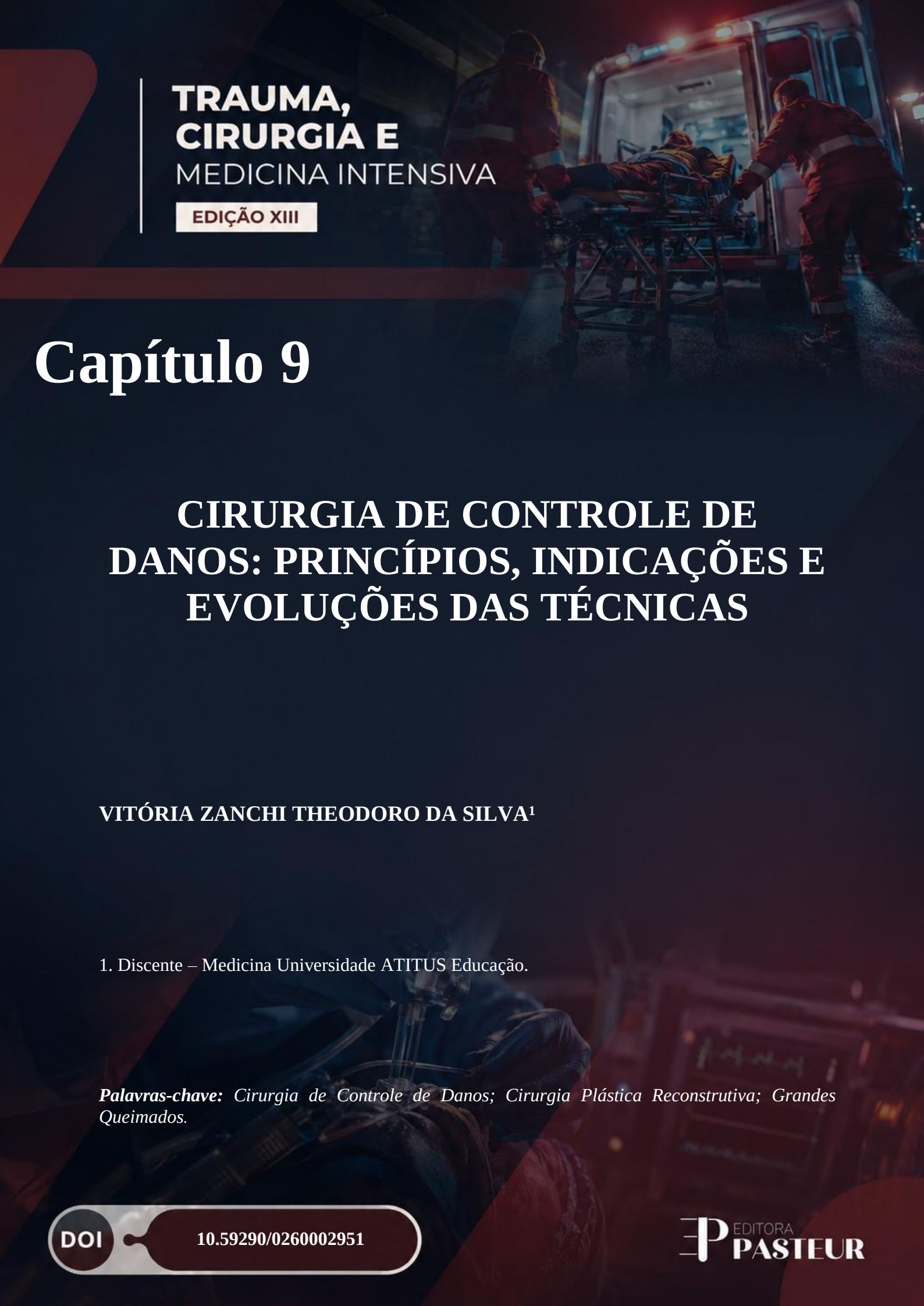




**TRAUMA,
CIRURGIA E**
MEDICINA INTENSIVA

EDIÇÃO XIII

Capítulo 9

CIRURGIA DE CONTROLE DE DANOS: PRINCÍPIOS, INDICAÇÕES E EVOLUÇÕES DAS TÉCNICAS

VITÓRIA ZANCHI THEODORO DA SILVA¹

1. Discente – Medicina Universidade ATITUS Educação.

Palavras-chave: Cirurgia de Controle de Danos; Cirurgia Plástica Reconstructiva; Grandes Queimados.

DOI

10.59290/0260002951

EP EDITORA
PASTEUR

INTRODUÇÃO

O termo “controle de danos” tem origem na Marinha dos Estados Unidos e refere-se à capacidade de um navio suportar grandes impactos durante situações de guerra, mantendo sua integridade estrutural suficiente para permanecer operante e retornar ao porto com segurança, para reparos definitivos. Na medicina, o termo passou a designar uma estratégia cirúrgica voltada ao manejo do paciente gravemente instável, na qual o tempo operatório é reduzido visando à restauração das condições fisiológicas essenciais, antes do reparo anatômico definitivo das lesões. Essa conduta utiliza procedimentos escalonados com o objetivo de reduzir a tríade letal - composta por acidose metabólica, hipotermia e coagulopatia - além da prevenção de contaminações cruzadas.

Inicialmente, esse método era aplicado em vítimas de traumas abdominais extensos. Contudo, atualmente também se estende às lesões torácicas, ortopédicas e vasculares de extremidades. Além disso, a estratégia vem sendo incorporada em contextos não traumáticos, especialmente em situações nas quais a instabilidade clínica do paciente impossibilita a conclusão segura do procedimento cirúrgico, como é o caso de queimaduras, sejam elas parciais ou totais.

Sendo assim, o objetivo deste estudo é avaliar a importância da cirurgia plástica reconstrutiva na reabilitação de pacientes grandes queimados, discutindo as abordagens terapêuticas convencionais e os avanços tecnológicos atuais, além de analisar sua contribuição para a restauração da funcionalidade, da qualidade de vida e da reinserção social desses indivíduos.

MÉTODO

Foi realizada uma revisão narrativa da literatura, realizada de maio a junho, através da

busca de artigos científicos na base de dados PubMed, SciELO e *ScienceDirect*. Foram utilizados descritores relacionados a queimaduras extensas, cirurgia plástica reconstrutiva, engenharia tecidual, biomateriais e medicina regenerativa. Nessa busca, foram encontrados vinte artigos. Após a seleção inicial, os artigos foram analisados criticamente e organizados de acordo com os principais temas relacionados às estratégias reconstrutivas e aos avanços tecnológicos da área.

Os critérios de inclusão foram: artigos publicados nos idiomas inglês e português, publicados de 2009 a 2024 e que abordaram a temática proposta para essa pesquisa - relacionados a queimaduras extensas, cirurgia plástica reconstrutiva, engenharia tecidual, biomateriais e medicina regenerativa, estudos do tipo revisão, disponibilizados na íntegra. Os critérios de exclusão foram: artigos duplicados, em formato de resumo, que não abordaram diretamente a temática estudada e que não atendiam aos demais critérios.

Após os critérios de seleção restaram onze artigos que foram submetidos à leitura minuciosa para a coleta de dados. Os resultados foram apresentados de forma descritiva, divididos em categorias temáticas abordando: o papel da cirurgia plástica no controle de danos, a classificação e reconstrução de queimaduras e cobertura de feridas, o controle de infecção e preservação tecidual, evolução das técnicas de manejo e perspectivas futuras: matrizes inteligentes, engenharia tecidual, inovações em curativos, terapia por pressão negativa, xenotransplante e modelos imunológicos mais recentes.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O termo “controle de danos” tem origem na Marinha dos Estados Unidos e refere-se à capacidade de um navio suportar grandes impactos

durante situações de guerra, mantendo sua integridade estrutural suficiente para permanecer operante e retornar ao porto com segurança, para reparos definitivos. Na medicina, o termo passou a designar uma estratégia cirúrgica voltada ao manejo do paciente gravemente instável, na qual o tempo operatório é reduzido visando à restauração das condições fisiológicas essenciais, antes do reparo anatômico definitivo das lesões. Essa conduta utiliza de procedimentos escalonados com o objetivo de reduzir a tríade letal - composta por acidose metabólica, hipotermia e coagulopatia - além da prevenção de contaminações cruzadas.

Inicialmente, esse método era aplicado em vítimas de traumas abdominais extensos. Contudo, atualmente também se estende às lesões torácicas, ortopédicas e vasculares de extremidades. Além disso, a estratégia vem sendo incorporada em contextos não traumáticos, especialmente em situações nas quais a instabilidade clínica do paciente impossibilita a conclusão segura do procedimento cirúrgico, como é o caso de queimaduras, sejam elas parciais ou totais.

O tratamento das queimaduras graves envolve uma abordagem complexa e progressiva, iniciando-se pela estabilização clínica do paciente, com atenção às vias aéreas, reposição volêmica e prevenção de complicações sistêmicas. Segundo Marques *et al.* (2024), a abordagem cirúrgica precisa ser meticulosamente adaptada ao estágio da lesão e à gravidade do caso, com uma preferência inicial por procedimentos mais simples sempre que possível. Nos casos mais graves, o atendimento costuma ser realizado em centros especializados, capazes de oferecer suporte intensivo e manejo multidisciplinar. No Brasil, esse cuidado é estruturado por meio dos Centros de Tratamento de Queimados

(CTQs), responsáveis pelo atendimento dos pacientes de alta complexidade. Com a evolução do tratamento intensivo e o aumento da sobrevivência, o cuidado ao paciente queimado passou a incluir não apenas a preservação da vida, mas também a recuperação funcional e estética. Nesse cenário, a cirurgia plástica reconstrutiva tornou-se parte fundamental do tratamento, atuando desde o fechamento das lesões, até a correção de sequelas cicatriciais e deformidades funcionais.

Com o sucesso das terapias atualmente utilizadas e a tendência de aprimoramento das tecnologias já existentes, o cuidado com paciente queimado tornou-se mais abrangente e completo. Dessa forma, os cirurgiões plásticos especializados em queimaduras passaram a lidar com uma variedade crescente de feridas complexas e potencialmente fatais, cada uma com apresentações clínicas e características fisiopatológicas próprias.

As queimaduras podem ser classificadas de acordo com a profundidade do acometimento cutâneo, variando do primeiro ao terceiro grau. As queimaduras de primeiro grau acometem apenas a epiderme, mantendo vascularização e sensibilidade preservadas, sem formação de bolhas. Já as queimaduras de segundo grau atingem a derme e subdividem-se em superficiais (2A) e profundas (2B), podendo apresentar bolhas, alteração da perfusão tecidual e necessidade de abordagem cirúrgica nos casos mais extensos e profundos. Por fim, as queimaduras de terceiro grau caracterizam-se pela destruição completa da epiderme e da derme, podendo alcançar estruturas mais profundas, como tecido subcutâneo, musculatura e osso (BRASIL, 2012). Nesses casos, há perda de sensibilidade e ausência de vascularização, sendo o tratamento cirúrgico indispensável.

Reconstrução e cobertura de queimaduras

A reconstrução de queimaduras profundas tem como principais objetivos restaurar a integridade da cobertura cutânea, preservar a função dos segmentos acometidos e proporcionar resultados estéticos satisfatórios. A escolha da técnica reconstrutiva depende de fatores como profundidade e extensão da queimadura, localização anatômica, exposição de estruturas nobres, disponibilidade de áreas doadoras e condições clínicas do paciente. Dessa forma, o planejamento cirúrgico deve ser individualizado, buscando restabelecer precocemente a proteção tecidual e minimizar complicações, como infecção, retrações cicatriciais e limitações funcionais (TENENHAUS; RENNEKAMPFF, 2012).

Os enxertos cutâneos constituem a principal opção para cobertura definitiva de queimaduras de espessura total após adequada preparação do leito da ferida. Sua integração depende diretamente da vascularização do tecido receptor, tornando essencial a presença de um leito bem perfundido e livre de infecção. Em contrapartida, os retalhos apresentam suprimento vascular próprio, sendo indicados quando há exposição de estruturas como tendões, ossos, nervos ou vasos sanguíneos, ou em regiões que demandam maior volume tecidual e resistência mecânica, como articulações e áreas de elevada demanda funcional (TENENHAUS; RENNEKAMPFF, 2012).

Nos pacientes grandes queimados, entretanto, a disponibilidade de áreas doadoras frequentemente representa um dos principais desafios da reconstrução. Nesses casos, estratégias como a expansão tecidual, os enxertos em malha (*mesh grafts*), os substitutos dérmicos e outras tecnologias reconstrutivas tornam-se recursos importantes para ampliar a cobertura cu-

tânea e otimizar os resultados clínicos. A associação dessas técnicas tem permitido reduzir sequelas cicatriciais, preservar a mobilidade articular e melhorar os desfechos funcionais e estéticos em pacientes com queimaduras extensas (VAN DEN BOSCH *et al.*, 2024; TENENHAUS; RENNEKAMPFF, 2012).

Controle de infecções e preservação tecidual

O controle de infecções e a preservação tecidual representam pilares fundamentais no manejo do paciente grande queimado, especialmente diante do elevado risco de infecções nosocomiais associado à perda da barreira cutânea e ao prolongado tempo de internação. Consoante a COBAN (2012), nas últimas décadas, avanços significativos têm contribuído para a redução da morbidade e melhora do prognóstico desses pacientes, destacando-se o desenvolvimento de terapias antimicrobianas mais eficazes, a excisão precoce de tecidos desvitalizados e o aperfeiçoamento das técnicas cirúrgicas e tecnologias de cuidado local da ferida.

Nesse contexto, estratégias como o fechamento assistido por pressão negativa associado à antibioticoterapia tópica, o uso de matrizes reconstrutivas inteligentes para preservação de tecidos viáveis, os curativos substitutos dérmicos e suas inovações, xenotransplantes, entre outras estratégias. Além disso, medidas rigorosas de controle de infecção — incluindo isolamento em leitos privativos, uso de equipamentos de proteção individual e terapia antimicrobiana guiada por culturas de vigilância microbiológica — desempenham papel essencial na prevenção de infecções invasivas e na evolução clínica do paciente queimado.

A evolução das técnicas de manejo e perspectivas futuras

Nas últimas décadas, o tratamento de grandes queimados passou por importantes avanços,

especialmente no campo da cirurgia plástica re-
construtiva. O manejo desses pacientes vem
sendo constantemente transformado pela incor-
poração de novas abordagens reconstrutivas e
recursos tecnológicos, com o intuito de obter
melhores resultados funcionais e estéticos, am-
pliando as possibilidades terapêuticas e tra-
zendo novas perspectivas para a recuperação e
reabilitação desses indivíduos.

O fechamento das feridas é dependente não
apenas da aproximação adequada das bordas
cutâneas, mas também do equilíbrio entre as
forças mecânicas aplicadas durante o processo
de cicatrização. Nesse sentido, os métodos tra-
dicionais de sutura e grampeamento apresentam
potencial risco de concentração de tensão em
pontos específicos, favorecendo a separação
das bordas e cicatrizes hipertróficas. Esse mé-
todo apresentou melhor isolamento do cisalha-
mento ao longo da incisão em comparação com
grampos e suturas (LEVI *et al.* 2016). Achados
esses que reforçam a importância da avaliação
biomecânica na cirurgia reconstrutiva, princi-
palmente em pacientes queimados, nos quais a
pele é mais frágil e tem risco elevado de com-
plicações cicatriciais.

Matrizes reconstrutivas inteligentes

No que se refere a matriz reconstrutiva e a
individualização do tratamento, a cirurgia plás-
tica propõe uma forma nova de pensar, abando-
nando modelos tradicionais lineares para a ado-
ção de uma abordagem mais dinâmica e indivi-
dualizada. As decisões cirúrgicas não são de-
pendentes apenas da complexidade da técnica
abordada, mas também de condições clínicas do
paciente, dos riscos cirúrgicos e disponibilidade
tecnológica. Quando a pele é danificada, é im-
portante selecionar curativos adequados como
barreiras temporárias para cobrir a ferida, os
quais podem exercer efeitos significativos na

defesa contra infecções microbianas (SU *et al.*,
2023).

Nesse modelo, técnicas como microcirur-
gia, expansão tecidual, uso de substitutos dér-
micos e terapias regenerativas deixam de ocu-
par posições fixas em um modelo de “escada re-
construtiva” e passam a ser escolhidos de
acordo com as necessidades de cada caso. Essa
nova visão de manejo trouxe não só uma recu-
peração estética melhor, mas também um equi-
líbrio importante entre a preservação funcional,
cobertura adequada das lesões e sequelas cica-
triciais.

Por outro lado, os avanços nos curativos
modernos demonstram uma passagem de co-
berturas passivas para sistemas bioativos e inte-
ligentes, responsáveis por atuar diretamente no
processo de cicatrização. Esses novos curativos
possuem propriedades antibacterianas, antinfla-
matórias, antioxidantes e hemostáticas, além de
permitirem o monitoramento em tempo real do
microambiente da ferida e a liberação lentifi-
cada de medicamentos. O desenvolvimento de
hidrogéis, biomateriais responsivos e curativos
associados a células-tronco são excelentes ino-
vações para o tratamento de queimaduras exten-
sas, favorecendo a regeneração tecidual mais
eficiente e redução de complicações cicatrici-
ais.

Curativos e substitutos dérmicos

Os curativos ou substitutos dérmicos foram
desenvolvidos com o intuito de reproduzir o te-
cido e a função orgânica humana dele, ofere-
cendo suporte à regeneração da pele após quei-
maduras de larga extensão. Esses materiais co-
laboram na formação de uma nova matriz dér-
mica organizada, reduzindo as comuns retra-
ções cicatriciais e conferindo à pele uma melhor
elasticidade. Mesmo sendo possível um pe-
queno retardo no processo cicatricial ao compa-

rar com os métodos convencionais, os resultados a longo prazo são muito promissores, principalmente na qualidade da cicatrização e resultados tanto funcionais quanto estéticos. Eles ampliam as possibilidades terapêuticas de pacientes com pouca área doadora de tecido, frequente em casos de pacientes grandes queimados (SU *et al.*, 2023; VAN DEN BOSCH *et al.*, 2024).

Terapia por pressão negativa

A terapia por pressão negativa (*Negative Pressure Wound Therapy* – NPWT), também conhecida como *Vacuum-Assisted Closure* (VAC), é uma estratégia amplamente empregada no manejo de feridas complexas e queimaduras, utilizando pressão subatmosférica controlada aplicada por meio de um sistema selado sobre o leito da lesão. Seu mecanismo de ação promove a remoção contínua do exsudato, redução do edema, melhora da perfusão tecidual, estimulação da angiogênese e da formação de tecido de granulação, além de favorecer a aproximação das bordas da ferida e diminuir a carga bacteriana local. Em pacientes queimados, a NPWT tem sido utilizada principalmente no preparo do leito da ferida para enxertos cutâneos, contribuindo para maior integração dos enxertos, redução da taxa de infecção e aceleração do processo cicatricial. Além disso, a evolução dos dispositivos tornou a terapia mais prática e acessível, ampliando sua aplicação tanto em feridas abertas quanto em incisões cirúrgicas fechadas de alto risco. Evidências de revisões sistemáticas e metanálises demonstram que a NPWT está associada a melhores taxas de integração dos enxertos, menor incidência de infecção e melhores desfechos na cicatrização, consolidando-se como uma importante ferramenta adjuvante no tratamento moderno das queimaduras (KARLAKKI *et al.*, 2013; LIN *et al.*, 2021).

Xenotransplante

O xenotransplante consiste na utilização de tecidos de origem animal como cobertura biológica temporária para o tratamento de queimaduras, destacando-se principalmente a pele suína e, mais recentemente, a pele de tilápia (*Oreochromis niloticus*). Esses biomateriais atuam como barreiras protetoras da ferida, reduzindo a perda de líquidos, a exposição dos tecidos subjacentes e o risco de contaminação, além de proporcionar um ambiente favorável à cicatrização até que seja possível realizar a reconstrução definitiva. Evidências recentes demonstram que a pele de tilápia apresenta elevada biocompatibilidade, boa resistência mecânica e alta concentração de colágeno tipo I, características que favorecem sua aplicação como curativo biológico. Além disso, estudos demonstram que seu uso está associado à redução da dor, menor necessidade de trocas de curativos e aceleração da reepitelização quando comparado aos curativos convencionais à base de prata, contribuindo para maior conforto do paciente e otimização do tratamento (PAGOTTO *et al.*, 2024; MORAES *et al.*, 2024).

Modelos imunológicos mais recentes

Os modelos imunológicos e as plataformas *organ-on-a-chip* representam as mais recentes tecnologias da engenharia tecidual, aplicadas no estudo da cicatrização e regeneração cutânea. Essa tecnologia usa microdispositivos que se mostram capazes de mimetizar características estruturais e funcionais dos tecidos humanos, incluindo fluxo sanguíneo, estímulos mecânicos e interações dinâmicas entre as células da pele e sistema imune. Todas essas integrações são essenciais para o estudo de grandes queimados, uma vez que a resposta inflamatória exacerbada e a desregulação imunológica exercem papel central, tanto no processo cicatricial

em si, quanto na formação de cicatrizes com algum tipo anormal de proliferação celular (que-loide e hipertrófica).

Outro aspecto extremamente relevante dessa técnica emergente é a capacidade de servir como modelos para testes de biomateriais, curativos dérmicos substitutivos, terapias celulares e medicamentos regenerativos, reduzindo as limitações apresentadas convencionalmente. Dessa forma, os modelos imunológicos e sistemas *organ-on-a-chip* colaboram para a ampliação do entendimento da fisiopatologia das queimaduras extensas, e favorecem o desenvolvimento de terapias alternativas e mais personalizadas, seguras e eficazes na cirurgia plástica reconstrutiva.

CONCLUSÃO

A cirurgia plástica reconstrutiva desempenha papel essencial no tratamento de pacientes grandes queimados, extrapolando a restauração da cobertura cutânea ao contribuir para a recuperação funcional, estética e psicossocial. A análise da literatura evidenciou que a associação entre técnicas reconstrutivas consolidadas e inovações tecnológicas, como substitutos dérmicos, terapia por pressão negativa, xenoenxer-

tos, biomateriais, engenharia tecidual e plataformas experimentais avançadas, tem ampliado as possibilidades terapêuticas e favorecido melhores desfechos clínicos, com redução de complicações, melhora da qualidade da cicatrização e maior preservação da funcionalidade.

Além dos benefícios físicos, essas abordagens exercem impacto significativo sobre a qualidade de vida, a autoestima e a reinserção social dos pacientes, reforçando a importância de um tratamento multidisciplinar e individualizado. Apesar dos avanços observados, desafios relacionados à disponibilidade de tecnologias, custos, padronização dos protocolos e necessidade de evidências clínicas de longo prazo ainda limitam a ampla implementação de algumas estratégias inovadoras.

Dessa forma, este estudo demonstra que a incorporação de tecnologias regenerativas e de novas abordagens reconstrutivas representa uma importante perspectiva para o aprimoramento do tratamento das queimaduras extensas. Contudo, são necessários estudos clínicos prospectivos, ensaios multicêntricos e avaliações de longo prazo que permitam consolidar a eficácia, a segurança e a custo-efetividade dessas terapias, contribuindo para sua incorporação na prática clínica e para a melhoria contínua da assistência aos pacientes grandes queimados.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Atenção à Saúde. Departamento de Atenção Especializada. Cartilha para tratamento de emergência das queimaduras. Brasília, DF: Editora do Ministério da Saúde, 2012. 20 p.

COBAN, Y. K. Infection control in severely burned patients. *World Journal of Critical Care Medicine*, v. 1, n. 4, p. 94-101, 2012. DOI: 10.5492/wjccm.v1.i4.94.

KARLAKKI, S. *et al.* Negative pressure wound therapy for management of the surgical incision in orthopaedic surgery: a review of evidence and mechanisms for an emerging indication. *Bone & Joint Research*, v. 2, n. 12, p. 276-284, 2013. DOI: 10.1302/2046-3758.212.2000190.

LEVI, K. *et al.* Mechanics of wound closure: emerging tape-based wound closure technology versus traditional methods. *Cureus*, v. 8, n. 10, e827, 2016. DOI: 10.7759/cureus.827.

LIN, D.-Z. *et al.* Negative pressure wound therapy for burn patients: a meta-analysis and systematic review. *International Wound Journal*, v. 18, n. 1, p. 112-123, 2021. DOI: 10.1111/iwj.13500.

MARQUES, R. T. *et al.* O papel da cirurgia plástica na reconstrução estética pós-queimaduras: uma revisão de literatura. In: SILVA FILHO, Paulo Sérgio da Paz (ed.). *Saberes e Práticas em Promoção da Saúde 2*. SCISAÚDE, 2024.

MORAES, F. C. A. *et al.* Nile Tilapia Skin Xenograft Versus Silver-Based Dressings in the Management of Partial-Thickness Burn Wounds: a systematic review and meta-analysis. *Journal of Clinical Medicine*, v. 13, n. 6, p. 1642, 2024. DOI: 10.3390/jcm13061642.

PAGOTTO, V. P. F. *et al.* Advancements in xenotransplantation: paving the way for revolutionary developments in reconstructive plastic surgery. *Acta Cirúrgica Brasileira*, v. 39, e393424, 2024. DOI: 10.1590/acb393424.

SU, L. *et al.* The emerging progress on wound dressings and their application in clinic wound management. *Heliyon*, v. 9, n. 12, e22520, 2023. DOI: 10.1016/j.heliyon.2023.e22520.

TENENHAUS, M.; RENNEKAMPFF, H.-O. Surgical advances in burn and reconstructive plastic surgery: new and emerging technologies. *Clinics in Plastic Surgery*, v. 39, n. 4, p. 435-443, 2012. DOI: 10.1016/j.cps.2012.07.001.

VAN DEN BOSCH, A. S. *et al.* Outcomes of dermal substitutes in burns and burn scar reconstruction: a systematic review and meta-analysis. *Wound Repair and Regeneration*, v. 32, n. 6, p. 960-978, 2024. DOI: 10.1111/wrr.13226.