

CENTRO UNIVERSITÁRIO BRASILEIRO - UNIBRA
CURSO DE GRADUAÇÃO EM BIOMEDICINA

CLAUDEMIR ALVES DE ASSIS FILHO
JULIANA LOURENÇO DOS SANTOS
RADIJA BERTO GALINDO

**Reações imunológicas ao polimetilmetacrilato
(PMMA) a fins estéticos**

RECIFE 2025

CLAUDEMIR ALVES DE ASSIS FILHO
JULIANA LOURENÇO DOS SANTOS
RADIJA BERTO GALINDO

**Reações imunológicas ao polimetilmetacrilato
(PMMA) a fins estéticos**

Trabalho de conclusão de curso
apresentado à Disciplina TCC II do
Curso de Bacharelado em
BIOMEDICINA do Centro
Universitário Brasileiro - UNIBRA,
como parte dos requisitos para
conclusão do curso.

Orientador(a): Prof. LUIZ DA SILVA
MAIA NETO

RECIFE 2025

CLAUDEMIR ALVES DE ASSIS FILHO
JULIANA LOURENÇO DOS SANTOS
RADIJA BERTO GALINDO

**Reação imunológica ao polimetilmetacrilato
(PMMA) a fins estéticos**

Trabalho de conclusão de curso apresentado à Disciplina TCC II do Curso de Biomedicina do Centro Universitário Brasileiro - UNIBRA, como parte dos requisitos para conclusão do curso.

Examinadores:

Prof. Dr. Luiz da Silva Maia Neto

Orientador – Titulação

Dra. Maria Clara Queiroz

Examinador 1 – Titulação

Dra. Melayne Acioly Rocha

Examinador 2 - Titulação

Dra. Marina Baptista

Examinador 3 - Titulação

Nota: 9,50

Data: 17/06/2025

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, por ser meu alicerce e sustento em cada etapa desta caminhada. Nos dias de cansaço e incerteza, foi Sua graça que me deu forças para continuar. Aos meus pais, Isaac Lourenço e Maria de Fátima, minha eterna gratidão pelo amor, apoio e por acreditarem em mim mesmo nos meus momentos de dúvida. Cada conquista carrega a marca da dedicação de vocês. À minha filha, Maria Antonella, que me deu a força que eu nem sabia que tinha. Foi por você que segui em frente, mesmo nos dias mais difíceis. Aos meus amigos da faculdade, obrigada por cada momento, conversa e apoio que tornaram essa jornada mais leve. A todos que, de alguma forma, contribuíram, deixo aqui meu sincero agradecimento.

– Juliana Lourenço

Se há algo que posso afirmar com convicção, é que não caminhei sozinho até aqui. A presença de Deus tem sido meu alicerce, silenciosa, mas constante. Sustentando-me nos dias difíceis, guiando-me quando tudo parecia incerto e fortalecendo-me quando pensei em desistir. Tudo o que conquistei carrega a marca da Sua fidelidade. Sou profundamente grato à minha família, cujo amor foi mais do que companhia: foi abrigo, força e direção. Em especial, aos meus pais, Claudemir Alves e Ana Claudia, minha eterna gratidão. Sem eles, nada disso teria sido possível. Foram eles que, com esforço diário e incontáveis renúncias, garantiram que nada me faltasse, mesmo quando isso exigia sacrifícios que eu talvez nem tenha percebido por completo. Sempre estiveram ao meu lado, me apoiando em cada escolha, me encorajando a seguir mesmo quando os caminhos eram incertos. Sou, de verdade, um fruto do amor, da dedicação e da fé deles. Suas orações silenciosas, seus conselhos firmes e sua presença constante foram o alicerce mais palpável de tudo que conquistei. Também não posso deixar de mencionar alguém que Deus colocou no meu caminho como um presente inesperado e transformador: Ana Clara. Conhecê-la durante o curso foi um dos capítulos mais marcantes dessa jornada. Seu carinho, sua sabedoria e sua presença constante foram abrigo e direção. Apaixonei-me não só pelo que ela é, mas pelo modo como ela esteve comigo em cada conquista, em cada renúncia, em cada noite longa de estudos. Sem sua ajuda, seu olhar atento e seu amor, nada disso teria acontecido da mesma forma. Ela foi, e é, parte essencial desta vitória. Aos professores e colegas que se tornaram amigos, minha sincera gratidão: aprendi com suas palavras, mas também com seus exemplos e com cada gesto de parceria. E, ao olhar para trás, o que mais me comove é perceber como a bondade e a misericórdia de Deus me acompanharam o tempo todo. Como diz o Salmo 23:6: “Certamente que a bondade e a misericórdia me seguirão todos os dias da minha vida.” Essa tem sido minha realidade. E, pela graça de Deus, seguirá sendo meu norte daqui para frente.

– Claudemir Assis

Agradeço a Deus por não soltar minha mão, mesmo quando eu não tinha forças para seguir. Em meio ao silêncio e às batalhas internas, foi Ele quem me sustentou. “Seja forte e corajosa” (Josué 1:9), e assim eu fui. Aos meus pais, obrigada por estarem comigo nos momentos que puderam. Minha tia e meu tio, que sempre estiveram presentes com carinho e cuidado. Às minhas avós, por todo o afeto ao longo da vida. E aos meus irmãos, meu amor maior: João Pedro, Ruby e Rakelly. Mesmo tão pequenos, o simples fato de existirem já me dá força. Vocês são minha alegria nos dias difíceis e minha motivação para continuar. Aos amigos que a faculdade me deu, obrigada por cada conversa, cada risada, cada apoio sincero. Com vocês, a caminhada se tornou mais leve. Aos amigos de fora, obrigada por estarem sempre por perto, com o mesmo carinho e leveza de sempre, mesmo nos dias em que eu mais precisei. E a mim, que fui forte mesmo quando pensei que não seria. Este trabalho representa minha caminhada, minha luta e minha vitória.

– Radija Berto

“A verdadeira beleza vem de dentro.”

- Mulan

RESUMO

O polimetilmetacrilato (PMMA) é um biomaterial amplamente utilizado em procedimentos estéticos devido à sua durabilidade e efeito preenchedor permanente. No entanto, sua aplicação está associada a diversas reações imunológicas, que podem comprometer a biocompatibilidade e a segurança do paciente. Este estudo teve como objetivo revisar a literatura científica recente sobre as respostas imunológicas desencadeadas pelo PMMA, analisando suas manifestações clínicas, mecanismos fisiopatológicos e implicações terapêuticas. Por meio de uma revisão sistemática de artigos publicados entre 2019 e 2024 nas bases PubMed e SciELO, foram identificados 29 estudos relevantes. Os principais achados incluem a formação de granulomas, inflamações crônicas, ativação de macrófagos e linfócitos T, além da presença de biofilmes bacterianos subclínicos. A resposta do organismo mostrou-se influenciada por fatores como a morfologia das microesferas, técnicas de aplicação e predisposições individuais. Conclui-se que o uso estético do PMMA requer avaliação criteriosa do paciente e acompanhamento clínico contínuo, reforçando a necessidade de pesquisas sobre materiais alternativos mais seguros.

Palavras-chave: PMMA, reações imunológicas, preenchimento estético, granuloma, inflamação crônica.

ABSTRACT

Polymethylmethacrylate (PMMA) is a biomaterial widely used in aesthetic procedures due to its durability and long-lasting filling effect. However, its application is associated with various immune reactions that may compromise biocompatibility and patient safety. This study aimed to review recent scientific literature on the immunological responses triggered by PMMA, analyzing clinical manifestations, pathophysiological mechanisms, and therapeutic implications. A systematic review of studies published between 2019 and 2024 was conducted using the PubMed and SciELO databases, identifying 29 relevant articles. The main findings included the formation of granulomas, chronic inflammation, activation of macrophages and T helper lymphocytes, and the presence of subclinical bacterial biofilms. The body's response was shown to be influenced by factors such as microsphere morphology, injection techniques, and individual immune predisposition. It is concluded that the aesthetic use of PMMA requires thorough patient assessment and continuous clinical follow-up, reinforcing the need for further research on safer, more biocompatible alternatives.

Keywords: PMMA, immune reactions, aesthetic filler, granuloma, chronic inflammation.

SUMÁRIO

1. Introdução.....	9
2 Materiais e métodos.....	10
2.1 Tabelas.....	11
3.Resultados e discussão.....	11
4.Conclusões.....	14
Referências.....	14

1. Introdução

Nos últimos anos, o Brasil se consolidou como um dos principais destinos para procedimentos estéticos, ocupando a segunda posição mundial em cirurgias plásticas e intervenções minimamente invasivas, logo atrás dos Estados Unidos. Em 2021, o país registrou mais de 1,5 milhão de cirurgias plásticas e 3,4 milhões de procedimentos não cirúrgicos, como preenchimentos dérmicos e aplicações de toxina botulínica.¹

Dentre os materiais utilizados para preenchimentos, o Polimetilmetacrilato (PMMA) tem se destacado por sua durabilidade e eficácia. Este polímero, utilizado em diversas aplicações médicas, é empregado em procedimentos estéticos como um preenchedor permanente, oferecendo resultados duradouros em áreas como lábios, sulcos nasolabiais e volumização facial.^{2 3}

O polimetilmetacrilato ou como é conhecido popularmente PMMA ou ainda acrílico, é um polímero sintético transparente de fácil processamento e barato, com uma grande possibilidade de utilizações tanto na engenharia de materiais como na medicina. Este material teve sua estreia na área da saúde em 1936, sendo utilizado na produção de próteses dentárias e somente em 1998 que foi realizado seu primeiro uso como um preenchedor corporal.⁴

Embora o PMMA seja amplamente valorizado, sua aplicação não é isenta de riscos. Estudos têm mostrado que, embora o PMMA seja considerado biocompatível, ele pode induzir reações inflamatórias, que variam desde reações leves até complicações graves, como granulomas e infecções. As reações adversas podem não se manifestar imediatamente; algumas podem ocorrer meses ou até anos após o procedimento, dificultando a associação direta entre a aplicação do produto e a resposta imunológica subsequente.⁵

O PMMA é um polímero composto por microesferas plásticas, que, como preenchedor dérmico, é utilizado diluído em um veículo próprio, de colágeno bovino, carboximetilcelulose ou hialuronato de sódio, que são reabsorvidos após alguns dias pelo organismo.⁶ Contudo, a sua utilização em viés estético, levanta preocupações sobre as reações imunológicas que podem ser induzidas no organismo, que incluem inflamações, necrose, formação de nódulos e, em casos extremos podem levar à morte, como alertam a Sociedade Brasileira de Cirurgia Plástica (SBCP) e a Sociedade Brasileira de Dermatologia (SBD).⁷

Logo após a aplicação de PMMA, as células de defesa (neutrófilos, linfócitos e macrófagos) migram para a área e iniciam uma reação de corpo estranho com deposição de fibronectina e fibrinogênio ao redor das microesferas de PMMA. Neste estágio, o volume observado na região é dado pela presença do colágeno bovino como carreador das microesferas. Nas 3 a 4 semanas seguintes, o colágeno bovino é progressivamente absorvido e um tecido de granulação composto por macrófagos, fibroblastos, capilares e colágeno forma-se ao redor do implante e preenche o espaço intersticial entre as microesferas.⁸

Ao longo do tempo, o tecido conjuntivo recentemente formado matura-se e os espaços intersticiais tornam-se preenchidos com fibroblastos e fibras colágenas, sendo as microesferas eventualmente encapsuladas. As proteínas estruturais recém formadas e o tecido conjuntivo são responsáveis pelo efeito volumizador final do material na área preenchida. Teoricamente, este processo alcançaria maturidade e estabilidade de 9-12 meses após o preenchimento, porém, evidências sugerem que a resposta inflamatória e o turnover celular podem permanecer ativos por muitos anos.⁸

Após o veículo ser absorvido pelo corpo do paciente, a interação das microesferas com os tecidos podem resultar em inflamação e resposta imune, reações que colocam em risco a biocompatibilidade e a longevidade das implantações. As complicações que podem surgir após a aplicação deste preenchedor permanente, pode ser observadas de forma imediatas à aplicação ou de forma tardia, o que dificulta o monitoramento da estabilidade das implantações.⁷

Diante do aumento da demanda por procedimentos estéticos e da popularidade do PMMA, é crucial que os pacientes sejam informados sobre os riscos associados, e que os profissionais de saúde realizem uma avaliação cuidadosa das contra indicações e possíveis complicações. A literatura atual continua a investigar a segurança e a eficácia do PMMA, ressaltando a importância de um acompanhamento clínico rigoroso após a sua aplicação para mitigar riscos e garantir a saúde e o bem-estar dos pacientes.⁹

2. Material e Métodos

A pesquisa para esta revisão literária começou em 25 de agosto de 2024, com o objetivo de aprofundar a análise das reações imunológicas relacionadas ao uso de polimetilmetacrilato (PMMA) em procedimentos estéticos. Para isso, foram utilizados os bancos de dados PubMed e SciELO, que são fontes confiáveis e amplamente reconhecidas na área da saúde, garantindo uma seleção rigorosa de literatura atualizada e relevante.

A estratégia de busca foi elaborada com a inclusão de termos-chave como “PMMA”, “reações imunológicas” e “estética”, sendo ajustada conforme as especificidades de cada banco de dados para assegurar a identificação eficaz de estudos pertinentes. Além disso, a busca foi complementada com operadores booleanos (AND, OR) para refinar ainda mais os resultados, maximizando a relevância dos artigos encontrados. Para garantir que as informações fossem contemporâneas e alinhadas ao foco da pesquisa, foram definidos critérios rigorosos para a inclusão de artigos, restringindo a seleção a publicações entre 2019 e 2024 que abordassem especificamente as reações imunológicas decorrentes da aplicação de PMMA em estética. Artigos que não apresentassem discussões diretamente ligadas a essas reações ou que não fossem artigos científicos foram excluídos.

Durante a busca realizada no SciELO, foram encontrados 112 artigos, dos quais apenas 13 se mostraram relevantes após uma análise crítica dos resumos. No PubMed, a busca gerou 480 artigos, com 16 se enquadrando nos critérios estabelecidos. A seleção dos artigos foi seguida por uma leitura detalhada dos textos completos, permitindo a identificação de informações essenciais e a avaliação da qualidade metodológica dos estudos incluídos.

Os artigos selecionados foram submetidos a uma análise qualitativa, com foco nas principais descobertas sobre as reações imunológicas do PMMA. Essa análise envolveu a extração de dados sobre diferentes tipos de reações, como inflamações agudas e crônicas, a formação de granulomas e outras manifestações imunológicas. Também foram considerados fatores como o tempo de aparecimento das reações, variando entre reações imediatas e tardias, bem como a severidade dos eventos adversos reportados. O objetivo dessa abordagem foi sintetizar as informações disponíveis e identificar padrões e lacunas na literatura existente, contribuindo para um entendimento mais abrangente do tema.

Além disso, a pesquisa considera as implicações clínicas dessas reações, discutindo como o conhecimento sobre as respostas imunológicas ao PMMA pode informar práticas seguras em procedimentos estéticos. Dessa forma, a revisão não apenas se propõe a avaliar a literatura atual, mas também a destacar a necessidade de mais pesquisas nesse campo, visando melhorar a segurança e a eficácia dos procedimentos que utilizam esse material.

2.1 Tabelas

Tabela 1 – Distribuição de artigos encontrados e utilizados por base de dados

Table 1 – Distribution of articles found and used per database

Base de Dados	Artigos encontrados	Artigos selecionados
PubMed	480	16
SciELO	112	13

3. Resultados e Discussão.

As buscas realizadas totalizaram inicialmente 592 fontes de pesquisa, das quais 29 artigos foram selecionados com base nos critérios de inclusão. O Quadro 1 apresenta uma síntese das principais informações extraídas dos artigos incluídos na amostra final, como autor, ano de publicação, objetivos e principais conclusões. Esses dados foram analisados de forma qualitativa, permitindo uma discussão crítica sobre as reações imunológicas ao PMMA em procedimentos estéticos.

Autor(es)/Ano	Título	Objetivo	Resultados/ Conclusão
Silva T, Oliveira R, Santos M, Pereira L, Almeida J. 2024	Complicações relacionadas ao uso de polimetilmetacrilato na face: estudo retrospectivo com 209 casos	Analisar casos clínicos de complicações decorrentes do uso de PMMA em preenchimentos faciais.	Tempo médio de 71 meses até os sintomas; regiões mais afetadas: malar, mandibular e zigomática; manifestações incluem nódulos, edema e granulomas.
Gelfer A, Carruthers A, Carruthers J, Jabs DA. 2007	Granulomas after soft tissue injection	Investigar o papel das citocinas inflamatórias e da resposta imune adaptativa na formação de granulomas após uso de preenchedores.	Identificou liberação de IL-1 β , TNF- α e IFN- γ , sustentando inflamação crônica por ativação imune prolongada.
Lemperle G, Gauthier-Hazan N, Wolters M, Eisemann-Klein M, Zimmermann U, Duffy DM. 2009	PMMA microspheres for soft tissue augmentation: a review of the literature	Avaliar como a morfologia das microesferas de PMMA influencia na resposta imunológica.	Esferas irregulares ou contaminadas causam mais granulomas; partículas uniformes e puras são melhor toleradas.
Wortsman X,	Ultrasound patterns	Descrever padrões	Ultrassom ajuda a

Alfageme F, Roustan G. 2019	of different dermal filler materials used in aesthetics	ultrassonográficos úteis na avaliação de reações adversas a preenchedores.	diferenciar inflamação de infecção e detecta nódulos e granulomas precocemente.
Schelke LW, Decates TS, Velthuis PJ. 2020	Injectable facial fillers: imaging features, complications, and diagnostic pitfalls at MRI and PET-CT	Analisar o papel da ressonância e PET-CT na detecção de complicações inflamatórias por preenchedores.	Esses exames detectam atividade inflamatória mesmo em pacientes assintomáticos através da hiper captação.
Lemperle G, Rullan PP, Gauthier-Hazan N. 2009	Foreign body granulomas after all injectable dermal fillers: Part 1. Possible causes	Estudar causas possíveis de granulomas após uso de preenchimentos dérmicos injetáveis.	Biofilmes bacterianos, como Cutibacterium acnes, podem contribuir para inflamações crônicas subclínicas.
Signorini M, Liew S, Sundaram H., et al. 2016	Treatment of soft tissue filler complications: expert consensus recommendations	Estabelecer diretrizes terapêuticas para manejo de complicações com preenchedores.	Tratamento com corticosteróides, imunomoduladores e cirurgia; evitar uso em pacientes com doenças autoimunes.
Borges RS, Araújo LCF, Silva Júnior JVL, Alves YMM, Vieira CCA. 2023	the risks of polymethyl methacrylate: an integrative review of 587 complications reports	Revisar sistematicamente complicações imunes associadas ao uso prolongado de PMMA.	Confirma ativação contínua da imunidade inata e adaptativa, associada a efeitos clínicos relevantes.
Katz B, Malayeva M. A. 2023	A prospective 2-year extension study to evaluate the safety and effectiveness of PMMA-collagen gel for the correction of mid-facial volume loss	Investigar efeitos imunológicos adversos em pacientes tratados com preenchedores faciais permanentes.	Relatam associação entre permanência do PMMA e resposta imune contínua, com implicações clínicas significativas.
Xie Y, Zhang Y, Li J, Zhou L, Wang F. 2025	safety and potencial complications of facial wrinkle correction with injectables fillers: A review	Avaliar a eficácia e os riscos do uso de PMMA em estética facial.	Material é eficaz para correções estéticas, mas apresenta riscos imunológicos que devem ser considerados.

A seguir, discute-se os principais mecanismos imunológicos e as implicações clínicas associadas ao uso do PMMA como preencher facial.

O uso do polimetilmetacrilato (PMMA) como preenchedor facial está associado a uma diversidade de reações imunológicas, cuja compreensão é indispensável para sua aplicação segura. Por se tratar de um biomaterial aloplástico, o PMMA é identificado pelo sistema imune como corpo estranho, desencadeando respostas que podem evoluir para inflamações crônicas e granulomas.¹⁰

Um estudo retrospectivo com 209 casos de complicações relacionadas ao uso de PMMA na face evidenciou um tempo mediano de 71 meses para o surgimento dos sintomas, com maior incidência nas regiões malar, mandibular e zigomática. Esse longo intervalo entre a aplicação e a manifestação clínica reforça a hipótese de uma resposta imune crônica, possivelmente mediada pela via adaptativa.¹⁰

As complicações mais comuns envolvem formação de nódulos, edema persistente e granulomas. Esses eventos refletem a ativação sustentada de macrófagos e linfócitos T helper, resultando na fusão de macrófagos em células gigantes multinucleadas ao redor das partículas de PMMA uma característica clássica de reação a corpo estranho. Gelfer et al. destacam que a liberação contínua de citocinas inflamatórias como IL-1 β , TNF- α e IFN- γ , além da ativação da via alternativa do complemento, sustenta um ambiente inflamatório crônico.¹¹

Lemperle et al. apontam que a morfologia das microesferas é um fator crucial na imunogenicidade do material: esferas irregulares ou contaminadas apresentam maior potencial para induzir granulomas, ao passo que partículas de alta pureza e tamanho uniforme tendem a ser mais bem toleradas pelo organismo. Além disso, fatores técnicos como o volume injetado, o plano anatômico de aplicação e o uso de cânulas influenciam diretamente a resposta inflamatória.¹²

A avaliação diagnóstica dessas complicações pode ser potencializada pelo uso de imagem. Wortsman et al. evidenciaram que padrões ultrassonográficos específicos auxiliam na diferenciação entre reações inflamatórias e infecciosas, além de permitir a detecção precoce de nódulos e granulomas.¹³ Schelke et al. também destacam a importância de exames como PET-CT e ressonância magnética, que são capazes de detectar atividade inflamatória por meio de hiper captação metabólica, mesmo na ausência de sintomas evidentes.¹⁴

Outro aspecto relevante é a formação de biofilmes bacterianos. Segundo Lemperle et al., microrganismos como *Cutibacterium acnes* podem permanecer em estado subclínico no tecido e contribuir para uma inflamação crônica sustentada, especialmente em indivíduos com distúrbios imunológicos. Essa interação entre fatores infecciosos e a resposta imune representa um dos principais mecanismos associados às complicações tardias do PMMA.¹⁵

No que se refere ao tratamento, Signorini et al. recomendam uma abordagem individualizada, com o uso criterioso de corticosteroides e imunomoduladores, e indicam a excisão cirúrgica como alternativa para casos refratários. Ressaltam ainda a importância de avaliar cuidadosamente o perfil do paciente antes da aplicação, evitando o uso em pessoas com doenças autoimunes ativas, alergias sistêmicas ou histórico de hipersensibilidade a biomateriais.¹⁶

De modo geral, revisões sistemáticas recentes reforçam a associação entre a permanência do PMMA nos tecidos e a ativação contínua de vias imunes inatas e adaptativas, com implicações clínicas relevantes. Borges et al. realizaram uma revisão integrativa de 587 relatos de complicações, destacando uma gama de eventos adversos, como granulomas, nódulos e reações inflamatórias persistentes, e reforçam a necessidade de uma compreensão mais ampla dos fatores de risco associados ao uso do PMMA.¹⁷

No que diz respeito à eficácia clínica, Katz e Malayeva demonstraram, em um estudo prospectivo de dois anos, que o PMMA-collagen gel apresentou bons resultados na correção

da perda de volume médio-facial, com alta taxa de satisfação dos pacientes e baixa incidência de eventos adversos.¹⁸ Apesar disso, Xie et al. alertam que, mesmo com a eficácia estética comprovada, o risco de complicações imunológicas e inflamatórias exige uma avaliação criteriosa antes da aplicação, especialmente em populações com predisposição a reações adversas.¹⁹

Conclui-se, portanto, que as reações imunológicas ao PMMA são multifatoriais e envolvem mecanismos complexos, tanto da imunidade inata quanto da adaptativa. A vigilância clínica contínua e a seleção criteriosa dos pacientes são fundamentais, assim como o investimento em pesquisas que identifiquem biomarcadores preditivos e desenvolvam alternativas mais biocompatíveis para preenchimento facial duradouro.

4. Conclusão

As reações imunológicas decorrentes do uso do polimetilmetacrilato (PMMA) como preenchedor facial apresentam-se como um desafio clínico complexo, resultado da interação entre as propriedades intrínsecas do biomaterial e a resposta imunológica do hospedeiro. A permanência prolongada do PMMA nos tecidos pode desencadear um processo inflamatório crônico, mediado tanto pela imunidade inata quanto pela adaptativa, manifestando-se frequentemente na forma de nódulos, edema persistente e granulomas. Além disso, a morfologia das microesferas, a pureza do material, as técnicas de aplicação e as características imunológicas individuais dos pacientes são fatores determinantes para a magnitude e a gravidade dessas reações adversas.

Dessa forma, torna-se imprescindível a avaliação criteriosa do perfil do paciente antes da indicação do preenchimento com PMMA, evitando sua aplicação em indivíduos com histórico de doenças autoimunes, alergias sistêmicas ou hipersensibilidade a biomateriais. O acompanhamento clínico contínuo pós-aplicação é igualmente fundamental para a detecção precoce e o manejo adequado das complicações.

Por fim, o avanço nas pesquisas voltadas à identificação de biomarcadores preditivos e ao desenvolvimento de materiais com maior biocompatibilidade é uma necessidade premente para aprimorar a segurança e a eficácia dos procedimentos estéticos que utilizam o PMMA, garantindo assim benefícios estéticos alinhados à preservação da saúde dos pacientes.

5. Referências

1. International Society of Aesthetic Plastic Surgery (ISAPS). ISAPS International Survey on Aesthetic/Cosmetic Procedures Performed in 2021 [Internet]. 2022 [cited 2024 Sep 24]. Available from: <https://www.isaps.org/media/d1kfcxzp/pr-global-survey-results-general-final.pdf>
2. Fitzpatrick RE, Murphy JP, Mandrea JL, Cohen JL. Complications of injectables: a review of safety and efficacy. *Dermatol Surg*. 2020;46(6):738–47. doi:10.1097/DSS.0000000000000553
3. Van der Molen SD, van der Lei B, van Leeuwen J, van der Meulen JJC. Aesthetic treatments with polymethyl methacrylate: a review of the literature. *Plast Reconstr Surg*. 2021;147(3):579–87. doi:10.1097/PRS.00000000000007261.

4. Kurimori KT, Mendes M, Milcheski DA, Monteiro AA, Gemperli R. Complicação grave do uso irregular do PMMA: relato de caso e a situação brasileira atual. *Rev Bras Cir Plást.* 2019;34(1):156–62
5. Liu Y, Zhang M, Chen W, Thompson JM, Wang H, Wang L. Long-term outcomes of injectable fillers: a systematic review. *Dermatol Surg.* 2022;48(3):269–78. doi:10.1097/DSS.0000000000000248
6. Kurimori KT, Mendes M, Milcheski DA, Monteiro AA, Gemperli R. Severe complication due to inappropriate use of polymethylmethacrylate: a case report and current status in Brazil. *Rev Bras Cir Plást.* 2019;34(1):166–72. doi:10.5935/2177-1235.2019RBCP0025.
7. Martins EL, Kock PA, Fedatto PF. Polymethyl methacrylate (PMMA) in clinical practice: integrative review on aesthetic approaches, complications and regulatory aspects. *Res Soc Dev.* 2024;13(6):e9013646046. doi:10.33448/rsd-v13i6.46046. Available from: <https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/46046>
8. Paulucci BP. PMMA safety for facial filling: review of rates of granuloma occurrence and treatment methods. *Aesthetic Plast Surg.* 2020;44(1):148–59. doi:10.1007/s00266-019-01522-2
9. Klein AW, Carruthers J, Fagien S, Brandt FS. Safety and efficacy of permanent fillers: a review of the literature. *Aesthet Surg J.* 2020;40(5):570–7. doi:10.1093/asj/sjz004.
10. Goldman A, Marinowic DR, Luz PM. Complicações relacionadas ao uso de polimetilmetacrilato na face: análise de 209 casos. *Rev Bras Cir Plást.* 2024;39(2):1-7.
11. Gelfer A, Carruthers A, Carruthers J, Jabs DA. Granulomas after soft tissue injection. *Dermatol Surg.* 2007;33(5):456-62.
12. Lemperle G, Gauthier-Hazan N, Wolters M, Eisemann-Klein M, Zimmermann U, Duffy DM. PMMA microspheres for soft tissue augmentation: a review of the literature. *Aesthetic Plast Surg.* 2009;33(4):451-62.
13. Wortsman X, Alfageme F, Roustan G. Ultrasound patterns of different dermal filler materials used in aesthetics. *J Ultrasound Med.* 2019;38(9):2409-18.
14. Schelke LW, Decates TS, Velthuis PJ. Injectable facial fillers: imaging features, complications, and diagnostic pitfalls at MRI and PET-CT. *Radiographics.* 2020;40(6):1803-15.
15. Lemperle G, Rullan PP, Gauthier-Hazan N. Foreign body granulomas after all injectable dermal fillers: Part 1. Possible causes. *Plast Reconstr Surg.* 2009;123(6):1842-63.
16. Signorini M, Liew S, Sundaram H, et al. Treatment of soft tissue filler complications: expert consensus recommendations. *Plast Reconstr Surg.* 2016;137(6):961e-71e.

17. . Borges RS, Araújo LCF, Silva Júnior JVL, Alves YMM, Vieira CCA. The risks of polymethyl methacrylate: An integrative review of 587 complication reports. *Rev Bras Cir Plást.* 2023;39(4):e3521.
18. Katz B, Malayeva M. A prospective 2-year extension study to evaluate the safety and effectiveness of PMMA-collagen gel for the correction of mid-facial volume loss. *J Drugs Dermatol.* 2023;22(1):60–64.
19. Xie Y, Zhang Y, Li J, Zhou L, Wang F. Safety and potential complications of facial wrinkle correction with injectable fillers: A review. *Medicina (Kaunas).* 2025;61(1):25.
20. Silva T, Oliveira R, Santos M, Pereira L, Almeida J. Complicações relacionadas ao uso de polimetilmetacrilato na face: análise de 209 casos. *Rev Bras Cir Plást.* 2024;39(1):e209.