



Desafios e implicações das abordagens personalizadas no planejamento e execução de enxertos de pele na recuperação de pacientes com queimaduras severas

Challenges and implications of personalized approaches in the planning and execution of skin grafts in the recovery of patients with severe burns

Desafios e implicaciones de los enfoques personalizados en la planificación y ejecución de los injertos de piel en la recuperación de pacientes con quemaduras graves

Carolina Santucci Queiroga¹, Ana Beatriz de Oliveira¹, Bruno Henrique Ferreira Vasconcellos¹, Fernanda de Sá Archanjo¹, Júnia Assunção e Souza¹, Maria Gabriela Koester Froner¹, Michael Douglas Diubate Geronymo¹, Stephany Camilla Soares Maize¹, Mirella Cuziol¹.

RESUMO

Objetivo: Explorar e analisar as evidências sobre as abordagens personalizadas no planejamento e execução dos enxertos de pele em pacientes com queimaduras severas, com o intuito de identificar os principais fatores que influenciam na recuperação dos pacientes e sua qualidade de vida. **Métodos:** Este estudo é uma revisão bibliográfica integrativa, conduzida seguindo a estratégia PVO. Foram realizadas buscas na base de dados PubMed Central (PMC) usando termos específicos, resultando em 529 artigos. Após a aplicação dos critérios de inclusão – artigos dos últimos 5 anos relacionados ao tema – 13 artigos foram selecionados. **Resultados:** O tratamento de queimaduras avançou com o uso de enxertos autólogos, substitutos dérmicos, terapias celulares e curativos biossintéticos. Essas abordagens melhoram a cicatrização, reduzem dor, cicatrizes e tempo de internação. A terapia por pressão negativa e técnicas como “cover-to-close” também mostraram bons resultados. Estudos futuros são necessários para padronizar indicações e validar a eficácia clínica. **Considerações finais:** São necessárias futuras investigações e contínua atualização dos profissionais para melhorar a qualidade de vida dos pacientes com queimaduras severas.

Palavras-chave: Queimaduras, Transplante de pele, Procedimentos de cirurgia plástica, Procedimentos cirúrgicos reconstrutivos.

ABSTRACT

Objective: To explore and analyze the evidence on personalized approaches in the planning and execution of skin grafts in patients with severe burns, aiming to identify the main factors influencing patient recovery and quality of life. **Methods:** This study is an integrative literature review conducted following the PVO strategy. Searches were performed in the PubMed Central (PMC) database using specific terms, resulting in 529 articles. After applying inclusion criteria—articles from the last five years related to the topic—13 articles were selected. **Results:** Burn treatment has advanced with the use of autologous grafts, dermal substitutes, cell therapies, and biosynthetic dressings. These approaches improve healing, reduce pain, scarring, and hospital stay duration. Negative pressure therapy and techniques such as “cover-to-close” also showed

¹ Universidade Anhembí Morumbi (UAM), Piracicaba - SP.

positive outcomes. Future studies are needed to standardize indications and validate clinical effectiveness.

Final considerations: Further research and continuous professional development are necessary to improve the quality of life of patients with severe burns.

Keywords: Burns, Skin transplantation, Plastic surgical procedures, Reconstructive surgical procedures.

RESUMEN

Objetivo: Explorar y analizar la evidencia sobre los enfoques personalizados en la planificación y ejecución de injertos de piel en pacientes con quemaduras graves, con el objetivo de identificar los principales factores que influyen en la recuperación de los pacientes y en su calidad de vida. **Métodos:** Este estudio es una revisión bibliográfica integradora, realizada siguiendo la estrategia PVO. Se realizaron búsquedas en la base de datos PubMed Central (PMC) utilizando términos específicos, resultando en 529 artículos. Tras aplicar los criterios de inclusión —artículos de los últimos 5 años relacionados con el tema— se seleccionaron 13 artículos. **Resultados:** El tratamiento de las quemaduras ha avanzado con el uso de injertos autólogos, sustitutos dérmicos, terapias celulares y apósitos biosintéticos. Estos enfoques mejoran la cicatrización, reducen el dolor, las cicatrices y el tiempo de hospitalización. La terapia de presión negativa y técnicas como "cover-to-close" también mostraron buenos resultados. Se necesitan estudios futuros para estandarizar las indicaciones y validar la eficacia clínica. **Consideraciones finales:** Son necesarias futuras investigaciones y la actualización continua de los profesionales para mejorar la calidad de vida de los pacientes con quemaduras graves.

Palabras clave: Quemaduras, Trasplante de piel, Procedimientos de cirugía plástica, Procedimientos quirúrgicos reconstructivos.

INTRODUÇÃO

As queimaduras estão entre as lesões mais graves e dolorosas, associadas a altas taxas de morbidade e mortalidade, afetando frequentemente crianças, pessoas com deficiência e idosos. Atualmente, representam o quarto tipo mais comum de lesão, ficando atrás apenas dos acidentes de trânsito, quedas e violência física. (RADZIKOSKA-BUCHNER E, et al., 2023; BURGESS M, et al., 2022). De acordo com a OMS, milhões de pessoas em todo o mundo sofrem queimaduras a cada ano, muitas necessitam de hospitalização e cerca de 200 mil morrem. O impacto é ainda maior em países de baixa e média renda, onde ocorrem mais de 90% das mortes por queimaduras (BURGESS M, et al., 2022).

Nas últimas décadas, diversos centros especializados no atendimento a queimaduras foram criados, oferecendo cuidados direcionados que contribuíram significativamente para a diminuição da mortalidade (RADZIKOSKA-BUCHNER E, et al., 2023). O aprofundamento no entendimento da fisiopatologia das queimaduras e da evolução das lesões possibilitou avanços importantes em áreas como enxertos de pele, reposição de fluidos, controle de infecções e suporte nutricional. Hoje, é possível que pacientes com queimaduras em até 90% da superfície corporal total (TBSA) sobrevivam ao trauma. Apesar disso, muitos desses sobreviventes lidam com sequelas físicas permanentes, sofrimento psicológico e queda na qualidade de vida (BURGESS M, et al., 2022). Além do impacto pessoal, o tratamento de queimaduras continua sendo financeiramente oneroso, devido às complicações frequentes, à longa permanência hospitalar e aos desafios contínuos, como a reabilitação pós-trauma e o tratamento de cicatrizes (RADZIKOSKA-BUCHNER E, et al., 2023).

A queimadura é uma lesão que compromete a barreira protetora da pele, provocada por agentes térmicos, químicos ou elétricos. Quando essa integridade é rompida, as funções essenciais da pele são prejudicadas, o que aumenta o risco de desidratação, infecções, alterações metabólicas e, em casos graves, pode levar à morte (RADZIKOSKA-BUCHNER E, et al., 2023). A gravidade das queimaduras é geralmente determinada pela profundidade da lesão, sendo classificadas em superficiais, parciais superficiais, parciais profundas e de espessura total. Enquanto queimaduras superficiais afetam apenas as camadas externas da pele, as mais profundas podem alcançar os tecidos subjacentes, como gordura, músculos e até ossos

(BURGESS M, et al., 2022). Queimaduras consideradas leves — aquelas que atingem menos de 10% da área total da superfície corporal (TBSA) — tendem a cicatrizar de forma satisfatória com cuidados básicos. Por outro lado, queimaduras extensas, que comprometem mais de 20% da TBSA, frequentemente exigem intervenções cirúrgicas para promover a cicatrização. Essas lesões mais severas também apresentam maior risco de complicações, incluindo infecções, sepse e formação de cicatrizes (BURGESS M, et al., 2022).

As queimaduras se distinguem de outras lesões cutâneas por apresentarem três zonas características: coagulação, estase e hiperemia. A zona de coagulação, localizada no centro da lesão, é onde ocorre o dano mais intenso, com morte celular imediata por necrose. Ao redor dela está a zona de estase, que sofre isquemia e lesão tecidual, mas ainda tem potencial de recuperação com tratamento adequado. A zona mais externa, chamada de hiperemia, geralmente se restabelece por completo, embora apresente vermelhidão e inchaço resultantes da resposta inflamatória inicial (BURGESS M, et al., 2022).

A inflamação desencadeada pela queimadura é essencial para combater patógenos e eliminar tecidos danificados, criando condições para a regeneração. No entanto, em casos mais graves, essa resposta inflamatória pode se intensificar e prolongar de forma prejudicial, afetando órgãos vitais como coração, pulmões, rins e vasos sanguíneos. Aumentos na permeabilidade capilar provocam perda de líquidos, edema e risco de choque térmico. Em situações extremas, a inflamação pode evoluir para a Síndrome da Resposta Inflamatória Sistêmica (SIRS), que pode levar à falência de múltiplos órgãos. No local da lesão, a inflamação persistente contribui para a formação de cicatrizes deformantes e limitantes, muitas vezes exigindo intervenções cirúrgicas reconstrutivas (BURGESS M, et al., 2022; ZWIERELLO W, et al., 2023).

Historicamente, os avanços no tratamento de queimaduras concentraram-se na melhoria das taxas de expansão e na eficácia dos enxertos cutâneos, com destaque para o uso de queratinócitos cultivados e enxertos pulverizados. No entanto, as perspectivas futuras apontam para a incorporação de tecnologias emergentes, como a nanotecnologia e a impressão 3D, que possibilitam a produção precisa e reprodutível de substitutos dérmicos. Um dos principais desafios enfrentados na engenharia de tecidos é a replicação de camadas teciduais complexas de forma consistente — uma barreira que pode ser superada por meio do uso de design assistido por computador (CAD), em escala celular. As abordagens mais recentes incluem a bioimpressão de células sobre matrizes pré-fabricadas, bem como a impressão direta dessas estruturas sobre áreas lesionadas (OZHATHIL DK, et al., 2021).

Desde os anos 1980, avanços no suporte intensivo e o aumento da disponibilidade de substitutos cutâneos contribuíram para a elevação significativa das taxas de sobrevivência em pacientes queimados. Casos anteriormente considerados intratáveis, como queimaduras envolvendo mais de 65% da superfície corporal total (TBSA) em pacientes idosos, passaram a ser reavaliados à luz de evidências mais recentes que sugerem que escores prognósticos tradicionais podem ser excessivamente pessimistas. Dessa forma, recomenda-se que o tratamento não seja negado com base unicamente na idade ou na extensão da lesão. Com o aumento da sobrevivência, a demanda por intervenções reconstrutivas tornou-se mais evidente e urgente (DAGHER J, et al., 2023).

A cobertura cutânea permanente pode ser obtida por meio de autoenxertos ou substitutos dérmicos. Os autoenxertos de espessura parcial (STSG) permanecem como a opção terapêutica padrão para queimaduras de menor extensão, devido à alta taxa de integração (cerca de 95%) e à eliminação do risco de rejeição imunológica (DAGHER J, et al., 2023). Entre os substitutos dérmicos atualmente disponíveis, destacam-se o Integra® (Life Science Corp, NJ) e o AlloDerm® (Biohorizons, AL), que auxiliam na regeneração dérmica, embora ainda requeiram cobertura epidérmica autóloga — limitação importante em pacientes com escassez de áreas doadoras. Alternativamente, o MatriDerm® (Surgi-One, Canadá) oferece uma matriz biológica composta por colágeno e elastina, promovendo neovascularização e proliferação celular. Já o Novosorb® BTM (PolyNovo, Austrália) apresenta uma matriz sintética com absorção programada em até 18 meses, além da vantagem de estabilidade em prateleira (DAGHER J, et al., 2023).

Os autoenxertos epiteliais cultivados (CEA) surgem como uma solução promissora para cobertura de áreas extensas quando há indisponibilidade de pele para enxertia. A técnica, proposta inicialmente na

década de 1970, envolve a expansão de queratinócitos a partir de uma pequena biópsia, permitindo a aplicação de células epidérmicas cultivadas sobre a ferida. O Laboratório LOEX iniciou o uso clínico dos CEAs na década de 1980, demonstrando boa integração em áreas receptoras. Contudo, persistem obstáculos, como a manipulação delicada das camadas epiteliais e a baixa taxa de integração em regiões desprovidas de derme. Diante disso, os CEAs têm sido preferencialmente utilizados em áreas previamente enxertadas, favorecendo uma cicatrização mais rápida e permitindo colheitas repetidas (DAGHER J, et al., 2023).

Além disso, terapias mais recentes, como o RECELL® (AVITA Medical, CA), possibilitam a preparação de uma suspensão epidérmica autóloga diretamente no ponto de atendimento, sendo indicadas para queimaduras de espessura parcial. Embora essa abordagem possa complementar o uso de enxertos em malha, sua eficácia ainda é limitada em lesões de espessura total (DAGHER J, et al., 2023).

O manejo precoce das queimaduras envolve excisão cirúrgica agressiva, estímulo à regeneração cutânea, controle da dor e suporte psicológico, sendo essencial a adoção de protocolos baseados em evidências para melhorar os desfechos clínicos, funcionais e estéticos (KIM H, et al., 2022).

Nas últimas décadas, os avanços no tratamento de queimaduras — como o desenvolvimento de centros especializados, o uso de substitutos dérmicos e técnicas de bioengenharia — transformaram o cuidado desses pacientes. No entanto, persistem desafios, incluindo a limitação de áreas doadoras e as sequelas cicatriciais, como cicatrizes hipertróficas (HSCs) e os quelóides (FAOUR S, et al., 2023). Tecnologias emergentes como bioimpressão 3D, nanotecnologia e enxertos celulares cultivados oferecem novas perspectivas no campo da medicina regenerativa.

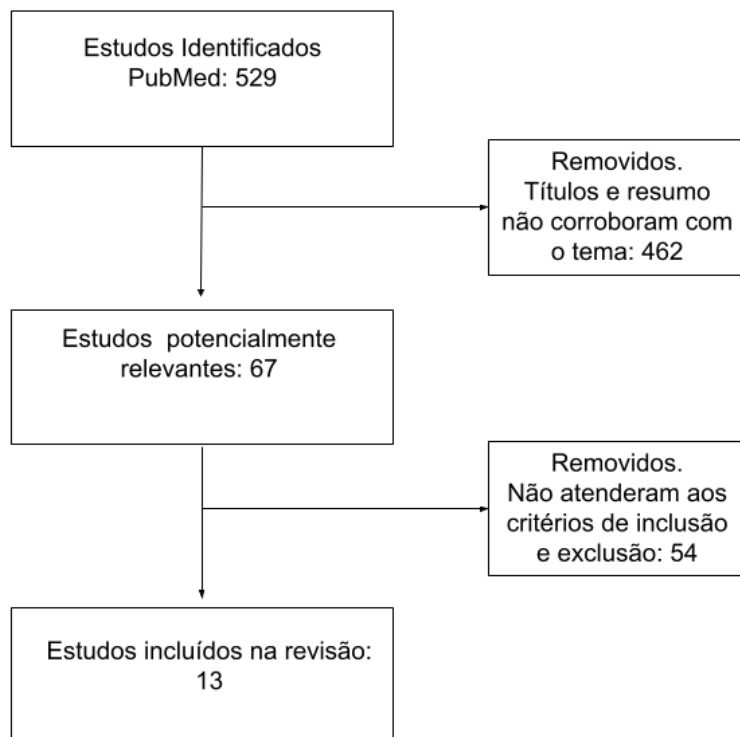
Dessa forma, compreender os avanços atuais e os obstáculos persistentes é fundamental para aprimorar a abordagem multidisciplinar, acelerar a recuperação funcional e melhorar a qualidade de vida dos pacientes queimados.

MÉTODOS

Esta revisão integrativa foi desenvolvida seguindo os critérios da estratégia PVO, que representa: População ou Problema, Variáveis e Desfecho. Analisou-se a população estudada pacientes com queimaduras severas, exposta a variáveis abordagens personalizadas no planejamento e execução dos enxertos de pele, em busca de constatar o desfecho resultados clínicos (cicatrização, complicações), recuperação funcional (mobilidade, dor) e qualidade de vida dos pacientes, através da pergunta de pesquisa “Como as abordagens personalizadas no planejamento e execução dos enxertos de pele influenciam os resultados clínicos e a recuperação dos pacientes com queimaduras severas?”. As buscas foram realizadas na base de dados PubMed Central (PMC). Foram utilizados os seguintes termos de pesquisa em combinação com os operadores booleanos “AND” e “OR”, através da seguinte estratégia de pesquisa: (“Burns”[MeSH] OR “Severe Burns”) AND (“Skin Transplantation”[MeSH] OR “Skin Graft”) AND (“Plastic Surgery Procedures”[MeSH] OR “Reconstructive Surgical Procedures”).

A busca inicial resultou em 529 resultados, que foram posteriormente submetidos aos critérios de seleção. Os critérios de inclusão foram: artigos nos idiomas inglês; publicados no período de 2021 a 2025; que abordavam as temáticas propostas para esta pesquisa; estudos do tipo revisão e meta-análise; e que estavam disponibilizados na íntegra. Os critérios de exclusão incluíram: artigos duplicados, artigos disponibilizados apenas na forma de resumo, estudos que não abordavam diretamente a proposta estudada e aqueles que não atendiam aos demais critérios de inclusão. Após a aplicação dos critérios de seleção, foram selecionados 13 artigos para compor o presente estudo, como demonstrado na **Figura 1**.

Figura 1 - Fluxograma do processo de seleção final dos estudos que atenderam a todos os critérios e que foram incluídos na revisão integrativa.



Fonte: Godoy LJ, et al., 2025.

RESULTADOS

Após a aplicação da estratégia de pesquisa foram encontrados um total de 529 artigos. Após a aplicação dos critérios de inclusão e exclusão, 67 artigos foram inicialmente selecionados. No entanto, 54 desses foram removidos devido à duplicação, resultando em 13 artigos elegíveis para análise completa, conforme apresentado na **Figura 1**. Os resultados foram apresentados no **Quadro 1** e descritos de forma detalhada ao longo do texto.

Quadro 1 - Quadro dos estudos selecionados sobre planejamento e execução dos enxertos de pele na recuperação de pacientes com queimaduras severas.

N	Local de Publicação	Autores (Ano)	Principais achados
1	Journal of Burn Care & Research	Mason SA e Pham TN (2023)	A revisão teve como objetivo fornecer uma visão geral do uso de molde regenerativo dérmico para o tratamento de queimaduras.
2	Wound Repair and Regeneration	Van Den Bosch AS, et al. (2024)	A revisão e metanálise teve como objetivo avaliar a eficácia dos substitutos dérmicos em pacientes com queimaduras ou em reconstrução de cicatrizes por queimaduras, buscando compreender seus resultados clínicos e apoiar sua integração na prática clínica.
3	Wound Healing Society	Pedrazzi NE, et al. (2021)	A revisão sistemática mostrou que a terapia de feridas por pressão negativa no tratamento inicial para crianças queimadas e após enxerto de pele demonstrou produzir resultados promissores.
4	Cochrane Database of Systematic Reviews	Wormald JCR, et al. (2020)	A revisão sistemática teve como objetivo avaliar os efeitos do desbridamento hidrocirúrgico e enxerto de pele versus desbridamento cirúrgico convencional e enxerto de pele para o tratamento de queimaduras agudas de espessura parcial.
5	Journal of Wound Care	Rahimi F, et al. (2020)	A revisão sistemática teve como objetivo avaliar a aplicação de curativos biossintéticos em queimaduras.
6	Stem Cell Research & Therapy	Yassaghi Y, et al. (2024)	A revisão sistemática teve o objetivo de avaliar os diferentes aspectos das abordagens de tratamento baseadas em células para queimaduras em ensaios clínicos.
7	Burns	Jiang ZY, et al. (2021)	A revisão sistemática e metanálise teve o objetivo de comparar a eficácia e a segurança da terapia de pressão negativa e da não pressão negativa em pacientes com enxertos de pele.
8	Wound Repair and Regeneration	Van Den Bosh AS, et al. (2025)	A revisão sistemática teve como objetivo esclarecer as indicações para a aplicação de substitutos dérmicos em pacientes queimados, tanto em cenários agudos quanto reconstrutivos.
9	Medicina - MDPI	Cretu A, et al. (2025)	A revisão sistemática teve como objetivo avaliar estratégias para otimizar a terapia de queimaduras agudas, com foco na melhoria do tempo de cicatrização, na integração do enxerto e minimização de complicações.
10	Journal of Surgical Research	Suca H, et al. (2024)	A revisão narrativa teve como objetivo compreender os mecanismos subjacentes ao reparo de feridas e à regeneração tecidual.
11	Medicina - MDPI	Schlottmann F, et al. (2021)	O artigo teve como objetivo revisar as conquistas em cirurgia de queimaduras com relação ao alotransplante de pele.
12	Burns	Wong L, et al. (2021)	A revisão sistemática de excisão e enxerto em queimaduras teve como objetivo comparar os resultados de cirurgia precoce e tardia em países de baixa e alta renda.
13	Burns	Bairagi A, et al. (2021)	A revisão sistemática teve como objetivo avaliar a eficácia de suspensões autólogas de células da pele na reepitelização de queimaduras de espessura parcial e feridas em locais doadores de enxertos de pele.

Fonte: Godoy LJ, et al., 2025.

DISCUSSÃO

O manejo das complicações cirúrgicas e sistêmicas em pacientes com queimaduras extensas exige uma abordagem multidisciplinar, com foco na estabilização hemodinâmica, prevenção de infecções e suporte metabólico intensivo. As decisões terapêuticas devem ser individualizadas, considerando fatores como a profundidade e extensão das lesões, a idade do paciente e a presença de comorbidades pré-existentes. Os avanços nas técnicas de enxertia, como o uso de substitutos dérmicos biológicos e sintéticos, além da aplicação de terapias adjuvantes como a terapia por pressão negativa (TPN), têm contribuído para a melhoria da cicatrização e da sobrevida desses pacientes. No entanto, desafios importantes ainda persistem na prática clínica, especialmente no controle da resposta inflamatória sistêmica e na reabilitação funcional e psicológica dos sobreviventes (YASSAGUI Y, et al., 2024; VAN DEN BOSH AS, et al., 2025).

Substitutos dérmicos e reconstrução de cicatrizes

As queimaduras de espessura dérmica profunda e total frequentemente resultam em sequelas cicatriciais importantes, como contraturas e hipertrofias, especialmente após o uso de enxertos autólogos de pele de espessura parcial (STSG). Embora o STSG possibilite a reepitelização e a restauração da barreira epidérmica, ele está classicamente associado à formação de cicatrizes e contração cicatricial, comprometendo a função e a estética da área enxertada (MASON SA & PHAM TN, 2023).

Nesse cenário, os substitutos dérmicos surgiram como opção terapêutica adicional, sobretudo para feridas de espessura total e reconstruções pós-ressecção cicatricial, especialmente em lesões superiores a 10 cm² (VAN DEN BOSCH AS, et al., 2025). Compostos geralmente por colágeno e outros componentes estruturais, esses materiais mimetizam a derme e favorecem a regeneração tecidual. No entanto, ainda não há consenso sobre critérios de indicação baseados na idade ou localização anatômica da lesão.

Entre os principais substitutos, o Matriderm (MedSkin Solution, Alemanha) se destaca por sua composição de colágeno bovino e elastina hidrolisada, que promove regeneração, migração celular, neovascularização precoce e síntese de fibras elásticas. Apesar de preocupações iniciais quanto à viabilidade de enxertia em estágio único, evidências indicam que o Matriderm não compromete a neoangiogênese e melhora significativamente a elasticidade cicatricial, especialmente quando associado ao enxerto autólogo em lâmina (MASON SA & PHAM TN, 2023).

Outro destaque é o Integra (Integra Life Sciences), matriz bilaminar composta por colágeno bovino reticulado, glicosaminoglicanos de tubarão e membrana de silicone. Inicialmente desenvolvido para cobertura temporária em queimaduras extensas, seu uso foi expandido para a reconstrução cicatricial, mostrando redução na incidência de cicatrizes hipertróficas e melhoras estéticas e funcionais em comparação ao STSG isolado (MASON SA & PHAM TN, 2023).

Segundo Van Den Bosch AS et al. (2024), estudos demonstraram que pacientes tratados com matrizes dérmicas acelulares apresentaram escores significativamente inferiores no Vancouver Scar Scale (VSS) após seis meses de tratamento, indicando cicatrizes mais próximas da pele normal em parâmetros como vascularização, pigmentação, maleabilidade e altura.

Em conclusão, embora a cicatrização com substitutos dérmicos possa ser mais lenta inicialmente, os benefícios em termos de qualidade cicatricial, elasticidade e resultado estético são evidentes. Futuras pesquisas devem focar na padronização de indicações clínicas, medidas de desfecho e na avaliação da custo-efetividade para consolidar o uso desses biomateriais no tratamento das queimaduras.

Terapias baseadas em células e biossintéticos

As terapias para queimaduras têm evoluído significativamente, destacando-se o uso de células autólogas e curativos biossintéticos como alternativas promissoras ao tratamento convencional com enxertos autólogos, que ainda enfrentam limitações como escassez de áreas doadoras e complicações no sítio de coleta (YASSAGUI Y, et al., 2024).

Diversos ensaios clínicos demonstram os benefícios do uso de queratinócitos, fibroblastos e células-tronco (MSCs, ESCs, USCs e iPSCs), com destaque para as células-tronco, que favorecem uma cicatrização mais rápida e eficaz. Elas atuam na modulação da resposta inflamatória, promovem neoangiogênese, reduzem o infiltrado imune e estimulam a síntese de matriz extracelular, além de secretar fatores de crescimento que otimizam o microambiente da ferida.

No preparo dessas terapias, o cultivo celular permite o tratamento de áreas extensas, embora demande mais tempo e recursos. Alternativamente, métodos não cultivados, como o ReCell, permitem aplicação imediata e menor morbidade no local doador, sendo eficazes especialmente em situações de emergência. Contudo, podem apresentar limitações na repigmentação, principalmente na ausência de melanócitos cultivados (YASSAGUI Y, et al., 2024).

As suspensões autólogas de células da pele (ASCS), aplicadas em spray ou gotas, têm sido utilizadas principalmente em queimaduras de espessura parcial. Estudos clínicos apontam benefícios como redução da dor, aceleração da reepitelização e menor formação de cicatrizes, inclusive em áreas doadoras (BAIRAGI A, et al., 2021). No entanto, a heterogeneidade metodológica dos estudos e a falta de padronização ainda limitam conclusões mais robustas sobre sua eficácia e segurança.

Entre os curativos bio sintéticos, o Suprathel® (PolyMedics Innovations, Alemanha) destaca-se por acelerar a cicatrização, reduzir dor e infecções. Em queimaduras pediátricas, mostrou-se eficaz quando associado a desbridamento adequado, oferecendo vantagens como menor número de trocas de curativo, redução de até 50% no tempo de atendimento clínico e boa evolução estética (RAHIMI F, et al., 2020). Apesar de seu custo mais elevado, o Suprathel apresenta custo-efetividade satisfatória, embora os estudos disponíveis ainda sejam limitados em número.

Em resumo, terapias celulares e curativos bio sintéticos demonstram grande potencial no tratamento de queimaduras, promovendo regeneração tecidual mais eficaz, alívio da dor e melhora estética. Contudo, a consolidação dessas abordagens na prática clínica exige mais estudos padronizados e controlados, que avaliem rigorosamente sua segurança, eficácia e custo-benefício.

Desbridamento, enxertos e uso da terapia por pressão negativa

Nas últimas décadas, o planejamento e a execução dos enxertos de pele em pacientes com queimaduras severas evoluíram substancialmente, impulsionados por inovações tecnológicas, desenvolvimento de novos biomateriais e maior compreensão da biologia da cicatrização. Fatores como o tipo de enxerto, preparo do leito da ferida e uso de terapias adjuvantes influenciam diretamente os desfechos clínicos.

Os enxertos autógenos de espessura parcial (split-thickness) continuam sendo o padrão ouro, devido à sua facilidade de obtenção e alta taxa de integração. Contudo, estão associados a maior risco de contratura cicatricial, especialmente em áreas de mobilidade articular. Por outro lado, os enxertos de espessura total (full-thickness) oferecem melhores resultados estéticos e funcionais, embora tenham limitações quanto à área doadora e maior complexidade técnica (SUCA H, et al., 2024).

O preparo adequado do leito da ferida, especialmente o debridamento, é uma etapa essencial. A técnica hidrocirúrgica, comparada ao debridamento tangencial convencional, mostrou resultados semelhantes quanto ao tempo de cicatrização, risco de infecção e tempo cirúrgico, segundo um ensaio clínico randomizado incluído na revisão Cochrane. Contudo, a evidência é de baixa qualidade, pois o estudo foi limitado a uma amostra pediátrica reduzida (WORMALD JCR, et al., 2020).

Entre as terapias adjuvantes, a terapia por pressão negativa (NPWT) tem demonstrado benefícios consistentes. Uma meta-análise indicou que o uso de NPWT com pressão de 80 mmHg melhora significativamente a taxa de integração do enxerto, reduz o tempo de internação e diminui a necessidade de reoperações.

Pressões mais altas, como 125 mmHg, não apresentaram os mesmos efeitos (JIANG ZY, et al., 2021). Na população pediátrica, a NPWT destacou-se por permitir menos trocas de curativos, mobilização precoce

e controle preciso das perdas hídricas, com taxa de integração do enxerto próxima a 100% e baixa incidência de complicações (PEDRAZZI NE, et al., 2021).

Outra inovação importante são os substitutos dérmicos bioengenheirados, utilizados como coberturas temporárias ou permanentes em queimaduras extensas. Esses materiais contribuem para a regeneração dérmica, controle de infecções e têm expandido seu uso em cirurgias reconstrutivas, como revisões de cicatrizes e liberação de contraturas. Apesar dos avanços, ainda há lacunas quanto à compreensão completa de suas interações com o microambiente da ferida (YASSAGHI Y, et al., 2024).

A abordagem em dois estágios (cover-to-close) tem sido apontada como estratégia eficaz para otimizar a integração do enxerto. Inicialmente, utiliza-se um substituto dérmico ou matriz regenerativa temporária para preparar o leito da ferida, seguido da aplicação do enxerto definitivo. Esta técnica tem sido adotada como padrão em centros especializados, com impacto positivo nos resultados funcionais e estéticos de longo prazo (YASSAGHI Y, et al., 2024).

Em suma, o sucesso no uso de enxertos de pele em queimaduras graves exige uma abordagem integrada, que considere a profundidade da lesão, a escolha adequada do tipo de enxerto, o uso de terapias como a NPWT, e a aplicação estratégica de substitutos dérmicos bioengenheirados. No entanto, persistem lacunas, principalmente em relação à padronização de protocolos em pediatria e aos parâmetros ideais da pressão negativa.

Estratégias de tratamento dos enxertos de pele

A terapêutica das queimaduras avançou significativamente, impulsionada pela melhor compreensão da fisiopatologia da lesão térmica e pela incorporação de tecnologias inovadoras. O tratamento das queimaduras exige uma abordagem multimodal e individualizada, considerando fatores como profundidade, extensão, localização da lesão e condições clínicas do paciente (CRETU A, et al., 2025).

A excisão tangencial precoce com cobertura imediata tem sido associada à redução das taxas de infecção, tempo de internação e melhores resultados funcionais. No entanto, essa abordagem ainda é pouco aplicada em países de baixa renda, devido à falta de infraestrutura, protocolos e profissionais capacitados. Nesses contextos, a cirurgia tardia permanece frequente, apesar de estar relacionada à maior morbimortalidade e necessidade de múltiplas intervenções (WONG L, et al., 2021).

Em relação à cobertura cutânea, observa-se uma evolução das técnicas tradicionais para alternativas mais sofisticadas. Embora o enxerto autólogo permaneça como padrão-ouro, sua limitação em queimaduras extensas estimula o uso de enxertos alogênicos e substitutos dérmicos. Os enxertos alogênicos vêm sendo utilizados com maior segurança devido a estratégias imunomodulatórias. Já substitutos como Integra® e Biobrane® auxiliam na preparação do leito da ferida e regeneração tecidual, sendo úteis quando há escassez de áreas doadoras (SCHLOTTMANN F, et al., 2021; CRETU A, et al., 2025).

Além disso, tecnologias emergentes como bioimpressão 3D e terapia gênica apontam novas possibilidades no manejo das queimaduras, embora ainda enfrentam desafios quanto à viabilidade clínica e padronização. No controle local das lesões, os curativos avançados com ação antimicrobiana, como aqueles impregnados com prata ou iodopovidona, têm mostrado eficácia na prevenção de infecções e na aceleração da cicatrização, especialmente em queimaduras de espessura parcial. A escolha desses curativos deve ser baseada na avaliação da ferida, exsudato, estágio de cicatrização e tolerância do paciente. Já a terapia por pressão negativa tem se mostrado eficaz na remoção de exsudato, indução de tecido de granulação e promoção da integração do enxerto em casos selecionados (CRETU A, et al., 2025).

Apesar dos avanços tecnológicos, o sucesso do tratamento depende também da atuação de equipes multidisciplinares e da aplicação de protocolos assistenciais bem definidos. A integração entre cirurgia, reabilitação precoce, suporte nutricional e acompanhamento psicológico é fundamental para a recuperação global do paciente queimado, com foco não apenas na sobrevivência, mas na qualidade de vida a longo prazo (WONG L, et al., 2021; SCHLOTTMANN F, et al., 2021; CRETU A, et al., 2025).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente artigo abordou os avanços no uso de terapias celulares e enxertos biossintéticos no tratamento de queimaduras, destacando seu impacto positivo na regeneração tecidual, na redução de complicações e no tempo de internação. Embora os resultados sejam promissores, ainda há desafios relacionados à padronização das técnicas e à aplicação clínica ampla dessas abordagens. A integração dessas tecnologias com práticas personalizadas reforça a necessidade de uma atuação multidisciplinar e centrada no paciente. Assim, é essencial que futuras pesquisas aprofundem a eficácia e segurança dessas terapias, contribuindo para a consolidação de protocolos baseados em evidências e para a melhoria da qualidade de vida dos pacientes queimados.

REFERÊNCIAS

1. BAIRAGI A, et al. A systematic review and meta-analysis of randomized trials evaluating the efficacy of autologous skin cell suspensions for re-epithelialization of acute partial thickness burn injuries and split-thickness skin graft donor sites. *Burns*, 2021; 47: 1225-1240.
2. BURGESS M, et al. The Immune and Regenerative Response to Burn Injury. *Cells*, 2022; 11: 3073.
3. CRETU A, et al. Strategies for Optimizing Acute Burn Wound Therapy: A Comprehensive Review. *Medicina*, 2025; 61, 128.
4. DAGHER J, et al. The Self-Assembled Skin Substitute History: Successes, Challenges, and Current Treatment Indications. *Journal of Burn Care & Research*, 2023; 44: 57-64.
5. FAOUR S, et al. Fibrosis in burns: an overview of mechanisms and therapies. *Am J Physiol Cell Physiol*, 2023; 325: C1545–C1557.
6. JIANG ZY, et al. Negative-pressure wound therapy in skin grafts: A systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *Elsevier Ltd and ISBI*, 2021, 47: 747-755.
7. KIM H, et al. Review of History of Basic Principles of Burn Wound Management. *Medicina*, 2022; 58: 400.
8. MASON SA, PHAM TN. Use of Dermal Regenerative Templates for Burns. *Journal of Burn Care & Research*, 2023; 44: 19-25.
9. OZHATHIL DK, et al. A Narrative Review of the History of Skin Grafting in Burn Care. *Medicina*, 2021; 57: 380.
10. PEDRAZZI NE, et al. Negative Pressure Wound Therapy in Pediatric Burn Patients: A Systematic Review. *Advances in wound care*, 2021; 40: 270-280.
11. RADZIKOSKA-BUCHNER E, et al. An Overview of Recent Developments in the Management of Burn Injuries. *Int. J. Mol. Sci.*, 2023; 24: 16357.
12. RAHIMI F, et al. Use of a biosynthetic wound dressing to treat burns: a systematic review. *Journal of Wound Care*, 2020; Vol 29, NO12: 16-22.
13. SCHLOTTMANN F, et al. A Short History of Skin Grafting in Burns: From the Gold Standard of Autologous Skin Grafting to the Possibilities of Allogeneic Skin Grafting with Immunomodulatory Approaches. *Medicina*, 2021; 57: 225.
14. SUCA H, et al. Current Approaches to Wound Repair in Burns: How far Have we Come From Cover to Close? A Narrative Review. *Journal of Surgical Research*, 2024; 296:383-403.
15. VAN DEN BOSCH AS, et al. Outcomes of dermal substitutes in burns and burn scar reconstruction: A systematic review and meta-analysis. *Wound Repair and Regeneration*, 2024; 32:960–978.
16. VAN DEN BOSCH AS, et al. Indications for the use of dermal substitutes in patients with acute burns and in reconstructive surgery after burns: A systematic review. *Wound Repair and Regeneration*, 2025; 33:e13248.
17. WORMALD JCR, et al. Hydrosurgical debridement versus conventional surgical debridement for acute partial-thickness burns (Review). *Cochrane Database of Systematic Reviews*, 2020; Issue 9. Art. No.: CD012826.
18. WONG L, et al. Systematic review of excision and grafting in burns: Comparing outcomes of early and late surgery in low and high-income countries. *Burns*, 2021; JBUR 6472.
19. YASSAGHI Y, et al. Advancements in cell-based therapies for thermal burn wounds: a comprehensive systematic review of clinical trials outcomes. *Stem Cell Research & Therapy*, 2024; 15:277.
20. ZWIERELLO W, et al. Burns: Classification, Pathophysiology, and Treatment: A Review. *Int. J. Mol. Sci.*, 2023; 24, 3749.