Ultrasound. *Arch Plast Surg* 2023; 50: 348-53.
54. Wortsman X. Common applications of dermatologic sonography. *J Ultrasound Med* 2012; 31: 97-111.
55. Almushayt SJ. The role of ultrasound in facial hyaluronic acid dermal filler injections - A review article. *Clin Imaging* 2025; 119: 110413.
56. Kim SB, Hu H, Lee HJ, Yi KH. Sonoanatomy of injecting botulinum neurotoxin into the facial muscles. *Surg Radiol Anat* 2024; 46: 1237-52.
57. Ouyang R, Su X, Liang Y, Lu S, Zhang Z, Wei Q, et al. Advances in Poly-l-lactic Acid Injections for Facial and Neck Rejuvenation. *Plast Reconstr Surg Glob Open* 2025; 13: e7029.
58. Schelke L, Farber N, Swift A. Ultrasound as an Educational Tool in Facial Aesthetic Injections. *Plast Reconstr Surg Glob Open* 2022; 10: e4639.

59. Wu WT, Chang KV, Chang HC, Chen LR, Kuan CH, Kao JT, et al. Ultrasound Imaging of the Facial Muscles and Relevance with Botulinum Toxin Injections: A Pictorial Essay and Narrative Review. *Toxins (Basel)* 2022; 14: 101.
60. Vasconcelos-Berg R, Desyatnikova S, Bonavia P, Chammas MC, Navarini A, Sigrist R. Best Practices for the Use of High-Frequency Ultrasound to Guide Aesthetic Filler Injections-Part 2: Middle Third of the Face, Nose, and Tear Troughs. *Diagnostics (Basel)* 2024; 14: 2544.
61. Sigrist R, Desyatnikova S, Chammas MC, Vasconcelos-Berg R. Best Practices for the Use of High-Frequency Ultrasound to Guide Aesthetic Filler Injections-Part 1: Upper Third of the Face. *Diagnostics (Basel)* 2024; 14: 1718.
62. Wu WT, Chang KV, Chang HC, Kuan CH, Chen LR, Mezian K, et al. Ultrasound Imaging of Facial Vascular Neural Structures and Relevance to Aesthetic Injections: A Pictorial Essay. *Diagnostics (Basel)* 2022; 12: 1766.
63. Song Z. Comparative Analysis of MRI, CT, and Ultrasound Imaging Modalities: Technological Advancements and Clinical Applications. *Highlights in Science, Engineering and Technology* 2025; 149: 8288149..
64. Moellhoff N, Kuhlmann C, Frank K, Kim BS, Conte F, Cotofana S, et al. Arterial Embolism After Facial Fat Grafting: A Systematic Literature Review. *Aesthetic Plastic Surgery* 2023; 47: 2771–2787.
65. Gerardi D, Burdo P, Botticelli G, Torge D, Angiolani F, Rinaldi F, et al. The emerging role of ultrasound in facial aesthetic procedures. *Journal of Stomatology Oral and Maxillofacial Surgery* 2026; 127: 102714.
66. Perez-Sanchez A, Johnson G, Pucks N, Soni R, Lund T, Andrade A, et al. Comparison of 6 handheld ultrasound devices by point-of-care ultrasound experts: a cross-sectional study. *The Ultrasound Journal* 2024; 16.,
67. Zhao F, Chen Y, He D, You X, Xu Y, et al. Disastrous cerebral and ocular vascular complications after cosmetic facial filler injections: a retrospective case series study. *Scientific Reports* 2024; 14.
68. Sito G, Manzoni V, Sommariva R. Vascular Complications after Facial Filler Injection: A Literature Review and Meta-analysis. *The Journal of Clinical and Aesthetic Dermatology* 2019; 12: 6572.
69. Castilho V, Furtado G, Barbosa K, Costa M, Saliba T, Junior O, et al. Techniques for the Safety Use of High-Frequency Ultrasound-Guided for Facial Procedures: A Technical Note. *Journal of Advances in Medicine and Medical Research* 2023; 35: 335345.
70. Baribeau Y, Sharkey A, Chaudhary O, Krumm S, Fatima H, Mahmood F, et al. Handheld Point-of-Care Ultrasound Probes: The New Generation of POCUS. *Journal of Cardiothoracic and Vascular Anesthesia* 2020; 34: 31393145.
71. Hussain S. Modern Diagnostic Imaging Technique Applications and Risk Factors in the Medical Field: A Review. *BioMed Research International* 2022; 2022: 119.

72. Burleson S, Swanson J, Shufflebarger E, Wallace D, Heimann M, Crosby J, et al. Evaluation of a novel handheld point-of-care ultrasound device in an African emergency department. *The Ultrasound Journal* 2020; 12.
73. Taylor G, Shoukath S, Gascoigne A, Corlett R, Ashton M, et al. The Functional Anatomy of the Ophthalmic Angiosome and Its Implications in Blindness as a Complication of Cosmetic Facial Filler Procedures. *Plastic & Reconstructive Surgery* 2020; 146: 745.
74. Biskanaki F, Tertipi N, Sfyri E, Kefala V, Rallis E, et al. Complications and Risks of High-Intensity Focused Ultrasound (HIFU) in Esthetic Procedures: A Review. *Applied Sciences* 2025; 15: 4958.
75. Kamel R, Naeem S, Musa M, Karim S, et al. Advancements in Medical Imaging Technologies: Ultrasound, X-ray, and MRI. *European Journal of Theoretical and Applied Sciences* 2024; 2: 149.

APPENDIX 1

Table 2. Studies excluded

Authors, Year	Exclusion criteria*
Arlette, J.; Velthuis , PJ; Schelke , LW, 2021	2
Ascher <i>et al.</i> , 2025	2
Bezpalko L, Filipskiy A, 2023	1
Boey JJ, Boey JJ, Chen Z, Cao T, Tan AS, Ng ZY, 2025	1
Bravo BS, Elias MC, da Rocha CR, Carvalho RM, 2021	1
Bravo BSF, Bravo LG, Gouvea BF, Neves MR, Nobre CS, Silva CD, <i>et al.</i> , 2025	1
Bravo <i>et al.</i> , 2022	3
Castelanich <i>et al.</i> , 2025	3
Cho <i>et al.</i> , 2019	6
Choi SY, Shin SH, Seok J, Yoo KH, Kim BJ, 2023	1
Cipriani, RMM <i>et al.</i> , 2024	8
Cral, WG, 2022	2
Desyatnikova S, 2022	1
Desyatnikova S, 2023	1
Fino P, Toscani M, Grippaudo FR, Giordan N, Scuderi N, 2019	1
Fino, P. <i>et al.</i> , 2019	3
Freire dos Santos, MJ; Carvalho, R.; Arnaut, I. G., 2018	10
Gerber, PA <i>et al.</i> , 2019	2
Ginat; Schatz, 2012	2
Giovagnorio, F. <i>et al.</i> , 2004	1
Goldschmiedt, J.; Shilagani, C.; Patel, H., 2017	4
Grippaudo FR, Di Girolamo M, Mattei M, Pucci E, Grippaudo C, 2014	1
Grippaudo FR, Mattei M, 2010	1
Grippaudo FR, Mattei M, 2011	1
Hernández <i>et al.</i> , 2021	3
Hong, GW <i>et al.</i> , 2024	3
Hong <i>et al.</i> , 2025	3
Huang YL, Chang SL, Cheng CY., 2020	5
Jung JY, Choi H, Han SC, Wanitphakdeedecha R, Luo Q, Zhou L, <i>et al.</i> , 2025	1
Kadouch <i>et al.</i> , 2024	3
Kadouch J, Schelke LW, Swift A, 2021	1
Kim JS, 2019	1
Kohn, JC <i>et al.</i> , 2013	4
Kwon HJ, <i>et al.</i> , 2017	2
Lee HJ, <i>et al.</i> , 2018	5
Lee, W. <i>et al.</i> , 2021	5
Li Z, Yang Y, Yu N, Zhou W, Li Z, Chong Y, <i>et al.</i> , 2022	1
Liu; Qi; Liu, 2025	2
Lots TCC, 2023	1
Majewska L, 2022	1
Manfred <i>et al.</i> , 2016	3
Master, 2021	3
Mehta P, Kaplan JB, Zhang-Nunes S, 2022	1
Meneses CCB, Freitas S, Knoedler L, Knoedler S, Davidovic K, Bravo C, <i>et al.</i> , 2024	1
Mojallal A, Schelke L, Velthuis PJ, Boucher F, Henry G, 2024	1
Molinari P, Urso SU, Faso C, Iacovone I, Mosti G, 2026	1

Moon HJ, Lee W, Do Kim H, Lee IH, Kim SW, 2021	1
Munia MA, Munia CG, Parada MB, Ben-Hurferaz Parente J, Wolosker N, 2022	1
Mutu DE, Raducu L, Avino A, Bobirca FT, Pantu CM, Dogaru IA, <i>et al.</i> , 2023	1
Nasreddine, H. <i>et al.</i> , 2024	7
Naylor; Velthuis, 2025	3
Nilforoushzadeh, MA <i>et al.</i> , 2020	3
Oliveira, ALK; Araujo, MRDC, 2024	9
Park JH, Jeong JW, Park JU, 2024	1
Park; Ahn; Jung, 2003	3
Pasquale <i>et al.</i> , 2013	3
Popescu MN, Beiu C, Iliescu CA, Racoță A, Berteanu M, Iliescu MG, <i>et al.</i> , 2024	1
Quezada-Gaón, N.; Wortsman, X., 2016	2
Rocha LP, de Carvalho Rocha T, de Cássia Carvalho Rocha S, Henrique PV, Manzi FR, Silva MR, 2020	1
Ryoo HJ, Kwon H, Choi JS, Sohn BS, Yoo JY, Shim HS, 2024	1
Scarano A, Qorri E, Sbarbati A, Gehrke SA, Frisone A, Amuso D, <i>et al.</i> , 2024	1
Schelke LW, Van Den Elzen HJ, Erkamp PP, Neumann HA, 2010	1
Schelke, LW <i>et al.</i> , 2023	5
Seo SB, Kim SB, Yi KH., 2024	2
Shekarriz P, Hosseini F, Shojace P, 2024	1
Su X, <i>et al.</i> , 2025	3
Tang K, Wu Y, Wu W, Zheng K, Wang S, Chen X, 2025	1
Tedeschi, A. <i>et al.</i> , 2014	4
Tostes <i>et al.</i> , 2025	2
Urdiales-Gálvez F, Barres-Caballer J, Carrasco-Sánchez S, 2021	1
Urdiales-Gálvez F, Braz A, Cavallini M, 2023	1
Velthuis <i>et al.</i> , 2025	5
Velthuis PJ, Jansen O, Schelke LW, Moon HJ, Kadouch J, Ascher B, <i>et al.</i> , 2021	1
Velthuis PJ, Jansen O, Schelke LW, Moon HJ, Kadouch J, Ascher B, <i>et al.</i> , 2021	1
Wortsman, X.; Wortsman, J., 2011	7
Wortsman X, 2018	1
Wu, WT <i>et al.</i> , 2022	2
Yi, K., 2024	2
Yi, KH <i>et al.</i> , 2024	6
Yi, KH; Park, SY, 2025	3
Yi; Wan, 2025	3
Yi; Wong; Wan, 2025	3
Yoo, JH, 2024	11
Zattar, L. C.; Faria, G.; Boggio, R., 2024	6
Zhang M, Yang Y, Dong R, Wang L, Sun Y, Li Y, <i>et al.</i> , 2024	1
Zhang M, Yang Y, Shi Y, Dong R, Chong Y, Li Z, <i>et al.</i> , 2025	1

*Frequency lower than 15 MHz= 1; Letter to the editor= 2; Does not show the applicability of HFUS= 3; Study not performed on the face= 4; Preprints= 5; Cadaver study= 6; Surgery= 7; Cannot be performed by dentists = 8; Editorial= 9; Microfocused ultrasound= 10; Annals= 11.

References for excluded studies:

1. Arlette J, Velthuis PJ, Schelke LW. Ultrasound for Soft Tissue Filler Facial Rejuvenation. *J Cutan Med Surg* 2021; 25: 456-57.

2. Ascher B, Wan J, Bohórquez JMC, Yi KH. Next-Generation Aesthetics: Fingerheld Ultrasound for Simultaneous Injection and Real-Time Imaging. *Aesthetic Plast Surg* 2025; 49: 6807-09.
3. Bezpalko L, Filipskiy A. Clinical and Ultrasound Evaluation of Skin Quality After Subdermal Injection of Two Non-Crosslinked Hyaluronic Acid-Based Fillers. *Clin Cosmet Investig Dermatol* 2023; 16: 2175-83.
4. Boey JJ, Boey JJ, Chen Z, Cao T, Tan AS, Ng ZY. Superior Outcomes with Ultrasound-Guided Hyaluronidase for Impending Filler-Induced Facial Skin Necrosis: A Systematic Review and Pilot Meta-Analysis. *Aesthetic Plast Surg* 2025; 49: 3519-25.
5. Bravo BS, Elias MC, da Rocha CR, Carvalho RM. Supraperiosteal application of hyaluronic acid with cannula: Is it possible?. *J Cosmet Dermatol* 2021; 20: 3177-80.
6. Bravo BSF, Bravo LG, Gouvea BF, Neves MR, Nobre CS, Silva CD, et al. Calcium Hydroxylapatite-Based Fillers in Facial Rejuvenation: A Prospective, Single-Center, Unblinded Comparative Outcome Study of Radiesse® vs. Rennova® Diamond Intense. *J Clin Med* 2025; 14:4072.
7. Bravo BSF, de Melo Carvalho R, Penedo L, Bastos JT, Elias MC, Cotofana S, et al. Applied anatomy of the layers and soft tissues of the forehead during minimally-invasive aesthetic procedures. *J Cosmet Dermatol* 2022; 21: 5864-71.
8. Castelanich D, Parra LA, Amado AM, Acevedo A, Velasquez L, Dicker V, et al. Enzymatic Management of Facial Overfilled Syndrome: A Case Series and Narrative Review. *J Cosmet Dermatol* 2025; 24: e70377.
9. Cho Y, Lee HJ, Lee KW, Lee KL, Kang JS, Kim HJ. Ultrasonographic and Three-Dimensional Analyses at the Glabella and Radix of the Nose for Botulinum Neurotoxin Injection Procedures into the Procerus Muscle. *Toxins (Basel)* 2019; 11: 560.
10. Choi SY, Shin SH, Seok J, Yoo KH, Kim BJ. Management strategies for vascular complications in hyaluronic acid filler injections: A case series analysis. *J Cosmet Dermatol* 2023; 22: 3261-67.
11. Cral WG. Ultrasonography and Facial Aesthetics. *Aesthetic Plast Surg* 2022; 46: 999-1000.
12. Desyatnikova S. Ultrasound-Guided Temple Filler Injection. *Facial Plast Surg Aesthet Med* 2022; 24: 501-03.
13. Desyatnikova S. Understanding the Anatomic Layers of the Forehead Seen on Ultrasound: A Guide for Injectable Fillers and Chemodenervation. *Facial Plast Surg Aesthet Med* 2023; 25: 179-181.
14. Fino P, Toscani M, Grippaudo FR, Giordan N, Scuderi N. Randomized Double-Blind Controlled Study on the Safety and Efficacy of a Novel Injectable Cross-linked Hyaluronic Gel for the Correction of Moderate-to-Severe Nasolabial Wrinkles. *Aesthetic Plast Surg* 2019; 43: 470-79.

15. Fino P, Toscani M, Grippaudo FR, Giordan N, Scuderi N. Randomized Double-Blind Controlled Study on the Safety and Efficacy of a Novel Injectable Cross-linked Hyaluronic Gel for the Correction of Moderate-to-Severe Nasolabial Wrinkles. *Aesthetic Plast Surg* 2019; 43: 470-79.
16. Freire Dos Santos MJ, Carvalho R, Arnaut LG. Split-Face, Randomized, Placebo-Controlled, Double-Blind Study to Investigate Passive Versus Active Dermal Filler Administration. *Aesthetic Plast Surg* 2018; 42: 1655-63.
17. Gerber PA, Barsch M, Filler T, Gerber AM. Identification of facial vessels using Doppler ultrasound prior to cosmetic filler injection. *J Dtsch Dermatol Ges* 2019; 17: 1281-82.
18. Ginat DT, Schatz CJ. Imaging of facial fillers: additional insights. *AJNR Am J Neuroradiol* 2012; 33: 140-41.
19. Giovagnorio, F. *et al.* Ultrasonography in follow-up of soft tissue augmentation of the face with synthetic materials: a pilot study. **Acta Radiologica**, [S.L.], v. 45, n. 7, p. 746-750, nov. 2004. SAGE Publications. <http://dx.doi.org/10.1080/02841850410008207>.
20. Goldschmiedt J, Shilagani C, Patel H. The "injection jet sign": an innovative method of needle position confirmation during ultrasound guided injections. *Skeletal Radiol* 2017; 46: 559-63.
21. Grippaudo FR, Di Girolamo M, Mattei M, Pucci E, Grippaudo C. Diagnosis and management of dermal filler complications in the perioral region. *J Cosmet Laser Ther* 2014; 16:246-52.
22. Grippaudo FR, Mattei M. High-frequency sonography of temporary and permanent dermal fillers. *Skin Res Technol* 2010; 16: 265-69.
23. Grippaudo FR, Mattei M. The utility of high-frequency ultrasound in dermal filler evaluation. *Ann Plast Surg* 2011; 67: 469-73.
24. Hernández JL, García Monforte F, Tejero García P, Hernández Ponce JA, Naranjo García P. Safety and efficacy of the transoral approach for cheek volumization with hyaluronic acid: A pilot study. *J Cosmet Dermatol* 2022; 21: 962-69.
25. Hong GW, Hu H, Chang K, Park Y, Lee KW, Chan LK, et al. Adverse Effects Associated with Dermal Filler Treatments: Part II Vascular Complication. *Diagnostics (Basel)* 2024; 14: 1555.
26. Hong GW, Wan J, Yoon SE, Wong S, Yi KH. Anatomical Consideration for Double Chin Thread Lifting. *J Cosmet Dermatol* 2025; 24: e70238.
27. Huang YL, Chang SL, Cheng CY. Two-step, imaging-device-guided, precise filler-injection technique. *J Am Acad Dermatol* 2020; 83: 119-20.
28. Jung JY, Choi H, Han SC, Wanitphakdeedecha R, Luo Q, Zhou L, et al. Recommendations on Ultrasound-Guided Hyaluronic Acid Soft Tissue Augmentation of the Upper Face in Asians. *J Cosmet Dermatol* 2025; 24: e16759.
29. Kadouch J, Schelke L, Groh O, Sokol V, Velthuis P. Intralesional hyaluronidase injection to relieve non-hyaluronic acid filler-induced vascular adverse events. *Int J Dermatol* 2024; 63: 1252-55.

30. Kadouch J, Schelke LW, Swift A. Ultrasound to Improve the Safety and Efficacy of Lipofilling of the Temples. *Aesthet Surg J* 2021; 41: 603-12.
31. Kim JS. Changes in Dermal Thickness in Biopsy Study of Histologic Findings After a Single Injection of Polycaprolactone-Based Filler into the Dermis. *Aesthet Surg J* 2019; 39:484-94.
32. Kohn JC, Goh AS, Lin JL, Goldberg RA. Dynamic high-resolution ultrasound in vivo imaging of hyaluronic acid filler injection. *Dermatol Surg* 2013; 39: 1630-36.
33. Kwon HJ, Kim BJ, Ko EJ, Choi SY. The Utility of Color Doppler Ultrasound to Explore Vascular Complications After Filler Injection. *Dermatol Surg* 2017; 43: 1508-10.
34. Lee HJ, Kim JS, Youn KH, Lee J, Kim HJ. Ultrasound-Guided Botulinum Neurotoxin Type A Injection for Correcting Asymmetrical Smiles. *Aesthet Surg J* 2018; 38: 130-34.
35. Lee W, Kim JS, Moon HJ, Yang EJ. A Safe Doppler Ultrasound-Guided Method for Nasolabial Fold Correction With Hyaluronic Acid Filler. *Aesthet Surg J* 2021; 41: 486-92.
36. Li Z, Yang Y, Yu N, Zhou W, Li Z, Chong Y, et al. The "Visible" Muscles on Ultrasound Imaging Make Botulinum Toxin Injection More Precise: A Systematic Review. *Aesthetic Plast Surg* 2022; 46: 406-18.
37. Liu F, Qi G, Liu Q. Advancing Techniques for Temporal Hollowing Correction: Insights from Ultrasound-Guided PLLA Injection. *Aesthetic Plast Surg* 2025; 49: 4754-58.
38. Lots TCC. Effect of pdo facelift threads on facial skin tissues: An ultrasonographic analysis. *J Cosmet Dermatol* 2023; 22: 2534-41.
39. Majewska L. Synergy of stabilized and nonstabilized hyaluronic acid soft tissue fillers in skin density and skin thickness enhancement. *Dermatol Ther* 2022; 35: e15885.
40. Manfrédi PR, Hersant B, Bosc R, Noel W, Meningaud JP. Techniques visant à améliorer la précision et l'efficacité des injections de la face en médecine esthétique [Techniques to enhance the accuracy and efficiency of injections of the face in aesthetic medicine]. *Rev Stomatol Chir Maxillofac Chir Orale* 2016; 117: 46-50.
41. Manzaneda Cipriani RM, Cárdenas Larenas JP, Viaro MSS, González EA, Adrianzen G, Babaitis R, et al. Jawline Aesthetic Definition: Enhancement with Masseteric Augmentation Using Ultrasound-Guided Fat Transfer. *Plast Reconstr Surg Glob Open* 2024; 12: e5695.
42. Master M. Novel Treatment of Inadvertent Injection of Postseptal Hyaluronic Acid Filler. *Plast Reconstr Surg* 2021; 148: 855-56.
43. Mehta P, Kaplan JB, Zhang-Nunes S. Ischemic complications of dermal fillers. *Plast Aesthet Res* 2022; 9: 57.
44. Meneses CCB, Freitas S, Knoedler L, Knoedler S, Davidovic K, Bravo C, et al. Increasing precision during neuromodulator injections for frontal rhytids-Using ultrasound imaging to identify the line of convergence. *J Cosmet Dermatol* 2024; 23: 2373-79.
45. Mojallal A, Schelke L, Velthuis PJ, Boucher F, Henry G. Ultrasound assisted hyaluronic acid vascular adverse event management based on the vascular anatomy. *Ann Chir Plast Esthet* 2024; 69: 674-80.

46. Molinari P, Urso SU, Faso C, Iacovone I, Mosti G. Mastering Midface Rejuvenation: A Proposal for a New Three-Layer, Ultrasound-Guided Technique. *J Cosmet Dermatol* 2026; 25: e70664.
47. Moon HJ, Lee W, Do Kim H, Lee IH, Kim SW. Doppler Ultrasonographic Anatomy of the Midline Nasal Dorsum. *Aesthetic Plast Surg* 2021; 45: 1178-83.
48. Munia MA, Munia CG, Parada MB, Ben-Hurferraz Parente J, Wolosker N. Doppler Ultrasound in the Management of Vascular Complications Associated with Hyaluronic Acid Dermal Fillers. *J Clin Aesthet Dermatol* 2022; 15: 40-43.
49. Mutu DE, Raducu L, Avino A, Bobirca FT, Pantu CM, Dogaru IA, et al. The assessment of the vascular risk for facial procedures using thermal scanning imaging and Doppler ultrasonography. *Modern Medicine* 2023; 30: 293-97.
50. Nasreddine H, Tlaiss Y, Hassan F, Ibrahim R. Ultrasound Assessment of Facial and Neck Aging: A Noninvasive Approach to a Minimally Invasive Treatment. *J Med Ultrasound* 2024; 32: 244-48.
51. Naylor D, Velthuis P. Integrating facial ultrasound into medical esthetics practice. *J Am Acad Dermatol* 2025; 93: 1526-28.
52. Nilforoushzadeh MA, Alavi S, Heidari-Kharaji M, Hanifnia AR, Mahmoudbeyk M, Karimi Z, et al. Biometric changes of skin parameters in using of microneedling fractional radiofrequency for skin tightening and rejuvenation facial. *Skin Res Technol* 2020; 26: 859-66.
53. Oliveira AL, Araújo MR. Advancements in dermatologic ultrasound and its use in facial aesthetic interventions. *Radiologia Brasileira* 2024; 57: 1-2.
54. Park JH, Jeong JW, Park JU. Advanced Facial Rejuvenation: Synergistic Effects of Lower Blepharoplasty and Ultrasound Guided Mid-Face Lift Using Polydioxanone (PDO) Threads. *Aesthetic Plast Surg* 2024; 48: 1706-14.
55. Park MY, Ahn KY, Jung DS. Botulinum toxin type A treatment for contouring of the lower face. *Dermatol Surg* 2003; 29: 477-83.
56. Pasquale A, Russa G, Pulvirenti M, Di Rosa L. Hyaluronic acid filler injections for tear-trough deformity: injection technique and high-frequency ultrasound follow-up evaluation. *Aesthetic Plast Surg* 2013; 37: 587-91.
57. Popescu MN, Beiu C, Iliescu CA, Racoță A, Berteanu M, Iliescu MG, et al. Ultrasound-Guided Botulinum Toxin-A Injections into the Masseter Muscle for Both Medical and Aesthetic Purposes. *Toxins (Basel)* 2024; 16: 413.
58. Quezada-Gaón N, Wortsman X. Ultrasound-guided hyaluronidase injection in cosmetic complications. *J Eur Acad Dermatol Venereol* 2016; 30: 39-40.
59. Rocha LP, de Carvalho Rocha T, de Cássia Carvalho Rocha S, Henrique PV, Manzi FR, Silva MR. Ultrasonography for long-term evaluation of hyaluronic acid filler in the face: A technical report of 180 days of follow-up. *Imaging Sci Dent* 2020; 50: 175-180.
60. Ryoo HJ, Kwon H, Choi JS, Sohn BS, Yoo JY, Shim HS. Prospective Analysis of the Effectiveness of Targeted Botulinum Toxin Type A Injection Using an Ultrasound-

- Guided Single-Point Injection Technique for Lower Face Contouring. *J Clin Med* 2024; 13:5337.
61. Scarano A, Qorri E, Sbarbati A, Gehrke SA, Frisone A, Amuso D, et al. The efficacy of hyaluronic acid fragments with amino acid in combating facial skin aging: an ultrasound and histological study. *J Ultrasound* 2024; 27: 689-697.
 62. Schelke LW, Van Den Elzen HJ, Erkamp PP, Neumann HA. Use of ultrasound to provide overall information on facial fillers and surrounding tissue. *Dermatol Surg* 2010; 36: 1843-51.
 63. Schelke LW, Velthuis P, Kadouch J, Swift A. Early ultrasound for diagnosis and treatment of vascular adverse events with hyaluronic acid fillers. *J Am Acad Dermatol* 2023; 88: 79-85.
 64. Seo SB, Kim SB, Yi KH. Delayed occurrence of foreign body reaction caused by poly-L-lactic acid with monitoring through ultrasonography. *Skin Res Technol* 2024; 30: e13683.
 65. Shekarriz P, Hosseini F, Shojaee P. Ultrasound assessment of the nose vasculature: A review of the common method of non-surgical filler-based rhinoplasty. *J Cosmet Dermatol* 2024; 23: 731-36.
 66. Su X, Zhuang J, Zhang Z, Wei Q, Li J, Wang Z, et al. A Comprehensive Multi-drug Strategy for the Management of Foreign Body Granuloma Following Mesotherapy. *Aesthetic Plast Surg* 2025; 49: 1139-44.
 67. Tang K, Wu Y, Wu W, Zheng K, Wang S, Chen X. Ultrasound-Guided "Cross Injection" Technique for Mouth Corner Lift with Botulinum Toxin Type A. *Aesthetic Plast Surg* 2025; 49: 1808-13.
 68. Tedeschi A, Lacarrubba F, Micali G. Mesotherapy with an Intradermal Hyaluronic Acid Formulation for Skin Rejuvenation: An Inpatient, Placebo-Controlled, Long-Term Trial Using High-Frequency Ultrasound. *Aesthetic Plast Surg* 2015; 39: 129-133.
 69. Tostes LLL, de Siqueira Martins MM, Oliveira MMT, Dall'Magro AK, Dallepiane FG, De Carli JP. Multimodal Assessment of Facial Outcomes Following HArmonyCa™ Treatment: Clinical, Photographic, and Ultrasonographic Perspectives. *Aesthetic Plast Surg* 2025; 49: 6779-82.
 70. Urdiales-Gálvez F, Barres-Caballer J, Carrasco-Sánchez S. Ultrasound assessment of tissue integration of the crosslinked hyaluronic acid filler VYC-25L in facial lower-third aesthetic treatment: A prospective multicenter study. *J Cosmet Dermatol* 2021; 20: 1439-49.
 71. Urdiales-Gálvez F, Braz A, Cavallini M. Facial rejuvenation with the new hybrid filler HArmonyCa™: Clinical and aesthetic outcomes assessed by 2D and 3D photographs, ultrasound, and elastography. *J Cosmet Dermatol* 2023; 22: 2186-97.
 72. Velthuis PJ, Alfageme F, Cartier H, Cassuto D, Catalano O, Cavallieri F, et al. The use of ultrasound imaging in aesthetic injectables: A modified Delphi consensus. *J Plast Reconstr Aesthet Surg* 2025; 104: 33-7.

73. Velthuis PJ, Jansen O, Schelke LW, Moon HJ, Kadouch J, Ascher B, et al. A Guide to Doppler Ultrasound Analysis of the Face in Cosmetic Medicine. Part 2: Vascular Mapping. *Aesthet Surg J* 2021; 41: 1633-44.
74. Velthuis PJ, Jansen O, Schelke LW, Moon HJ, Kadouch J, Ascher B, et al. A Guide to Doppler Ultrasound Analysis of the Face in Cosmetic Medicine. Part 1: Standard Positions. *Aesthet Surg J* 2021; 41: 1621-32.
75. Wortsman X, Wortsman J. Sonographic outcomes of cosmetic procedures. *AJR Am J Roentgenol* 2011; 197: 910-18.
76. Wortsman X. Common applications of ultrasound in cosmetic and plastic surgery procedures. In: Wortsman X. *Atlas of dermatologic ultrasound*. 1st ed. Springer: Cham; 2018. p. 179-214.
77. Wu WT, Chang KV, Mezian K, Ricci V, Ozcakar L. Ultrasound imaging of atrophic levator labii superioris and levator anguli oris after aesthetic facial botulinum toxin injection. *Med Ultrason* 2022; 24: 510-11.
78. Yi KH. Where and when to use ultrasonography in botulinum neurotoxin, fillers, and threading procedures?. *J Cosmet Dermatol* 2024; 23: 773-76.
79. Yi KH, Kim SB, Silikovich F, Frank K, An MH, Kim HJ. Depth of the subcutaneous tissue in the nose: Application to filler injection. *J Cosmet Dermatol* 2024; 23: 2836-42.
80. Yi KH, Park SY. Facial Thread Lifting Complications. *J Cosmet Dermatol* 2025; 24: e16745.
81. Yi KH, Wan J. Compensatory Masseteric Bulging: A Novel Observation and Its Implications for Botulinum Neurotoxin Injection Techniques. *J Cosmet Dermatol* 2025; 24: e70090.
82. Yi KH, Wong IKJ, Wan J. Optimizing Botulinum Toxin Injections in the Platysma Muscle Based on Motor Nerve Distribution. *J Cosmet Dermatol* 2025; 24: e70301.
83. Yoo JH. Ultrasonographic findings of complications related to cosmetic procedure. *Ultrasound in Medicine & Biology* 2024; 50: 22-4.
84. Zattar LC, Faria G, Boggio R. U-SMAS: ultrasound findings of the superficial musculoaponeurotic system. *Radiol Bras* 2024; 57: e20240035.
85. Zhang M, Yang Y, Dong R, Wang L, Sun Y, Li Y, et al. Deciphering Depressor Anguli Oris for Lower Face Rejuvenation: A Prospective Ultrasound-based Investigation. *Aesthet Surg J* 2024; 44: 880-88.
86. Zhang M, Yang Y, Shi Y, Dong R, Chong Y, Li Z, et al. A Comprehensive Ultrasound Investigation of Lower Facial and Neck Structure. *Aesthetic Plast Surg* 2025; 49: 1-12.

APPENDIX 2

Table 3. Custom search strategy for each database

Database	Search strategy
Medline / PubMed	("Dermatological ultrasound"[Title/Abstract] OR Ultrasonography"[MeSH Terms] OR "ultrasonograph"[Title/Abstract] OR "Echotomography"[Title/Abstract] OR "Ultrasonic"[Title/Abstract] OR "Sonography"[Title/Abstract] OR "ultrasound"[Title/Abstract] OR "Echography"[Title/Abstract] OR "ultrasonography, doppler"[MeSH Terms] OR "Doppler"[Title/Abstract] OR "ultrasonography, interventional"[MeSH Terms] OR "Diagnostic Imaging"[MeSH Terms:noexp] OR "Diagnostic Imaging"[Title/Abstract] OR "Medical Imaging"[Title/Abstract]) AND ("Face"[MeSH Terms] OR "Face"[Title/Abstract] OR "Faces"[Title/Abstract] OR "Facial"[Title/Abstract] OR "facials"[Title/Abstract]) AND ("Esthetics"[MeSH Terms] OR "esthetic"[Title/Abstract] OR "Aesthetics"[Title/Abstract] OR "Cosmetic Techniques"[MeSH Terms] OR "Cosmetic"[Title/Abstract] OR "Minimally Invasive Surgical Procedures"[MeSH Terms] OR "minimally invasive surgical procedure"[Title/Abstract] OR "minimal surgical procedure"[Title/Abstract] OR "minimally invasive surger"[Title/Abstract] OR "Plastic Surgery Procedures"[MeSH Terms] OR "plastic surger"[Title/Abstract] OR "reconstructive surg"[Title/Abstract])
Embase	('echography'/exp OR 'ultrasonograph*':ti,ab,kw OR 'echotomography':ti,ab,kw OR 'ultrasonic':ti,ab,kw OR 'sonography':ti,ab,kw OR 'ultrasound*':ti,ab,kw OR 'echography':ti,ab,kw OR 'Doppler ultrasonography'/exp OR 'doppler':ti,ab,kw OR 'interventional ultrasonography'/exp OR 'diagnostic imaging'/de OR 'diagnostic imaging':ti,ab,kw OR 'medical imaging':ti,ab,kw) AND ('face'/exp OR 'face':ti,ab,kw OR 'faces':ti,ab,kw OR 'facial':ti,ab,kw OR 'facials':ti,ab,kw) AND ('esthetics'/exp OR 'esthetic*':ti,ab,kw OR 'aesthetics':ti,ab,kw OR 'esthetic surgery'/exp OR 'cosmetic':ti,ab,kw OR 'minimally invasive surgery'/exp OR 'minimally invasive surgical procedure*':ti,ab,kw OR 'minimal surgical procedure*':ti,ab,kw OR 'minimally invasive surger*':ti,ab,kw OR 'plastic surgery'/exp OR 'plastic surger*':ti,ab,kw OR 'reconstructive surg*':ti,ab,kw)
Scopus	TITLE-ABS-KEY(Ultrasonograph* OR Echotomography OR Ultrasonic OR Sonography OR Ultrasound* OR Echography OR Doppler OR "Diagnostic Imaging" OR "Medical Imaging") AND TITLE-ABS-KEY(Face OR Faces OR Facial OR facials) AND TITLE-ABS-KEY(Esthetic* OR Aesthetics OR Cosmetic OR "Minimally Invasive Surgical Procedure*" OR "Minimal Surgical Procedure*" OR "Minimally Invasive Surger*" OR "Plastic Surger*" OR "Reconstructive Surg*")

Web of Science	TS=(Ultrasonograph* OR Echotomography OR Ultrasonic OR Sonography OR Ultrasound* OR Echography OR Doppler OR "Diagnostic Imaging" OR "Medical Imaging") AND TS=(Face OR Faces OR Facial OR facials) AND TS=(Esthetic* OR Aesthetics OR Cosmetic OR "Minimally Invasive Surgical Procedure*" OR "Minimal Surgical Procedure*" OR "Minimally Invasive Surger*" OR "Plastic Surger*" OR "Reconstructive Surg*")
Cochrane Library	([mh Ultrasonography] OR Ultrasonograph*:ti,ab,kw OR Echotomography:ti,ab,kw OR Ultrasonic:ti,ab,kw OR Sonography:ti,ab,kw OR Ultrasound*:ti,ab,kw OR Echography:ti,ab,kw OR [mh "Ultrasonography, Doppler"] OR Doppler:ti,ab,kw OR [mh "Ultrasonography, Interventional"] OR [mh "Diagnostic Imaging"] OR "Diagnostic Imaging":ti,ab,kw OR "Medical Imaging":ti,ab,kw) AND ([mh Face] OR Face:ti,ab,kw OR Faces:ti,ab,kw OR Facial:ti,ab,kw OR facials:ti,ab,kw) AND ([mh Esthetics] OR Esthetic*:ti,ab,kw OR Aesthetics:ti,ab,kw OR [mh "Cosmetic Techniques"] OR Cosmetic:ti,ab,kw OR [mh "Minimally Invasive Surgical Procedures"] OR ("Minimally Invasive Surgical" NEXT Procedure*):ti,ab,kw OR ("Minimal Surgical" NEXT Procedure*):ti,ab,kw OR ("Minimally Invasive" NEXT Surger*):ti,ab,kw OR [mh "Plastic Surgery Procedures"] OR ("Plastic" NEXT Surger*):ti,ab,kw OR ("Reconstructive" NEXT Surg*):ti,ab,kw)
LILACS	(ultrasonograph* OR echotomography OR ultrasonic OR sonography OR ultrasound* OR echography OR doppler OR "Diagnostic Imaging" OR "Medical Imaging" OR ultrassonografia OR ultrassom OR ecografia OR ecotomografia OR "Imageamento Ultrassonográfico" OR "Imagem Ultrassonográfica" OR "Imagem Ultrassônica" OR "Sonografia Médica" OR "Tomografia Ultrassônica" OR ultrasonografia OR "Diagnóstico por ultrasonidos" OR "Ecotomografia computarizada" OR "Imagen ultrasonográfica" OR "Imagen ultrasónica" OR "Imagenología ecográfica" OR "Sonografia médica" OR "Tomografia ultrasónica" OR ecografia OR ultrasonido OR "Diagnóstico por Imagem" OR "Diagnóstico por Imageamento" OR "Imageamento Clínico" OR "Imageamento Diagnóstico" OR "Imageamento Médico" OR "Imageamento para Diagnóstico" OR "Imagens Clínicas" OR "Imageologia Clínica" OR "Imageologia Diagnóstica" OR "Imageologia Médica" OR "Imagiologia Clínica" OR "Imagiologia Diagnóstica" OR "Imagiologia Médica" OR radiodiagnóstico OR "Diagnóstico por Imagen" OR "diagnóstico médico por imagen" OR "diagnóstico por la imagen" OR "imagen diagnóstica" OR "imagen médica") AND (face OR faces OR facial OR facials OR cara) AND (esthetic* OR aesthetics OR cosmetic OR "Minimally Invasive Surgical Procedure" OR "Minimally Invasive Surgical Procedures" OR "Minimal Surgical Procedure" OR "Minimal Surgical Procedures" OR "Minimally Invasive Surgery" OR "Minimally Invasive Surgeries" OR "Plastic Surgeries" OR "Reconstructive Surgery" OR "Plastic Surgery" OR "Plastic Surgical" OR "Reconstructive Surgical" OR "Reconstructive Surgeries" OR estética OR estéticas OR estético OR estéticos OR cosméticas OR cosmética OR cosmético OR cosméticos OR "Procedimientos Cirúrgicos Minimamente Invasivos" OR "Procedimiento Cirúrgico Minimamente Invasivo" OR "Procedimientos Cirúrgicos de Mínimo Acceso" OR "Procedimientos Quirúrgicos Mínimamente Invasivos" OR "intervención quirúrgica mínimamente invasiva" OR "procedimiento quirúrgico mínimamente invasivo" OR "procedimientos quirúrgicos de mínimo acceso" OR "Procedimientos de Cirugía Plástica" OR "Procedimientos Cirúrgicos Reconstructivos" OR "Procedimientos de Cirugía Reconstructiva" OR "Procedimientos de Cirugías Plásticas" OR "Procedimientos de Cirugía Plástica" OR "intervenciones de cirugía plástica" OR "intervenciones de cirugía reconstructiva" OR "intervenciones quirúrgicas plásticas" OR "intervenciones quirúrgicas reconstructivas" OR "intervención quirúrgica reconstructiva" OR "procedimientos de cirugía plástica" OR

	"procedimientos de cirugía reconstructiva" OR "procedimientos quirúrgicos plásticos" OR "procedimientos quirúrgicos reconstructivos" OR "Procedimiento Quirúrgico Reconstructivo") AND db:("LILACS") AND instance:"regional"
ProQuest Dissertations & Theses Citation Index	TS=(Ultrasonograph* OR Echotomography OR Ultrasonic OR Sonography OR Ultrasound* OR Echography OR Doppler OR "Diagnostic Imaging" OR "Medical Imaging") AND TS=(Face OR Faces OR Facial OR facials) AND TS=(Esthetic* OR Aesthetics OR Cosmetic OR "Minimally Invasive Surgical Procedure*" OR "Minimal Surgical Procedure*" OR "Minimally Invasive Surger*" OR "Plastic Surger*" OR "Reconstructive Surg*")
LIVIVO	(Ultrasonography OR Ultrasonographic OR Echotomography OR Ultrasonic OR Sonography OR Ultrasound OR Echography OR Doppler OR "Diagnostic Imaging" OR "Medical Imaging") AND (Face OR Faces OR Facial OR facials) AND (Esthetic OR Esthetics OR Aesthetics OR Cosmetic OR "Minimally Invasive Surgical Procedure" OR "Minimally Invasive Surgical Procedures" OR "Minimal Surgical Procedure" OR "Minimal Surgical Procedures" OR "Minimally Invasive Surgery" OR "Minimally Invasive Surgeries" OR "Plastic Surgeries" OR "Reconstructive Surgery" OR "Plastic Surgery" OR "Reconstructive Surgeries")
Google Scholar	(Ultrasonography OR Ultrasonographic OR Echotomography OR Ultrasonic OR Sonography OR Ultrasound OR Echography OR Doppler OR "Diagnostic Imaging" OR "Medical Imaging" OR Ultrasonografia OR Ultrassom OR Ecografia OR Ecotomografia OR Ultrassonográfico OR Ultrassonográfica OR "Imagem Ultrassônica" OR "Sonografia Médica" OR "Tomografia Ultrassônica" OR Ultrasonografia OR Ecografia OR Ultrasonido) AND (Esthetic OR Esthetics OR Aesthetics OR Cosmetic OR "Minimally Invasive Surgical Procedure" OR "Minimally Invasive Surgical Procedures" OR "Minimal Surgical Procedure" OR "Minimal Surgical Procedures" OR "Minimally Invasive Surgery" OR "Minimally Invasive Surgeries" OR "Plastic Surgeries" OR "Reconstructive Surgery" OR "Plastic Surgery" OR "Reconstructive Surgeries" OR Estética OR Estéticas OR Estético OR Estéticos OR Cosméticas OR Cosmética OR Cosmético OR Cosméticos OR "Procedimientos Cirúrgicos Mínimamente Invasivos" OR "Procedimiento Cirúrgico Mínimamente Invasivo" OR "intervención quirúrgica mínimamente invasiva" OR "procedimiento quirúrgico mínimamente invasivo" OR "Cirugía Plástica" OR "Cirugía Reconstructiva" OR "cirugía reconstructiva") AND (Face OR Faces OR Facial OR facials OR Cara OR rosto)
Search strategies were performed for each database by using specifics words combinations and truncations with the support of a librarian.	

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A USG-AF é uma ferramenta aplicável, útil e promissora para aumentar a segurança, a eficácia e a previsibilidade dos procedimentos estéticos faciais e foi amplamente corroborada pela síntese das evidências disponíveis. A revisão de escopo demonstrou que a USG-AF vem sendo empregada, de forma consistente, no mapeamento anatômico pré e pós-procedimento, na orientação em tempo real de injeções de preenchedores e toxina botulínica e no diagnóstico e manejo de complicações, com relato frequente de maior precisão anatômica, redução de complicações vasculares e melhores desfechos estéticos quando comparada às técnicas não guiadas.

Identificaram-se 54 estudos publicados entre 2008 e 2025 e a organização dos achados em eixos temáticos que contemplam aplicações clínicas, especificações técnicas, benefícios, limitações e lacunas de conhecimento. Não foram identificados estudos específicos que abordassem de forma direta o treinamento de cirurgiões-dentistas em ultrassonografia de alta frequência aplicada à estética facial. Em contrapartida, a literatura disponível sobre treinamento em ultrassonografia é predominantemente oriunda da área médica, evidenciando uma lacuna relevante na formação odontológica. Esse achado aponta para a necessidade de inclusão de conteúdos relacionados à ultrassonografia nos currículos da Odontologia, bem como para o desenvolvimento de pesquisas voltadas à capacitação e certificação de cirurgiões-dentistas nessa área.

Os estudos incluídos foram suficientes para caracterizar o estado atual do uso da USG-AF em procedimentos estéticos faciais, revelando tanto um consenso em torno de seus benefícios quanto barreiras importantes à sua incorporação rotineira, como curva de aprendizado, custo dos equipamentos, aumento do tempo clínico e ausência de protocolos padronizados. Ao mesmo tempo, a análise evidenciou lacunas relevantes como, a escassez de ensaios clínicos randomizados, de estudos de custo-efetividade e de investigações específicas sobre treinamento de cirurgiões-dentistas, que delimitam o campo para futuras pesquisas e indicam que, embora promissora, a tecnologia ainda se encontra em processo de consolidação.

REFERÊNCIAS

1. Alexander, Harold; Miller, D L. Determining Skin Thickness with Pulsed Ultra Sound. **Journal Of Investigative Dermatology**, [S.L.], v. 72, n. 1, p. 17-19, jan. 1979. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1111/1523-1747.ep12530104>.
2. Alfertshofer, Michael G *et al.* The Layered Anatomy of the Nose: an ultrasound-based investigation. **Aesthetic Surgery Journal**, [S.L.], v. 42, n. 4, p. 349-357, 7 ago. 2021. Oxford University Press (OUP). <http://dx.doi.org/10.1093/asj/sjab310>.
3. Alimova, Sekina *et al.* Clinical Algorithm for Ultrasound-guided Facial and Neck Rejuvenation. **Journal Of Medical Ultrasound**, [S.L.], v. 33, n. 3, p. 253-259, 11 jun. 2025. Ovid Technologies (Wolters Kluwer Health). <http://dx.doi.org/10.4103/jmu.jmu-d-24-00015>.
4. Almushayt, Shatha Jamal. The role of ultrasound in facial hyaluronic acid dermal filler injections - A review article. **Clinical Imaging**, [S.L.], v. 119, p. 1104-1113, mar. 2025. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.clinimag.2025.110413>.
5. Argalia, Giulio *et al.* High-Frequency and Ultra-High-Frequency Ultrasound in Dermatologic Diseases and Aesthetic Medicine. **Medicina**, [S.L.], v. 61, n. 2, p. 220, 26 jan. 2025. MDPI AG. <http://dx.doi.org/10.3390/medicina61020220>.
6. Ariadna Perez-Sanchez *et al.* Comparison of 6 handheld ultrasound devices by point-of-care ultrasound experts: a cross-sectional study. **The Ultrasound Journal**, v. 16, n. 1, 2 out. 2024.
7. Bae, Hyungkyu *et al.* Comparison between Conventional Blind Injections and Ultrasound-Guided Injections of Botulinum Toxin Type A into the Masseter: a clinical trial. **Toxins**, [S.L.], v. 12, n. 9, p. 588, 11 set. 2020. MDPI AG. <http://dx.doi.org/10.3390/toxins12090588>.
8. Baribeau, Y. *et al.* Handheld Point-of-Care Ultrasound Probes: The New Generation of POCUS. **Journal of Cardiothoracic and Vascular Anesthesia**, v. 34, n. 11, p. 3139-3145, nov. 2020.
9. Beleznay, Katie *et al.* Update on Avoiding and Treating Blindness From Fillers: a recent review of the world literature. **Aesthetic Surgery Journal**, [S.L.], v. 39, n. 6, p. 662-674, 21 fev. 2019. Oxford University Press (OUP). <http://dx.doi.org/10.1093/asj/sjz053>.

10. Bezpalko, Lyudmyla; Filipskiy, Andriy. Clinical and Ultrasound Evaluation of Skin Quality After Subdermal Injection of Two Non-Crosslinked Hyaluronic Acid-Based Fillers. **Clinical, Cosmetic And Investigational Dermatology**, [S.L.], v. 16, p. 2175-2183, ago. 2023. Informa UK Limited. <http://dx.doi.org/10.2147/ccid.s402409>.
11. Boey, Jonathan Jia En *et al.* Superior Outcomes with Ultrasound-Guided Hyaluronidase for Impending Filler-Induced Facial Skin Necrosis: a systematic review and pilot meta-analysis. **Aesthetic Plastic Surgery**, [S.L.], v. 49, n. 13, p. 3519-3525, 29 jan. 2025. Springer Science and Business Media LLC. <http://dx.doi.org/10.1007/s00266-025-04707-0>.
12. Bondarenko, I. N. High-resolution ultrasonic diagnostics in post-contouring oedema. **Kuban Scientific Medical Bulletin**, [S.L.], v. 28, n. 1, p. 32-42, 13 fev. 2021. Kuban State Medical University. <http://dx.doi.org/10.25207/1608-6228-2021-28-1-32-42>.
13. Bondarenko, I. N. HIGH-RESOLUTION ULTRASOUND OF COSMETIC THREADS AFTER THEIR IMPLANTATION INTO THE SOFT TISSUES OF THE FACE AND NECK. **Innovative Medicine Of Kuban**, [S.L.], n. 1, p. 28-33, 12 mar. 2021. Scientific Research Institute - Ochapovsky Regional Clinical Hospital No 1. <http://dx.doi.org/10.35401/2500-0268-2021-21-1-28-33>.
14. Bondarenko, I. N. The role of high-resolution ultrasonic examination in the analysis of the structure and causes of complications after cosmetological thread implantation into the face and neck soft tissues. **Innovative Medicine Of Kuban**, [S.L.], n. 2, p. 14-20, 20 jun. 2021. Scientific Research Institute - Ochapovsky Regional Clinical Hospital No 1. <http://dx.doi.org/10.35401/2500-0268-2021-22-2-14-20>.
15. Bravo, Bruna S. F. *et al.* Calcium Hydroxylapatite-Based Fillers in Facial Rejuvenation: a prospective, single-center, unblinded comparative outcome study of radiesse® vs. rennova® diamond intense. **Journal Of Clinical Medicine**, [S.L.], v. 14, n. 12, p. 4072, 9 jun. 2025. MDPI AG. <http://dx.doi.org/10.3390/jcm14124072>.
16. Bravo, Bruna Souza Felix *et al.* Nasal filling guided by high frequency ultrasound: reducing risks. **Journal Of Cosmetic Dermatology**, [S.L.], v. 23, n. 10, p. 3256-3262, 3 jul. 2024. Wiley. <http://dx.doi.org/10.1111/jocd.16430>.
17. Bravo, Bruna Souza Felix *et al.* Supraperiosteal application of hyaluronic acid with cannula: is it possible?. **Journal Of Cosmetic Dermatology**, [S.L.], v. 20, n. 10, p. 3177-3180, 23 jun. 2021. Wiley. <http://dx.doi.org/10.1111/jocd.14241>.

18. Bravo, Bruna Souza Felix *et al.* Ultrasound-guided poly-L-lactic acid nodule excision: the importance of the injector ultrasonographic experience. **Journal Of Cosmetic Dermatology**, [S.L.], v. 20, n. 2, p. 417-419, 25 jun. 2020. Wiley. <http://dx.doi.org/10.1111/jocd.13527>.
19. Bravo, Bruna Souza Felix *et al.* Dermal Thickness Increase and Aesthetic Improvement with Hybrid Product Combining Hyaluronic Acid and Calcium Hydroxyapatite: a clinical and sonographic analysis. **Plastic And Reconstructive Surgery - Global Open**, [S.L.], v. 11, n. 6, p. 50-55, jun. 2023. Ovid Technologies (Wolters Kluwer Health). <http://dx.doi.org/10.1097/gox.0000000000005055>.
20. Bravo, Bruna *et al.* Blending Hyaluronic Acid and Calcium Hydroxylapatite for Injectable Facial Dermal Fillers: a clinical and ultrasonography assessment. **Cosmetics**, [S.L.], v. 11, n. 2, p. 61-62, 17 abr. 2024. MDPI AG. <http://dx.doi.org/10.3390/cosmetics11020061>.
21. Burleson, S. L. *et al.* Evaluation of a novel handheld point-of-care ultrasound device in an African emergency department. **The Ultrasound Journal**, v. 12, n. 1, dez. 2020.
22. Calomeni, Mariana *et al.* Precision of Soft-Tissue Filler Injections: an ultrasound-based verification study. **Aesthetic Surgery Journal**, [S.L.], v. 43, n. 3, p. 353-361, 25 out. 2022. Oxford University Press (OUP). <http://dx.doi.org/10.1093/asj/sjac272>.
23. Castilho, V. A. *et al.* Techniques for the Safety Use of High-Frequency Ultrasound-Guided for Facial Procedures: A Technical Note. **Journal of Advances in Medicine and Medical Research**, v. 35, n. 19, p. 335-345, 12 ago. 2023. **Common Applications of Dermatologic Sonography**. [s.l.: s.n.]. Disponível em: <www.aium.org>.
24. Cavallieri, Fernanda Aquino *et al.* Ultrasound in Aesthetics: filler and non-filler applications. **Seminars In Ultrasound, Ct And Mri**, [S.L.], p. 251-263, dez. 2023. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1053/j.sult.2023.11.005>.
25. Chai, Hongli *et al.* Application of high-frequency ultrasound in detection and identification of nasal filling injection materials. **Journal Of Cosmetic Dermatology**, [S.L.], v. 21, n. 10, p. 4276-4287, 21 mar. 2022. Wiley. <http://dx.doi.org/10.1111/jocd.14912>.
26. Choi, Sun *et al.* Management strategies for vascular complications in hyaluronic acid filler injections: a case series analysis. **Journal Of Cosmetic Dermatology**, [S.L.], v. 22, n. 12, p. 3261-3267, 11 set. 2023. Wiley. <http://dx.doi.org/10.1111/jocd.15990>.

27. CONSELHO FEDERAL DE ODONTOLOGIA. Resolução nº 198, de 29 de janeiro de 2019. **Resolução CFO - 198/2019**. Brasília.
28. CONSELHO FEDERAL DE ODONTOLOGIA. Resolução nº 230, de 14 de agosto de 2020. **Resolução CFO - 230/2020**. Brasília.
29. Cotofana, Sebastian *et al.* Anatomy of the Superior and Inferior Labial Arteries Revised: an ultrasound investigation and implication for lip volumization. **Aesthetic Surgery Journal**, [S.L.], v. 40, n. 12, p. 1327-1335, 29 maio 2020. Oxford University Press (OUP). <http://dx.doi.org/10.1093/asj/sjaa137>.
30. Desyatnikova, Stella. Ultrasound-Guided Temple Filler Injection. **Facial Plastic Surgery & Aesthetic Medicine**, [S.L.], v. 24, n. 6, p. 501-503, 1 dez. 2022. SAGE Publications. <http://dx.doi.org/10.1089/fpsam.2022.0176>.
31. Desyatnikova, Stella. Understanding the Anatomic Layers of the Forehead Seen on Ultrasound: a guide for injectable fillers and chemodenervation. **Facial Plastic Surgery & Aesthetic Medicine**, [S.L.], v. 25, n. 2, p. 179-181, 1 abr. 2023. SAGE Publications. <http://dx.doi.org/10.1089/fpsam.2022.0130>.
32. Díaz-Rodríguez, N.; Garrido-Chamorro, R.P.; Castellano-Alarcón, J.. Ecografía: principios físicos, ecógrafos y lenguaje ecográfico. **Semergen - Medicina de Familia**, [S.L.], v. 33, n. 7, p. 362-369, ago. 2007. Elsevier BV. [http://dx.doi.org/10.1016/s1138-3593\(07\)73916-3](http://dx.doi.org/10.1016/s1138-3593(07)73916-3).
33. Figueiredo, Hyago Portela *et al.* Ultrasonography in the management of lip complications caused by hyaluronic acid. **Imaging Science In Dentistry**, [S.L.], v. 54, n. 3, p. 296-302, 2024. XMLink. <http://dx.doi.org/10.5624/isd.20240014>.
34. Fino, Pasquale *et al.* Randomized Double-Blind Controlled Study on the Safety and Efficacy of a Novel Injectable Cross-linked Hyaluronic Gel for the Correction of Moderate-to-Severe Nasolabial Wrinkles. **Aesthetic Plastic Surgery**, [S.L.], v. 43, n. 2, p. 470-479, 3 jan. 2019. Springer Science and Business Media LLC. <http://dx.doi.org/10.1007/s00266-018-1284-x>.
35. Foteini Biskanaki *et al.* Complications and Risks of High-Intensity Focused Ultrasound (HIFU) in Esthetic Procedures: A Review. **Applied Sciences**, v. 15, n. 9, p. 4958-4958, 30 abr. 2025.
36. Gerardi, D. *et al.* The emerging role of ultrasound in facial aesthetic procedures. **Journal of Stomatology Oral and Maxillofacial Surgery**, v. 127, n. 3, p. 102714, jun. 2026.

37. Giovagnorio, F. *et al.* Ultrasonography in follow-up of soft tissue augmentation of the face with synthetic materials: a pilot study. **Acta Radiologica**, [S.L.], v. 45, n. 7, p. 746-750, nov. 2004. SAGE Publications.
<http://dx.doi.org/10.1080/02841850410008207>.
38. Goh, Alice S. *et al.* Hyaluronic Acid Gel Distribution Pattern in Periocular Area With High-Resolution Ultrasound Imaging. **Aesthetic Surgery Journal**, [S.L.], v. 34, n. 4, p. 510-515, 1 maio 2014. Oxford University Press (OUP).
<http://dx.doi.org/10.1177/1090820x14528206>.
39. Gonzalez, Claudia *et al.* Ultrasonographic features of nonvascular complications of hyaluronic acid fillers: a retrospective study at a reference center for dermatologic ultrasonography. **Clinics In Dermatology**, [S.L.], v. 42, n. 5, p. 538-546, set. 2024. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.clindermatol.2024.05.006>.
40. Gonzalez, Claudia; Arenas, Claudia; Duque-Clavijo, Valeria. High-Resolution Ultrasound for Diagnosing and Managing Complications Arising from Thread Lift Procedures. **Journal Of Advanced Plastic Surgery Research**, [S.L.], v. 9, p. 1-5, 5 mar. 2024. Green Publishers. <http://dx.doi.org/10.31907/2414-2093.2022.09.01.1>.
41. Gopalakrishnan, Pisharody Harikrishnan; Panicker, Mahesh Raveendranatha. Non-Newtonian Acoustic Gel for Wearable Ultrasound Monitoring System. **2024 IEEE Ultrasonics, Ferroelectrics, And Frequency Control Joint Symposium (Uffc-Js)**, [S.L.], p. 1-4, 22 set. 2024. IEEE. <http://dx.doi.org/10.1109/uffc-js60046.2024.10794025>.
42. Gouveia, Renato Sa *et al.* High-frequency Ultrasound in the Assessment before and after Applying HArmonyCa™. **The Journal Of Contemporary Dental Practice**, [S.L.], v. 25, n. 1, p. 10-14, 17 fev. 2024. Jaypee Brothers Medical Publishing. <http://dx.doi.org/10.5005/jp-journals-10024-3627>.
43. Grippaudo, Francesca Romana *et al.* Diagnosis and management of dermal filler complications in the perioral region. **Journal Of Cosmetic And Laser Therapy**, [S.L.], v. 16, n. 5, p. 246-252, 13 ago. 2014. Informa UK Limited.
<http://dx.doi.org/10.3109/14764172.2014.946048>.
44. Grippaudo, Francesca Romana; Mattei, Mauro. High-frequency sonography of temporary and permanent dermal fillers. **Skin Research And Technology**, [S.L.], p. 265-269, mar. 2010. Wiley. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1600-0846.2010.00428.x>.
45. Grippaudo, Francesca Romana; MATTEI, Mauro. The Utility of High-Frequency Ultrasound in Dermal Filler Evaluation. **Annals Of Plastic Surgery**, [S.L.], v. 67,

- n. 5, p. 469-473, nov. 2011. Ovid Technologies (Wolters Kluwer Health). <http://dx.doi.org/10.1097/sap.0b013e318203ebf6>.
46. Hügöl, Hüray *et al.* Variation of the Thread Thickness After Thread Lifting: an ultrasonographic evaluation. **Journal Of Cosmetic Dermatology**, [S.L.], v. 24, n. 7, p. 1-7, 24 jun. 2025. Wiley. <http://dx.doi.org/10.1111/jocd.70250>.
 47. Hussain, S. Modern Diagnostic Imaging Technique Applications and Risk Factors in the Medical Field: A Review. **BioMed Research International**, v. 2022, n. 5164970, p. 1-19, 6 jun. 2022.
 48. Ianhez, Mayra *et al.* Complications of collagen biostimulators in Brazil: description of products, treatments, and evolution of 55 cases. **Journal Of Cosmetic Dermatology**, [S.L.], v. 23, n. 9, p. 2829-2835, maio 2024. Wiley. <http://dx.doi.org/10.1111/jocd.16343>.
 49. Jaguś, Dominika; Pawlowska, Anna; Mlosek, Robert Krzysztof. Ultrasound Evaluation of Upper Facial Muscles to Guide Botulinum Toxin Application. **Toxins**, [S.L.], v. 17, n. 12, p. 595-596, 14 dez. 2025. MDPI AG. <http://dx.doi.org/10.3390/toxins17120595>.
 50. Jiang, Liya *et al.* High-Frequency Ultrasound of Facial Filler Materials in the Nasolabial Groove. **Aesthetic Plastic Surgery**, [S.L.], v. 46, n. 6, p. 2972-2978, 14 jun. 2022. Springer Science and Business Media LLC. <http://dx.doi.org/10.1007/s00266-022-02967-8>.
 51. Joanna Briggs Institute. JBI manual for evidence synthesis. Adelaide: The Joanna Briggs Institute, 2024. Disponível em: <https://synthesismanual.jbi.global>.
 52. Jung, Jae Yoon *et al.* Recommendations on Ultrasound-Guided Hyaluronic Acid Soft Tissue Augmentation of the Upper Face in Asians. **Journal Of Cosmetic Dermatology**, [S.L.], v. 24, n. 1, 30 dez. 2024. Wiley. <http://dx.doi.org/10.1111/jocd.16759>.
 53. Kadouch, Jonathan; Schelke, Leonie W; Swift, Arthur. Ultrasound to Improve the Safety and Efficacy of Lipofilling of the Temples. **Aesthetic Surgery Journal**, [S.L.], v. 41, n. 5, p. 603-612, 11 mar. 2020. Oxford University Press (OUP). <http://dx.doi.org/10.1093/asj/sjaa066>.
 54. Kamel, R. J. et al. Advancements in Medical Imaging Technologies: Ultrasound, X-ray, and MRI. **European Journal of Theoretical and Applied Sciences**, v. 2, n. 5, p. 149-156, 1 set. 2024.

55. Khorasanizadeh, Faezeh *et al.* Anatomic evaluation of the normal variants of the arteries of face using color Doppler ultrasonography: implications for facial aesthetic procedures. **Journal Of Cosmetic Dermatology**, [S.L.], v. 22, n. 6, p. 1844-1851, 31 jan. 2023. Wiley. <http://dx.doi.org/10.1111/jocd.15646>.
56. Kim, Ji Soo *et al.* Ultrasound-guided thread lifting for the prevention of parotid gland and diagnosing parotid duct complications. **Skin Research And Technology**, [S.L.], v. 29, n. 12, p. 1-8, dez. 2023. Wiley. <http://dx.doi.org/10.1111/srt.13535>.
57. Kim, Jong Seo. Changes in Dermal Thickness in Biopsy Study of Histologic Findings After a Single Injection of Polycaprolactone-Based Filler into the Dermis. **Aesthetic Surgery Journal**, [S.L.], v. 39, n. 12, p. 484-494, 19 fev. 2019. Oxford University Press (OUP). <http://dx.doi.org/10.1093/asj/sjz050>.
58. Kim, Minchan *et al.* Development of an Artificial Soft Solid Gel Using Gelatin Material for High-Quality Ultrasound Diagnosis. **Diagnostics**, [S.L.], v. 14, n. 3, p. 335, 4 fev. 2024. MDPI AG. <http://dx.doi.org/10.3390/diagnostics14030335>.
59. Kim, Soo-Bin *et al.* Sonoanatomy of injecting botulinum neurotoxin into the facial muscles. **Surgical And Radiologic Anatomy**, [S.L.], v. 46, n. 8, p. 1237-1252, 28 jun. 2024. Springer Science and Business Media LLC. <http://dx.doi.org/10.1007/s00276-024-03429-3>.
60. Kroumpouzou, George *et al.* Complications of fillers in the lips and perioral area: prevention, assessment, and management focusing on ultrasound guidance. **Journal Of Plastic, Reconstructive & Aesthetic Surgery**, [S.L.], v. 84, p. 656-669, set. 2023. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.bjps.2023.01.048>.
61. Lee, Jongmin. Hemodynamics in Doppler ultrasonography. **Ultrasonography**, [S.L.], v. 43, n. 6, p. 413-423, 1 nov. 2024. Korean Society of Ultrasound in Medicine. <http://dx.doi.org/10.14366/usg.24126>.
62. Lee, Won *et al.* Pre-injection ultrasound scanning for treating temporal hollowing. **Journal Of Cosmetic Dermatology**, [S.L.], v. 21, n. 6, p. 2420-2425, 24 set. 2021. Wiley. <http://dx.doi.org/10.1111/jocd.14471>.
63. Lee, Won. Hyaluronic Acid Filler Injection Guided by Doppler Ultrasound. **Archives Of Plastic Surgery**, [S.L.], v. 50, n. 04, p. 348-353, jul. 2023. Georg Thieme Verlag KG. <http://dx.doi.org/10.1055/s-0043-1770078>.
64. Levac, Danielle *et al.* Scoping studies: advancing the methodology. **Implementation Science**, [S.L.], v. 5, n. 1, p. 1, 20 set. 2010.

- Springer Science and Business Media LLC. <http://dx.doi.org/10.1186/1748-5908-5-69>.
65. Levy, Jack *et al.* High-frequency ultrasound in clinical dermatology: a review. **The Ultrasound Journal**, [S.L.], v. 13, n. 1, p. 1, 20 abr. 2021. Mattioli1885. <http://dx.doi.org/10.1186/s13089-021-00222-w>.
 66. Li, Zhijin *et al.* The “Visible” Muscles on Ultrasound Imaging Make Botulinum Toxin Injection More Precise: a systematic review. **Aesthetic Plastic Surgery**, [S.L.], v. 46, n. 1, p. 406-418, 2 ago. 2021. Springer Science and Business Media LLC. <http://dx.doi.org/10.1007/s00266-021-02493-z>.
 67. Lima, Vanessa Guimaraes de Freitas *et al.* External vascular compression by hyaluronic acid filler documented with high-frequency ultrasound. **Journal Of Cosmetic Dermatology**, [S.L.], v. 18, n. 6, p. 1629-1631, 5 mar. 2019. Wiley. <http://dx.doi.org/10.1111/jocd.12901>.
 68. Liu, Zhao Feng *et al.* Seeing beyond skin deep: high :resolution ultrasound in dermatology.:a comprehensive review and future prospects. **Journal Of The European Academy Of Dermatology And Venereology**, [S.L.], v. 38, n. 7, p. 1305-1313, mar. 2024. Wiley. <http://dx.doi.org/10.1111/jdv.19939>.
 69. Lots, Telma Cerbino Cintra. Effect of pdo facelift threads on facial skin tissues: an ultrasonographic analysis. **Journal Of Cosmetic Dermatology**, [S.L.], v. 22, n. 9, p. 2534-2541, 2 maio 2023. Wiley. <http://dx.doi.org/10.1111/jocd.15761>.
 70. Luna, Suhail. Bio-Revitalizing SkinGlow: assessing the efficacy of microcannula :assisted treatment with cohesive polydensified matrix hyaluronic acid with glycerol (belotero revive) through ultrasound elastography and corneometry. **Journal Of Cosmetic Dermatology**, [S.L.], v. 24, n. 10, p. 705-709, out. 2025. Wiley. <http://dx.doi.org/10.1111/jocd.70509>.
 71. Majewska, Lidia. Synergy of stabilized and nonstabilized hyaluronic acid soft tissue fillers in skin density and skin thickness enhancement. **Dermatologic Therapy**, [S.L.], v. 35, n. 11, p. 1-4, 10 out. 2022. Wiley. <http://dx.doi.org/10.1111/dth.15885>.
 72. Martin. Introduction to B-mode imaging. In: Hoskins, Peter R.; Martin, Kevin; Thrush, Abigail. **Diagnostic Ultrasound: Physics and Equipment**,. Cambridge: Cambridge University Press, 2010. p. 1-3.

73. Mehta, Preeya; Kaplan, Julie Bass; Zhang-Nunes, Sandy. Ischemic complications of dermal fillers. **Plastic And Aesthetic Research**, [S.L.], v. 9, n. 10, p. 57, 2022. OAE Publishing Inc. <http://dx.doi.org/10.20517/2347-9264.2022.19>.
74. Meiburger, Kristen M.; Acharya, U. Rajendra; Molinari, Filippo. Automated localization and segmentation techniques for B-mode ultrasound images: a review. **Computers In Biology And Medicine**, [S.L.], v. 92, p. 210-235, jan. 2018. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.combiomed.2017.11.018>.
75. Meneses, Claudia C. B. *et al.* Increasing precision during neuromodulator injections for frontal rhytids—Using ultrasound imaging to identify the line of convergence. **Journal Of Cosmetic Dermatology**, [S.L.], v. 23, n. 7, p. 2373-2379, 16 maio 2024. Wiley. <http://dx.doi.org/10.1111/jocd.16368>.
76. Mlosek, R. Krzysztof; Słoboda, Katarzyna; Malinowska, Sylwia. High frequency ultrasound imaging as a “potential” way of evaluation modality in side effects of lip augmentation – case report. **Journal Of Cosmetic And Laser Therapy**, [S.L.], v. 21, n. 4, p. 203-205, 5 set. 2018. Informa UK Limited. <http://dx.doi.org/10.1080/14764172.2018.1511910>.
77. Mlosek, Robert Krzysztof *et al.* The use of high-frequency ultrasonography for the diagnosis of palpable nodules after the administration of dermal fillers. **Journal Of Ultrasonography**, [S.L.], v. 20, n. 83, p. 248-253, 18 dez. 2020. Medical Communications Sp. z.o.o. <http://dx.doi.org/10.15557/jou.2020.0044>.
78. Mlosek, Robert Krzysztof; Malinowska, Sylwia. Ultrasound image of the skin, apparatus and imaging basics. **Journal Of Ultrasonography**, [S.L.], v. 13, n. 53, p. 212-221, 30 jun. 2013. Medical Communications Sp. z.o.o. <http://dx.doi.org/10.15557/jou.2013.0021>.
79. Mlosek, Robert Krzysztof; Migda, Bartosz; Migda, Michał. High-frequency ultrasound in the 21st century. **Journal Of Ultrasonography**, [S.L.], v. 20, n. 83, p. 233-241, 18 dez. 2020. Medical Communications Sp. z.o.o. <http://dx.doi.org/10.15557/jou.2020.0042>.
80. Moellhoff, N. *et al.* Arterial Embolism After Facial Fat Grafting: A Systematic Literature Review. **Aesthetic Plastic Surgery**, v. 47, n. 6, p. 2771-2787, 10 ago. 2023.
81. Mojallal, A. *et al.* Ultrasound assisted hyaluronic acid vascular adverse event management based on the vascular anatomy. **Annales de Chirurgie Plastique Esthétique**, [S.L.], v. 69, n. 6, p. 674-680, nov. 2024. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.anplas.2024.07.012>.

82. Molinari, Paola *et al.* Mastering Midface Rejuvenation: a proposal for a new three :layer, ultrasound :guided technique. **Journal Of Cosmetic Dermatology**, [S.L.], v. 25, n. 1, p. 706-709, jan. 2026. Wiley.
<http://dx.doi.org/10.1111/jocd.70664>.
83. Moon, Hyoung-Jin *et al.* Doppler Ultrasonographic Anatomy of the Midline Nasal Dorsum. **Aesthetic Plastic Surgery**, [S.L.], v. 45, n. 3, p. 1178-1183, 2 nov. 2020. Springer Science and Business Media LLC.
<http://dx.doi.org/10.1007/s00266-020-02025-1>.
84. Munia, Marco Antonio *et al.* Doppler Ultrasound in the Management of Vascular Complications Associated with Hyaluronic Acid Dermal Fillers. **J Clin Aesthet Dermatol**, [S.L.], v. 15, n. 2, p. 40-43, fev. 2022.
85. Mutu, Daniela Elena Gheoca *et al.* The Assessment of the Vascular Risk for Facial Procedures using Thermal Scanning Imaging and Doppler Ultrasonography. **Medicina Moderna - Modern Medicine**, [S.L.], v. 30, n. 4, p. 293-297, 12 dez. 2023. CMMB-Colegiul Medicilor Municipiul Bucuresti.
<http://dx.doi.org/10.31689/rmm.2023.30.4.293>.
86. Nikolis, Andreas *et al.* Comparative Trial Evaluating a High- Versus Low-Integration Hyaluronic Acid Filler for Contouring the Jawline. **Aesthetic Plastic Surgery**, [S.L.], v. 49, n. 1, p. 31-42, 12 set. 2024. Springer Science and Business Media LLC. <http://dx.doi.org/10.1007/s00266-024-04347-w>.
87. Oglat, Ammara *et al.* A review of medical doppler ultrasonography of blood flow in general and especially in common carotid artery. **Journal Of Medical Ultrasound**, [S.L.], v. 26, n. 1, p. 3, mar. 2018. Medknow.
http://dx.doi.org/10.4103/jmu.jmu_11_17.
88. Ouyang, Ronghao *et al.* Advances in Poly-L-lactic Acid Injections for Facial and Neck Rejuvenation. **Plastic And Reconstructive Surgery - Global Open**, [S.L.], v. 13, n. 8, p. 702-709, ago. 2025. Ovid Technologies (Wolters Kluwer Health).
<http://dx.doi.org/10.1097/gox.0000000000007029>.
89. Paeng, Dong-Guk; Lee, Cheong-Ah; Imtiaz, Cynthia. Principles of Doppler ultrasound and emerging blood flow imaging. **Ultrasonography**, [S.L.], v. 44, n. 6, p. 409-424, 1 nov. 2025. Korean Society of Ultrasound in Medicine.
<http://dx.doi.org/10.14366/usg.25152>.
90. Palmeri ML, Nightingale KR. What challenges must be overcome before ultrasound elasticity imaging is ready for the clinic? **Imaging Med**. v. 3, n. 4, p. 433-444, aug 2011. doi: 10.2217/iim.11.41. PMID: 22171226; PMCID: PMC3235674.

91. Park, Jun Ho; Jeong, Ji Won; Park, Ji-Ung. Advanced Facial Rejuvenation: Synergistic Effects of Lower Blepharoplasty and Ultrasound Guided Mid-Face Lift Using Polydioxanone (PDO) Threads. **Aesthetic Plast Surg**, [S.L.], v. 48, n. 9, p. 1706-1714, 22 mar. 2024.
92. Petrone, Giseli *et al.* Clinical Evaluation of an Innovative CaHA Bio-Stimulator in Facial Rejuvenation: 1 year follow :up. **Journal Of Cosmetic Dermatology**, [S.L.], v. 24, n. 5, p. 702-710, maio 2025. Wiley. <http://dx.doi.org/10.1111/jocd.70210>.
93. Poltawski, Leon; Watson, Tim. Relative transmissivity of ultrasound coupling agents commonly used by therapists in the UK. **Ultrasound In Medicine & Biology**, [S.L.], v. 33, n. 1, p. 120-128, jan. 2007. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ultrasmedbio.2006.07.026>.
94. Popescu, Marius Nicolae *et al.* Ultrasound-Guided Botulinum Toxin-A Injections into the Masseter Muscle for Both Medical and Aesthetic Purposes. **Toxins**, [S.L.], v. 16, n. 10, p. 413, 24 set. 2024. MDPI AG. <http://dx.doi.org/10.3390/toxins16100413>.
95. Qiao, Ju *et al.* Long-Term Follow-Up of Longevity and Diffusion Pattern of Hyaluronic Acid in Nasolabial Fold Correction through High-Frequency Ultrasound. **Plastic & Reconstructive Surgery**, [S.L.], v. 144, n. 2, p. 189-196, ago. 2019. Ovid Technologies (Wolters Kluwer Health). <http://dx.doi.org/10.1097/prs.00000000000005848>
96. Quezada-Gaon, Natacha *et al.* Comparison of clinical marking and ultrasound-guided injection of Botulinum type A toxin into the masseter muscles for treating bruxism and its cosmetic effects. **Journal Of Cosmetic Dermatology**, [S.L.], v. 15, n. 3, p. 238-244, 22 jan. 2016. Wiley. <http://dx.doi.org/10.1111/jocd.12208>.
97. Rocha, Luiz Paulo Carvalho *et al.* Ultrasonography for long-term evaluation of hyaluronic acid filler in the face: a technical report of 180 days of follow-up. **Imaging Science In Dentistry**, [S.L.], v. 50, n. 2, p. 175-180, jun. 2020. XMLink. <http://dx.doi.org/10.5624/isd.2020.50.2.175>.
98. Rocha, Paula Stéfany; Guerra, Thais Almeida; Teixeira, Danilo Augusto. Description of a safe doppler ultrasound-guided technique for hyaluronic acid filler in the face—A method to avoid adverse vascular events. **Journal Of Cosmetic Dermatology**, [S.L.], v. 21, n. 7, p. 2783-2787, 29 set. 2021. Wiley. <http://dx.doi.org/10.1111/jocd.14492>.

99. Ryoo, Hyun-Jung *et al.* Prospective Analysis of the Effectiveness of Targeted Botulinum Toxin Type A Injection Using an Ultrasound-Guided Single-Point Injection Technique for Lower Face Contouring. **Journal Of Clinical Medicine**, [S.L.], v. 13, n. 17, p. 5337-5345, 9 set. 2024. MDPI AG. <http://dx.doi.org/10.3390/jcm13175337>.
100. Scarano, Antonio *et al.* The efficacy of hyaluronic acid fragments with amino acid in combating facial skin aging: an ultrasound and histological study. **Journal Of Ultrasound**, [S.L.], v. 27, n. 3, p. 689-697, 24 jun. 2024. Springer Science and Business Media LLC. <http://dx.doi.org/10.1007/s40477-024-00925-5>.
101. Schelke, L. W. *et al.* Nomenclature proposal for the sonographic description and reporting of soft tissue fillers. *Journal of Cosmetic Dermatology*. **Blackwell Publishing Ltd**, 1 fev. 2020.
102. Schelke, L. W.; Decates, T. S.; Velthuis, P. J. Ultrasound to improve the safety of hyaluronic acid filler treatments. **Journal of Cosmetic Dermatology**, v. 17, n. 6, p. 1019-1024, 1 dez. 2018.
103. Schelke, Leonie W. *et al.* Use of Ultrasound to Provide Overall Information on Facial Fillers and Surrounding Tissue. **Dermatologic Surgery**, [S.L.], v. 36, n. 3, p. 1843-1851, nov. 2010. Ovid Technologies (Wolters Kluwer Health). <http://dx.doi.org/10.1111/j.1524-4725.2010.01740.x>.
104. Schelke, Leonie *et al.* Post-Treatment Displacement of Facial Soft Tissue Fillers—A Retrospective Ultrasound-based Investigation of 382 Zygomatic Regions. **Dermatologic Surgery**, [S.L.], v. 50, n. 10, p. 946-952, 4 jun. 2024. Ovid Technologies (Wolters Kluwer Health). <http://dx.doi.org/10.1097/dss.0000000000004257>.
105. Schelke, Leonie *et al.* Treating facial overfilled syndrome with impaired facial expression—Presenting clinical experience with ultrasound imaging. **Journal Of Cosmetic Dermatology**, [S.L.], v. 22, n. 12, p. 3252-3260, 29 set. 2023. Wiley. <http://dx.doi.org/10.1111/jocd.16013>.
106. Schelke, Leonie; Farber, Nimrod; Swift, Arthur. Ultrasound as an Educational Tool in Facial Aesthetic Injections. **Plastic And Reconstructive Surgery - Global Open**, [S.L.], v. 10, n. 12, p. 4639, dez. 2022. Ovid Technologies (Wolters Kluwer Health). <http://dx.doi.org/10.1097/gox.0000000000004639>.
107. Shekarriz, Pantea; Hosseini, Farid; Shojaei, Pardis. Ultrasound assessment of the nose vasculature: a review of the common method of non :surgical

- filler :based rhinoplasty. **Journal Of Cosmetic Dermatology**, [S.L.], v. 23, n. 3, p. 731-736, 17 out. 2023. Wiley. <http://dx.doi.org/10.1111/jocd.16037>.
108. Shekarriz, Pantea; Shojaee, Pardis. Ultrasound-assisted management of filler-related complications: report of a successful treatment of delayed :onset nodules related to polycaprolactone :based filler. **Clinical Case Reports**, [S.L.], v. 10, n. 11, p. 6646, nov. 2022. Wiley. <http://dx.doi.org/10.1002/ccr3.6646>.
 109. Sigrist, Rosa *et al.* Best Practices for the Use of High-Frequency Ultrasound to Guide Aesthetic Filler Injections—Part 1: upper third of the face. **Diagnostics**, [S.L.], v. 14, n. 16, p. 1718, 8 ago. 2024. MDPI AG. <http://dx.doi.org/10.3390/diagnostics14161718>.
 110. Sito, G.; Manzoni, V.; Sommariva, R. Vascular Complications after Facial Filler Injection: A Literature Review and Meta-analysis. **The Journal of Clinical and Aesthetic Dermatology**, v. 12, n. 6, p. E65-E72, 1 jun. 2019.
 111. Song, Z. Comparative Analysis of MRI, CT, and Ultrasound Imaging Modalities: Technological Advancements and Clinical Applications. **Highlights in Science, Engineering and Technology**, v. 149, p. 82-88, 29 jul. 2025.
 112. Tang, Kai Wing Kevin *et al.* Bioadhesive hydrogel-coupled and miniaturized ultrasound transducer system for long-term, wearable neuromodulation. **Nature Communications**, [S.L.], v. 16, n. 1, 28 maio 2025. Springer Science and Business Media LLC. <http://dx.doi.org/10.1038/s41467-025-60181-x>.
 113. Tang, Kuangyun *et al.* Ultrasound-Guided “Cross Injection” Technique for Mouth Corner Lift with Botulinum Toxin Type A. **Aesthetic Plastic Surgery**, [S.L.], v. 49, n. 7, p. 1808-1813, 6 nov. 2024. Springer Science and Business Media LLC. <http://dx.doi.org/10.1007/s00266-024-04471-7>.
 114. Taylor, G. I. *et al.* The Functional Anatomy of the Ophthalmic Angiosome and Its Implications in Blindness as a Complication of Cosmetic Facial Filler Procedures. **Plastic & Reconstructive Surgery**, v. 146, n. 4, p. 745-745, 25 jun. 2020.
 115. Tricco, AC, Lillie, E, Zarin, W, O'Brien, KK, Colquhoun, H, Levac, D, Moher, D, Peters, MD, Horsley, T, Weeks, L, Hempel, S *et al.* Extensão PRISMA para revisões de escopo (PRISMA-ScR): lista de verificação e explicação. **Ann Intern Med**. 2018;169(7):467-473. Doi: 10.7326/M18-0850
 116. Uehara, Takuya *et al.* Feasibility study of a newly developed solid gel pad containing tamarind seed gum for diagnostic ultrasonography in human

- subjects. **Scientific Reports**, [S.L.], v. 16, n. 1, 12 jan. 2026. Springer Science and Business Media LLC. <http://dx.doi.org/10.1038/s41598-025-33208-y>.
117. Urdiales-Gálvez, Fernando; Barres-Caballer, Jordán; Carrasco-Sánchez, Sara. Ultrasound assessment of tissue integration of the crosslinked hyaluronic acid filler VYC-25L in facial lower-third aesthetic treatment: a prospective multicenter study. **Journal Of Cosmetic Dermatology**, [S.L.], v. 20, n. 5, p. 1439-1449, 4 ago. 2020. Wiley. <http://dx.doi.org/10.1111/jocd.13632>.
 118. Urdiales-Gálvez, Fernando; Braz, André; Cavallini, Maurizio. Facial rejuvenation with the new hybrid filler HArmonyCa™: clinical and aesthetic outcomes assessed by 2d and 3d photographs, ultrasound, and elastography. **Journal Of Cosmetic Dermatology**, [S.L.], v. 22, n. 8, p. 2186-2197, 18 abr. 2023. Wiley. <http://dx.doi.org/10.1111/jocd.15706>.
 119. Vasconcelos-Berg, Roberta *et al.* Best Practices for the Use of High-Frequency Ultrasound to Guide Esthetic Filler Injections—Part 3: lower third of the face. **Diagnostics**, [S.L.], v. 15, n. 7, p. 921, 2 abr. 2025. MDPI AG. <http://dx.doi.org/10.3390/diagnostics15070921>.
 120. Vasconcelos-Berg, Roberta *et al.* Best Practices for the Use of High-Frequency Ultrasound to Guide Aesthetic Filler Injections—Part 2: middle third of the face, nose, and tear troughs. **Diagnostics**, [S.L.], v. 14, n. 22, p. 2544-2545, 13 nov. 2024. MDPI AG. <http://dx.doi.org/10.3390/diagnostics14222544>.
 121. Vasconcelos-Berg, Roberta *et al.* Doppler Ultrasound-Guided Filler Injections: useful tips to integrate ultrasound in daily practice. **Aesthetic Surgery Journal**, [S.L.], v. 43, n. 7, p. 773-783, 3 jan. 2023. Oxford University Press (OUP). <http://dx.doi.org/10.1093/asj/sjac353>.
 122. Velthuis, Peter J *et al.* A Guide to Doppler Ultrasound Analysis of the Face in Cosmetic Medicine. Part 2: vascular mapping. **Aesthetic Surgery Journal**, [S.L.], v. 41, n. 11, p. 1633-1644, 5 maio 2021. Oxford University Press (OUP). <http://dx.doi.org/10.1093/asj/sjaa411>.
 123. Velthuis, Peter J *et al.* A Guide to Doppler Ultrasound Analysis of the Face in Cosmetic Medicine. Part 1: standard positions. **Aesthetic Surgery Journal**, [S.L.], v. 41, n. 11, p. 1621-1632, 5 maio 2021. Oxford University Press (OUP). <http://dx.doi.org/10.1093/asj/sjaa410>.
 124. Vergilio, M. M.; Vasques, L. I.; Leonardi, G. R. Characterization of skin aging through high-frequency ultrasound imaging as a technique for evaluating the effectiveness of anti-aging products and procedures: A review. **Skin Research and Technology** John Wiley and Sons Inc, 1 set. 2021.

125. Vieira, Maria Clara Costa; Dias, Yandra Vasconcelos; Freitas, Sérgio Antônio Pereira. O uso da ultrassonografia na Odontologia: uma revisão de literatura. **Research, Society And Development**, [S.L.], v. 12, n. 11, p. 143121143903-143121143904, 7 nov. 2023. Research, Society and Development. <http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v12i11.43903>.
126. Vieira, Maria Clara Costa; Dias, Yandra Vasconcelos; Freitas, Sérgio Antônio Pereira. O uso da ultrassonografia na Odontologia: uma revisão de literatura. **Research, Society And Development**, [S.L.], v. 12, n. 11, p. 1, 7 nov. 2023. Research, Society and Development. <http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v12i11.43903>.
127. Wang, Fengle *et al.* Flexible Doppler ultrasound device for the monitoring of blood flow velocity. **Science Advances**, [S.L.], v. 7, n. 44, 29 out. 2021. American Association for the Advancement of Science (AAAS). <http://dx.doi.org/10.1126/sciadv.abi9283>.
128. Wortsman, X. *et al.* Ultrasound detection and identification of cosmetic fillers in the skin. **Journal Of The European Academy Of Dermatology And Venereology**, [S.L.], v. 26, n. 3, p. 292-301, 21 mar. 2011. Wiley. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1468-3083.2011.04047.x>.
129. Wortsman, Ximena *et al.* International Multicentric Study on Ultrasound Characteristics, Layer Location, and Corporal Distribution of Granulomas After Cosmetic Fillers Injections. **Journal Of Ultrasound In Medicine**, [S.L.], v. 44, n. 8, p. 1447-1455, 5 abr. 2025. Wiley. <http://dx.doi.org/10.1002/jum.16700>.
130. Wortsman, Ximena. Common Applications of Dermatologic Sonography. **Journal Of Ultrasound In Medicine**, [S.L.], v. 31, n. 1, p. 97-111, jan. 2012. Wiley. <http://dx.doi.org/10.7863/jum.2012.31.1.97>.
131. Wortsman, Ximena. Common Applications of Ultrasound in Cosmetic and Plastic Surgery Procedures. **Atlas Of Dermatologic Ultrasound**, [S.L.], p. 179-214, 2018. Springer International Publishing. http://dx.doi.org/10.1007/978-3-319-89614-4_7.
132. Wortsman, Ximena. Identification and Complications of Cosmetic Fillers. **Journal Of Ultrasound In Medicine**, [S.L.], v. 34, n. 7, p. 1163-1172, jul. 2015. Wiley. <http://dx.doi.org/10.7863/ultra.34.7.1163>.
133. Wortsman, Ximena; Wortsman, Jacobo. Sonographic Outcomes of Cosmetic Procedures. **American Journal Of Roentgenology**, [S.L.], v. 197, n. 5, p. 910-

- 918, nov. 2011. American Roentgen Ray Society.
<http://dx.doi.org/10.2214/ajr.11.6719>.
134. Wu, Wei-Ting *et al.* Ultrasound Imaging of Facial Vascular Neural Structures and Relevance to Aesthetic Injections: a pictorial essay. **Diagnostics**, [S.L.], v. 12, n. 7, p. 1766, 21 jul. 2022. MDPI AG.
<http://dx.doi.org/10.3390/diagnostics12071766>.
 135. Wu, Wei-Ting *et al.* Ultrasound Imaging of the Facial Muscles and Relevance with Botulinum Toxin Injections: a pictorial essay and narrative review. **Toxins**, [S.L.], v. 14, n. 2, p. 101, 27 jan. 2022. MDPI AG.
<http://dx.doi.org/10.3390/toxins14020101>.
 136. Wu, Yange *et al.* A prospective and randomized study comparing ultrasound-guided real time injection to conventional blind injection of botulinum neurotoxin for glabellar wrinkles. **Journal Of Cosmetic Dermatology**, [S.L.], v. 23, n. 9, p. 2867-2875, 10 maio 2024. Wiley. <http://dx.doi.org/10.1111/jocd.16365>.
 137. Yambot, Kristine *et al.* Comparison of KY-jelly and ultrasound transmission gel as coupling medium for ultrasound imaging. **Asia Pacific Journal Of Allied Health Sciences**, [s. l.], v. 1, p. 5, 2018.
 138. Yi, Kyu-Ho *et al.* Sonoanatomy of the Nasal Ala for Botulinum Neurotoxin Injection. **Journal Of Cosmetic Dermatology**, [S.L.], v. 24, n. 4, 28 mar. 2025. Wiley. <http://dx.doi.org/10.1111/jocd.70035>.
 139. Young, S. R.; Bolton, P. A.; Downie, J. Use of high-frequency ultrasound in the assessment of injectable dermal fillers. **Skin Research And Technology**, [S.L.], v. 14, n. 3, p. 320-323, 17 jul. 2008. Wiley. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1600-0846.2008.00297.x>.
 140. Yuan, Li *et al.* Application of High-Frequency Ultrasound to Evaluate Forehead Filling Materials. **Aesthetic Plastic Surgery**, [S.L.], v. 48, n. 12, p. 2239-2245, 30 abr. 2024. Springer Science and Business Media LLC.
<http://dx.doi.org/10.1007/s00266-024-04031-z>.
 141. Zattar, Luciana C.; Faria, Gladstone; Boggio, Ricardo. U-SMAS: ultrasound findings of the superficial musculoaponeurotic system. **Radiologia Brasileira**, [S.L.], v. 57, 15 jul. 2024. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/0100-3984.2024.0035>.
 142. Zhang, Mengyuan *et al.* A Comprehensive Ultrasound Investigation of Lower Facial and Neck Structure. **Aesthetic Plastic Surgery**, [S.L.], v. 49, n. 1, p. 1-12, 19 ago. 2024. Springer Science and Business Media LLC.
<http://dx.doi.org/10.1007/s00266-024-04313-6>.

143. Zhang, Mengyuan *et al.* Deciphering Depressor Anguli Oris for Lower Face Rejuvenation: a prospective ultrasound-based investigation. **Aesthetic Surgery Journal**, [S.L.], v. 44, n. 8, p. 880-888, 20 fev. 2024. Oxford University Press (OUP). <http://dx.doi.org/10.1093/asj/sjae037>.
144. Zhao, F. *et al.* Disastrous cerebral and ocular vascular complications after cosmetic facial filler injections: a retrospective case series study. **Scientific Reports**, v. 14, n. 1, 12 fev. 2024.