REVISTA TÓPICOS
ISSN 2965-6672 | Qualis A2

PREVENÇÃO DE CICATRIZES HIPERTRÓFICAS E QUELOIDES EM CIRURGIA PLÁSTICA: PAPEL DA MECANOTRANSDUÇÃO, DOS FIBROBLASTOS DÉRMICOS E DA MODULAÇÃO DA MATRIZ EXTRACELULAR NA QUALIDADE DA CICATRIZAÇÃO

PREVENTION OF HYPERTROPHIC SCARS AND KELOIDS IN PLASTIC SURGERY: MECHANOTRANSDUCTION, DERMAL FIBROBLASTS AND EXTRACELLULAR MATRIX MODULATION IN SCAR QUALITY

Ciências Biológicas, Ciências da Saúde • 06/11/2026

REGISTRO DOI: 10.70773/revistatopicos/793938156

Fernando Fabián González Duarte[1]

RESUMO

A formação de cicatrizes hipertróficas e queloides resulta de respostas reparativas fibroproliferativas em que predisposição individual, inflamação persistente, tensão mecânica e organização da matriz extracelular interagem. Este artigo examina criticamente mecanismos de mecanotransdução, ativação de fibroblastos e miofibroblastos, participação de citocinas e estratégias de prevenção em cirurgia plástica. Adotou-se revisão sistematizada qualitativa com síntese narrativa de estudos científicos, revisões e recomendações clínicas selecionadas por pertinência conceitual, sem metanálise própria ou dados originais de pacientes. A análise considera avaliação pré-operatória, planejamento incisional, redução de tensão, controle de complicações, silicone, compressão, terapias intralesionais e tecnologias adjuvantes, destacando diferenças entre prevenção primária, prevenção de recorrência e tratamento de lesões estabelecidas. Os achados apontam base biológica consistente para a influência do microambiente mecânico na fibrose, mas heterogeneidade relevante na qualidade das evidências clínicas. Conclui-se que prevenção eficaz depende de abordagem estratificada, documentação longitudinal e escolha proporcional dos recursos, sem equivaler marcadores experimentais à eficácia comprovada em pacientes.

Palavras-chave: cicatriz hipertrófica; queloide; cirurgia plástica; mecanotransdução; fibroblastos; prevenção.

ABSTRACT

Hypertrophic scars and keloids arise from fibroproliferative wound responses in which individual susceptibility, persistent inflammation, mechanical tension and extracellular-matrix organization interact. This article critically examines mechanotransduction, dermal fibroblast and myofibroblast activation, inflammatory mediators and

preventive strategies in plastic surgery. A qualitative systematized review with narrative synthesis was conducted using selected scientific studies, reviews and clinical recommendations; no original patient dataset or meta-analysis was produced. The discussion distinguishes primary prevention, recurrence prevention and treatment of established lesions, addressing risk assessment, incision planning, tension reduction, wound complications, silicone, pressure therapy, intralesional interventions and adjunctive technologies. Available evidence supports a biologically plausible relationship between mechanical microenvironments and fibrosis, although clinical findings are heterogeneous. An individualized, longitudinal and proportionate strategy is more defensible than a universal protocol or extrapolation from molecular markers to proven clinical outcomes.
Keywords: hypertrophic scar; keloid; plastic surgery; mechanotransduction; fibroblasts; prevention.

1. INTRODUÇÃO

A qualidade da cicatrização representa desfecho essencial da cirurgia plástica porque o sucesso de uma intervenção não se limita à correção anatômica imediata. Incisões com boa orientação, fechamento tecnicamente estável e recuperação sem infecção podem ainda evoluir com rubor persistente, relevo excessivo, prurido, dor ou limitação de movimento. A resposta cicatricial resulta da interação entre lesão, recrutamento imune, deposição de colágeno, propriedades mecânicas e predisposição do indivíduo. Por essa razão, o risco não pode ser inferido apenas do tamanho da incisão ou do método de sutura. Um planejamento preventivo deve considerar a trajetória completa, desde a avaliação pré-operatória até a maturação tardia da cicatriz, com registro sistemático de sinais

de crescimento anômalo. O objetivo desta revisão é examinar como a mecanotransdução, o comportamento dos fibroblastos e a remodelação da matriz extracelular podem orientar decisões preventivas clinicamente justificáveis (Bailey; Schwehr; Beattie, 2024).

A distinção entre cicatriz hipertrófica e queloide não é meramente terminológica. Embora ambas possam apresentar espessamento, vascularização aumentada e desconforto, a primeira tende a permanecer dentro dos limites da lesão original, ao passo que o queloide ultrapassa essas bordas e pode manter crescimento e recorrência após tratamento. Essa diferença tem consequências para aconselhamento, vigilância e escolha de intervenção. Estratégias apropriadas para uma cicatriz linear em maturação não devem ser transferidas automaticamente a um queloide antigo do tórax ou à recorrência após excisão de lóbulo auricular. A intensidade da resposta também varia com região anatômica, características cutâneas, história pessoal e tipo de trauma. Uma categoria genérica de cicatriz patológica pode ser útil ao iniciar a discussão mecanística, mas torna-se insuficiente quando a pergunta é quais medidas previnem novos casos e quais evitam recorrências em grupos de maior suscetibilidade.

A perspectiva contemporânea vai além da ideia de que quantidade excessiva de colágeno explica isoladamente a lesão. A direção das forças sobre a pele, a rigidez progressiva do tecido, a transmissão de sinais por integrinas e a persistência de um circuito inflamatório contribuem para um ambiente em que fibroblastos podem conservar atividade profibrótica. A matriz não constitui apenas o produto final da cicatrização: é também fonte de sinais mecânicos e bioquímicos que alteram o comportamento das células. Os

mecanismos apresentados em pesquisas de cultura celular e modelos animais reforçam a plausibilidade dessa reciprocidade, mas não demonstram que bloquear uma via específica em humanos evitará queloides. O argumento deste estudo, portanto, é translacional e crítico: compreender mecanismos é necessário para formular hipóteses preventivas, mas a adoção clínica deve apoiar-se em segurança, resultados reprodutíveis e relevância para pacientes.

A pergunta norteadora é quais mecanismos celulares e mecânicos fundamentam a prevenção de cicatrizes hipertróficas e queloides em cirurgia plástica e em quais pontos a literatura oferece evidência suficiente para orientar condutas. São examinadas medidas pré-operatórias, técnicas de manejo de tensão, preservação de perfusão, vigilância pós-operatória, materiais oclusivos e modalidades complementares. Também se discute como avaliar textura, espessura, pigmentação, sintomas e efeitos psicossociais sem reduzir qualidade a fotografia ou medida isolada. O trabalho evita prescrever dosagens, locais de injeção ou procedimentos para execução sem treinamento especializado. A prevenção deve ser concebida como processo de decisão ao longo do tempo, no qual o benefício potencial de cada intervenção é comparado a custos, limitações e riscos específicos.

2. METODOLOGIA

Este estudo foi desenvolvido como revisão sistematizada qualitativa com síntese narrativa, combinando literatura mecanística sobre fibrose dérmica com sínteses clínicas de prevenção e tratamento de cicatrizes patológicas. Foram examinados registros científicos e páginas de periódicos acessíveis, priorizando fontes identificáveis e pertinentes aos domínios de mecanotransdução, fibroblastos, matriz

extracelular, silicone, compressão e intervenções combinadas. A seleção não pretende esgotar a produção científica nem reproduzir um levantamento sistemático formal: não houve protocolo prospectivo, dupla triagem de estudos, extração independente ou cálculo de estimativas agrupadas. Assim, não são apresentados números fictícios de artigos triados, fluxograma PRISMA ou conclusões estatísticas próprias. Os principais documentos examinados incluem uma revisão clínica de 2024, revisões sistemáticas de 2024 e 2025 e sínteses mecanísticas contemporâneas (Bailey; Schwehr; Beattie, 2024; Bernabe et al., 2024; Jackson et al., 2025).

A análise foi organizada por eixos que distinguem mecanismos moleculares, fatores de risco, estratégias aplicáveis antes da cirurgia, cuidados com feridas recentes, prevenção secundária em indivíduos de maior risco e tratamento de lesões já estabelecidas. Essa distinção é indispensável porque estudos sobre redução de queloides previamente formados não comprovam necessariamente prevenção após incisões novas. Foram consideradas a natureza do desenho, a população, a região anatômica, a intervenção comparada, os desfechos e o período de seguimento sempre que tais informações estavam disponíveis. Conclusões derivadas de observações laboratoriais foram tratadas como plausibilidade mecanística; sínteses clínicas com amostras heterogêneas, como evidência contextualizada e não garantia universal de efeito.

A qualidade metodológica precisa ser compreendida em relação à pergunta clínica. Para avaliar recorrência após excisão de queloide, o tempo de seguimento e a definição de recidiva são críticos. Para prevenção de cicatriz hipertrófica em incisões eletivas, importa a identificação de indivíduos previamente sem lesão e a mensuração

padronizada do desfecho. Para discutir FAK ou YAP/TAZ, por sua vez, a coerência depende de modelos experimentais e demonstração de alterações na sinalização. As fontes combinadas nesta revisão não permitem uma comparação causal direta entre todas as técnicas. A estratégia narrativa reconhece possíveis vieses de publicação, conflitos de interesse, amostras pequenas, diversidade de protocolos e diferenças na adesão dos pacientes a medidas prolongadas.

Como referência para a interpretação aplicada, foram consideradas recomendações de prevenção que enfatizam aconselhamento em indivíduos suscetíveis, redução de tensão e intervenção precoce quando há crescimento anormal. Revisões que avaliam terapias multimodais foram usadas para discutir possibilidades e limites em cicatrizes estabelecidas, sem confundir sua indicação com rotina para toda incisão. Não foi produzida amostra de pacientes, nem foram atribuídas taxas próprias de incidência, eficácia ou recorrência. Essa transparência constitui condição para que uma análise conceitual seja útil sem simular um experimento inexistente.

3. CICATRIZAÇÃO NORMAL E DESVIOS FIBROPROLIFERATIVOS

A reparação cutânea compreende eventos sobrepostos de hemostasia, inflamação, proliferação e remodelação. Após a ruptura da barreira, matriz provisória e mediadores liberados por plaquetas e células residentes organizam recrutamento imune e reconstrução tecidual. Fibroblastos migrantes sintetizam colágeno e outros componentes extracelulares, enquanto vasos em formação sustentam a demanda metabólica do tecido em reorganização. Com o passar do tempo, o tecido deve reduzir atividade celular excessiva e transformar uma matriz inicialmente imatura em estrutura compatível com a função e as tensões locais. Essa descrição linear,

embora didática, não significa que as fases sejam compartimentos isolados: inflamação e deposição matricial se influenciam continuamente. A maturação visual pode continuar muito depois do fechamento epidérmico, razão pela qual resultados precoces não bastam para afirmar prevenção bem-sucedida de cicatrização patológica.

A cicatriz hipertrófica corresponde a uma trajetória em que o tecido apresenta aumento de volume dentro da área da lesão original. Pode ocorrer espessamento, eritema, coceira e retração, com evolução variável. O queloide, por contraste, costuma ultrapassar a área inicial e apresenta comportamento proliferativo mais persistente, particularmente em pessoas predispostas e em sítios anatômicos de risco. Essas diferenças podem refletir combinações distintas de forças mecânicas, sinalização inflamatória e respostas celulares; não exigem supor dois processos completamente separados. O diagnóstico e a documentação precisam considerar a história temporal e a extensão em relação às bordas da lesão, pois um espessamento recente pode ainda não revelar sua trajetória definitiva. Também é indispensável distinguir cicatrizes patológicas de alterações infecciosas, reações a suturas ou outras condições cutâneas que demandem avaliação específica.

Uma ferida pode fechar rapidamente e ainda evoluir com qualidade cicatricial insatisfatória. A velocidade de epitelização não descreve necessariamente orientação de fibras, tensão residual ou capacidade de acomodação do movimento. Da mesma forma, depósito aumentado de colágeno pode representar resposta reparadora adequada em determinada fase sem caracterizar queloide. A avaliação de desfechos deve integrar espessura, vascularização, flexibilidade, sintomas, limitação funcional e percepção do paciente,

considerando as mudanças esperadas ao longo da maturação. Em cirurgias com incisões próximas a articulações, por exemplo, a mobilidade pode ser mais relevante do que aparência isolada; em áreas expostas da face, pigmentação e textura podem ganhar peso clínico e psicossocial. Evitar inferências a partir de um único marcador preserva precisão na interpretação.

A inflamação persistente figura entre os componentes que favorecem fibrose, mas o processo inflamatório inicial é necessário à reparação. Dessa dualidade decorre um princípio preventivo: não se deve buscar supressão indiscriminada de todas as respostas locais, mas reduzir agressões evitáveis, infecção, isquemia, tração excessiva e fatores que prolonguem desnecessariamente o reparo. O equilíbrio entre remoção e síntese de matriz constitui uma meta biológica mais coerente que a maximização de colagênese. Revisões clínicas convergem na importância de avaliar precocemente características de risco e de adaptar intervenções à fase de maturação em vez de adotar soluções uniformes para todas as lesões (Bailey; Schwehr; Beattie, 2024).

4. MECANOTRANSDUÇÃO E AMBIENTE DE TENSÃO

Mecanotransdução denomina a conversão de estímulos físicos em respostas bioquímicas e alterações de expressão gênica. Na pele, as células não recebem apenas moléculas solúveis: elas também interpretam rigidez, alongamento, orientação de fibras e movimento dos tecidos adjacentes. Integrinas, estruturas de adesão e componentes do citoesqueleto conectam fibroblastos ao ambiente extracelular, permitindo que forças mecânicas participem da regulação de proliferação e síntese de matriz. Essa interação ajuda a explicar por que cicatrizes submetidas a tensão recorrente podem

desenvolver respostas diferentes daquelas protegidas de tração. Ainda assim, o efeito não depende exclusivamente de uma variável mensurável em repouso: movimento, postura, profundidade da ferida e suporte subjacente modificam o campo mecânico ao longo do dia.

A sinalização por FAK, quinase associada à adesão focal, integra mecanismos pelos quais estímulos recebidos em integrinas alcançam vias de proliferação, migração e fibrose. Estudos mecanísticos relacionam essa rota ao comportamento de fibroblastos e à amplificação de respostas ao TGF-β. Também se descreve participação de Rho/ROCK na contratilidade do citoesqueleto e na formação de miofibroblastos. Essas observações sugerem que a prevenção de forças excessivas pode interferir na trajetória de cicatrização por caminhos biologicamente fundamentados. Contudo, as demonstrações laboratoriais não autorizam aplicar empiricamente inibidores dessas vias como estratégia preventiva de rotina. A relevância clínica mais imediata da mecanotransdução consiste em orientar desenho de incisões, distribuição de tensão e estabilidade do fechamento.

O complexo YAP/TAZ oferece outro exemplo da relação bidirecional entre mecânica e biologia. Em determinados contextos experimentais, maior rigidez da matriz e alterações de tensão promovem sinalização nuclear relacionada a genes profibróticos. O resultado é um circuito no qual deposição de matriz endurece o microambiente e o ambiente mais rígido favorece manutenção de sinais de fibrose. Esse modelo ajuda a compreender a persistência de lesões patológicas, mas sua generalização requer cautela porque culturas celulares e modelos animais simplificam a heterogeneidade da pele humana. A composição da matriz, a idade da cicatriz e a

localização anatômica podem modificar profundamente as respostas. Uma hipótese mecanística plausível não substitui avaliação comparativa em pacientes com desfechos clinicamente significativos. (Fang et al., 2025).

Uma implicação cirúrgica é que a tensão não deve ser reduzida a problema estético de borda. O fechamento em múltiplos planos, a escolha da orientação da incisão e a proteção de forças sobre a cicatriz representam decisões interligadas à perfusão e à distribuição de carga. Uma sutura superficial muito apertada pode aproximar bordas e simultaneamente criar isquemia localizada; o objetivo não é simplesmente aumentar resistência mecânica, mas distribuir esforços sem comprometer viabilidade tecidual. Intervenções externas de suporte podem ser consideradas conforme local e risco, mas requerem adesão e vigilância para irritação ou maceração. A teoria fornece racional para essas medidas, enquanto a efetividade concreta deve ser julgada por resultados observados, segurança e adequação ao paciente.

5. FIBROBLASTOS DÉRMICOS E MIOFIBROBLASTOS

Os fibroblastos constituem grupo celular heterogêneo, com propriedades que variam conforme camada dérmica, região anatômica e contexto reparativo. Sua participação vai além da produção de colágeno: secretam mediadores, reorganizam proteínas e interagem com células imunes, vasos e epiderme. A transformação funcional em miofibroblastos, caracterizada por maior capacidade contrátil em determinadas circunstâncias, pode facilitar aproximação das bordas e organização inicial da ferida. Entretanto, a persistência de células contráteis em uma matriz que continua fornecendo estímulos profibróticos pode favorecer retração

e deposição excessiva. O risco depende da continuidade dos sinais, não apenas da presença transitória dessas células no local da cirurgia.

O TGF-β participa da comunicação entre células e da regulação de síntese de matriz, sendo frequentemente investigado na patogênese da fibrose. Sua atuação é complexa e varia com isoformas, receptores, matriz e interação com outras vias. Apresentar esse mediador como responsável único por queloides empobrece a discussão; mecanismos inflamatórios, forças de tração e predisposição biológica interferem simultaneamente na resposta. É necessário distinguir bloqueio experimental de uma rota molecular de estratégias clínicas validadas: modificar expressão gênica em fibroblastos cultivados não equivale a reduzir recorrência em pacientes submetidos à cirurgia. A pesquisa translacional precisa conectar moléculas a propriedades do tecido, evolução clínica e segurança antes de definir alvos terapêuticos.

A heterogeneidade dos fibroblastos também ajuda a explicar resultados diferentes entre regiões. A pele do esterno, ombros, dorso e orelhas está sujeita a forças, espessuras e microambientes distintos. Mesmo quando o procedimento cirúrgico utiliza técnica semelhante, a evolução não precisa ser comparável. Uma análise robusta deveria registrar localização, orientação da incisão, antecedentes de queloides, histórico de terapias e tempo de seguimento. Na prática, o raciocínio de risco deve combinar suscetibilidade individual e condições locais em vez de atribuir responsabilidade exclusiva a erro de técnica ou genética. A prevenção orientada por evidências emerge dessa interação entre contextos.

A atividade fibroblástica precisa ser interpretada em conjunto com a degradação de matriz. O equilíbrio entre síntese, maturação e remoção depende de enzimas proteolíticas, seus inibidores e propriedades mecânicas. Uma matriz excessivamente densa pode perder flexibilidade apesar de aparentar maior resistência; por outro lado, degradação intensa pode comprometer integridade do reparo. A qualidade final não é definida por um número absoluto de fibras ou pela expressão isolada de um gene. Para avaliar prevenção de cicatrizes patológicas, o resultado desejável é uma estrutura estável, relativamente plana, confortável, funcional e compatível com a fisiologia do sítio tratado.

6. MATRIZ EXTRACELULAR, COLÁGENO E REMODELAMENTO

A matriz extracelular reúne colágenos, elastina, fibronectina, proteoglicanos e componentes hidratados que sustentam células e transmitem sinais. Na fase inicial, o tecido dispõe de uma arquitetura provisória adaptada ao reparo; posteriormente, remodelação e reorganização de fibras modificam resistência e elasticidade. Queloides e cicatrizes hipertróficas podem apresentar arranjos fibrilares anormais, com deposição aumentada e organização distinta da derme íntegra. Porém, uma avaliação exclusivamente quantitativa de colágeno é insuficiente para definir qualidade. Orientação, espessura, interação com células e distribuição regional determinam parte importante do comportamento biomecânico. A matriz resultante precisa também acomodar movimentos e resistir a tensões cotidianas sem desencadear desconforto ou retração.

As metaloproteinases da matriz e seus inibidores regulam degradação e remodelação durante o reparo. Não é correto pressupor que toda elevação de proteólise seja prejudicial: remover

componentes provisórios integra a cicatrização. De modo correspondente, aumento da síntese colagênica pode ser necessário em um momento e disfuncional em outro. A cronologia da resposta torna essencial especificar quando o biomarcador foi aferido. Estudos que comparam tecidos de queloides estabelecidos com pele normal fornecem conhecimento valioso sobre estados biológicos distintos, mas não comprovam necessariamente qual alteração antecedeu o crescimento patológico. A previsão precoce e a causalidade exigem desenhos temporais mais exigentes.

A qualidade matricial se relaciona diretamente com o ambiente mecânico. Fibroblastos ancorados em redes rígidas podem receber sinais diferentes daqueles encontrados em matriz flexível e organizada. Se a deposição reforça rigidez, cria-se possibilidade de retroalimentação que ajuda a manter a fibrose. A descrição desse circuito é útil para orientar pesquisas de prevenção, mas seria incorreto deduzir que qualquer produto capaz de amolecer a cicatriz modifica automaticamente esses mecanismos celulares. Intervenções precisam demonstrar efeito concreto sobre sintomas, espessura e recorrência, com comparadores apropriados e seguimento suficiente. A diferença entre uma medida molecular e um desfecho relevante deve permanecer visível em todo o raciocínio.

Em cirurgia plástica, a remodelação pode ser influenciada por decisões tomadas antes de ocorrer qualquer depósito patológico. Escolher uma abordagem que preserve vascularização, evite necrose de borda e minimize tensão pode reduzir estímulos adicionais ao reparo. Após epitelização, medidas de suporte podem ajudar na maturação conforme avaliação profissional. A composição do curativo, o tempo de uso e a tolerância cutânea merecem

documentação. A eventual necessidade de tratamentos adicionais não demonstra necessariamente fracasso do procedimento inicial, porque as cicatrizes são fenótipos dinâmicos condicionados por fatores não inteiramente controláveis.

7. INFLAMAÇÃO, IMUNIDADE E FIBROSE

A resposta inflamatória após cirurgia é necessária para limpeza do sítio lesionado, defesa e início do reparo. Neutrófilos, macrófagos e outras populações celulares participam de uma comunicação dinâmica com fibroblastos. Quando estímulos persistem, a inflamação pode prolongar atividade profibrótica e modificar degradação de matriz. O desafio não é simplesmente classificar inflamação como positiva ou negativa, mas caracterizar duração, intensidade e resolução. Infecção, deiscência, necrose, corpo estranho e trauma repetido podem alterar essa trajetória e precisam ser reconhecidos precocemente. Uma estratégia preventiva eficaz busca reduzir essas causas modificáveis sem interromper mecanismos fisiológicos indispensáveis ao fechamento.

Macrófagos podem assumir diferentes perfis funcionais e produzir mediadores que influenciam angiogênese, recrutamento de fibroblastos e organização de colágeno. A classificação binária em fenótipos M1 e M2 é frequentemente utilizada didaticamente, mas não representa toda a diversidade de estados observáveis no tecido humano. Alterações de citocinas em queloides não indicam, por si, qual célula iniciou a patologia nem se a mesma intervenção será adequada em todos os estágios. Modelos experimentais frequentemente isolam uma via de resposta para demonstrar causalidade local; a tradução clínica exige considerar perfusão,

microbiota, localização e antecedente genético. É necessário resistir à redução de cicatrização patológica a uma única molécula.

A inflamação prolongada também pode contribuir para sintomas frequentemente subestimados: prurido, hipersensibilidade, dor e desconforto por tração. Qualidade da cicatriz deve incluir esses resultados, especialmente porque lesões aparentemente pequenas podem produzir sofrimento importante. Tratamentos que reduzem altura, mas causam hipopigmentação, atrofia ou dor relevante, não são automaticamente superiores a estratégias menos invasivas. A gestão das expectativas precisa explicar a possibilidade de maturação lenta, recorrência e necessidade de múltiplas intervenções. Essa perspectiva integra segurança e experiência do paciente ao conceito de eficácia clínica.

O controle de complicações locais constitui um elo entre conhecimentos gerais de cirurgia e prevenção de fibrose. Técnicas de assepsia, respeito à vascularização, fechamento sem isquemia e avaliação precoce de sinais de infecção são medidas que protegem a evolução do reparo. No entanto, não se deve afirmar que qualquer uma delas elimina queloides em pessoas predispostas. O objetivo é reduzir fatores adicionais de dano e manter condições favoráveis à maturação. Uma eventual lesão hipertrófica apesar de técnica adequada deve levar à reavaliação dos fatores de risco e do tratamento, não a interpretações simplistas de culpa.

8. FATORES DE RISCO E AVALIAÇÃO PRÉ-OPERATÓRIA

A avaliação antes da cirurgia deve investigar antecedentes pessoais de queloides e cicatrizes elevadas, evolução de incisões anteriores, local de lesões espontâneas ou após piercings e histórico familiar

pertinente. Região anatômica e natureza do procedimento modificam a exposição mecânica da ferida. Fatores individuais relacionados à pigmentação cutânea podem informar risco populacional, mas não autorizam previsões determinísticas sobre uma pessoa. O aconselhamento precisa evitar estigmatização e considerar que prevalência e resposta terapêutica variam amplamente entre estudos e populações. Em intervenções eletivas, discutir risco e alternativas é parte do consentimento fundamentado, especialmente quando existe histórico de cicatrização patológica significativa (Bailey; Schwehr; Beattie, 2024).

O exame deve contemplar condições capazes de prolongar a reparação, como tabagismo, perfusão inadequada, tensão local previsível, processos inflamatórios ativos e dificuldades de aderir ao acompanhamento. Nenhum fator isolado fornece uma calculadora universal validada de queloide. A combinação de história clínica, observação da pele, localização do procedimento e condições sociais é mais útil que atribuir risco exclusivamente ao fototipo. O cirurgião deve esclarecer quais características são modificáveis, quais permanecem incertas e quais medidas de suporte serão plausíveis. Quando uma intervenção é indispensável, a presença de risco elevado demanda planejamento e não exclusão automática de cuidado.

A relação entre expectativas e resultado deve ser explorada antes da cirurgia. Pacientes podem esperar cicatriz invisível, o que não é garantia biologicamente defensável; a maturação varia e envolve fatores fora do controle técnico. A informação deve abranger período de rubor, possibilidades de espessamento e necessidade eventual de intervenção complementar. Uma documentação fotográfica inicial padronizada permite interpretar melhor o surgimento de

novas alterações; a simples fotografia pós-operatória isolada dificilmente oferece comparação suficiente. Também convém registrar sintomas anteriores e limitações funcionais para que evolução clínica não seja reduzida à inspeção estética.

Planejamento adaptado ao risco não significa aplicar preventivamente todas as modalidades disponíveis. A relação benefício-risco de intervenções intralesionais, dispositivos e tratamentos combinados difere da de medidas de suporte de baixo risco. Protocolos universais podem gerar custos, desconforto e efeitos adversos desnecessários. Uma decisão proporcional considera história prévia, grau de risco, características da incisão, preferência informada e capacidade de retorno. Essa hierarquização é coerente com recomendações que enfatizam redução de tensão, vigilância e individualização das terapias, sem apresentar tratamentos de lesões estabelecidas como prevenção obrigatória para todos.

9. PLANEJAMENTO INCISIONAL E TÉCNICA DE FECHAMENTO

O desenho da incisão deve considerar anatomia, acesso cirúrgico, orientação das forças e possibilidades de fechamento estável. As linhas de tensão cutânea oferecem orientação útil, mas não são regra infalível porque a carga muda com movimento, postura e distribuição regional de tecidos. Em procedimentos com ampla mobilização de retalhos, o campo mecânico final pode diferir substancialmente daquele observado antes da operação. A seleção do trajeto precisa equilibrar acesso, segurança vascular, preservação de estruturas e qualidade cicatricial esperada. A intenção preventiva não justifica comprometer exposição cirúrgica essencial nem criar

riscos maiores em busca de uma incisão teoricamente menos aparente.

O fechamento por planos permite distribuir parte da carga em estruturas profundas e limitar tração diretamente sobre a epiderme. A tensão excessiva nas bordas pode favorecer isquemia e persistência de estímulos mecânicos; por outro lado, o fechamento insuficiente pode predispor à deiscência. O princípio técnico é alcançar coaptação estável com conservação da perfusão e mínima agressão adicional. Comparações entre técnicas exigem atenção a local anatômico, complexidade do procedimento e fatores do paciente. Não há base para afirmar que um tipo isolado de fio ou padrão de sutura elimina risco de cicatriz hipertrófica e queloide em todos os cenários.

Em áreas de mobilidade, a redistribuição de tensão pode precisar de medidas de suporte e orientação pós-operatória específicas. Movimentos repetitivos, tração prolongada e atividades que provocam deslocamento das bordas potencialmente interferem no ambiente de reparação, mas restrições devem ser proporcionais e compatíveis com recuperação funcional. Recomendações genéricas de imobilização extensa podem produzir consequências indesejáveis sem comprovar benefício cicatricial adicional. A comunicação deve ser centrada na natureza do procedimento e nos limites determinados pela equipe. A hipótese mecânica orienta atenção clínica, não substitui protocolos cirúrgicos adequados a cada operação.

A qualidade do fechamento precisa ser observada longitudinalmente, não apenas ao final do ato operatório. Pequenas áreas de sofrimento vascular, hematomas e abertura de bordas

podem modificar a trajetória reparativa. O registro desses eventos oferece contexto para eventual aparecimento de hipertrofia. Na avaliação da efetividade de medidas preventivas, seria inadequado comparar pacientes com e sem complicações sem considerar tais variáveis. Estudos futuros podem explorar quanto cada tipo de complicação altera risco, mas revisões narrativas não permitem atribuir valores numéricos precisos na ausência de dados comparativos apropriados.

10. CUIDADOS PÓS-OPERATÓRIOS E SILICONE

Após fechamento da ferida, a prioridade inicial é proteger integridade da incisão e reconhecer complicações que demandem reavaliação. A utilização de silicone em gel ou placas é frequentemente discutida como medida de prevenção e intervenção precoce para cicatrizes elevadas. Revisões clínicas apontam plausibilidade de benefício, com boa aceitabilidade em contextos selecionados, embora a magnitude do efeito e a qualidade metodológica dos estudos variem. O material não deve ser aplicado indiscriminadamente sobre feridas abertas sem orientação adequada; o momento de introdução depende do estado da epitelização e do produto escolhido. O acompanhamento deve registrar tolerância, dermatite e adesão ao tratamento, pois eficácia em condições ideais pode não se reproduzir em uso irregular.

O silicone pode atuar por mecanismos relacionados ao ambiente oclusivo e à hidratação, enquanto produtos de suporte também podem reduzir parte das forças superficiais sobre a cicatriz. Essas hipóteses não precisam ser confundidas: uma cobertura pode modificar umidade sem oferecer descarga mecânica relevante, e um suporte adesivo pode redistribuir tensão sem apresentar o mesmo

comportamento de hidratação. Estudos que combinam produtos dificultam atribuir benefícios a um componente específico. Na prática, a seleção deve considerar área, sensibilidade da pele, rotina diária e custo. O sucesso da medida depende de uso viável e seguro para aquele paciente, não apenas de uma recomendação formal.

Uma estratégia de vigilância pós-operatória deve observar sinais persistentes de vermelhidão, prurido, endurecimento e elevação progressiva. Esses sinais merecem interpretação clínica contextualizada porque fazem parte, em grau variável, da maturação normal; sua persistência ou progressão podem motivar avaliação mais próxima. A documentação seriada fornece informações mais confiáveis que fotografias isoladas obtidas em condições inconsistentes. Em pacientes com histórico de queloide, um limiar mais baixo para avaliação especializada pode ser razoável, mas não há justificativa para iniciar medidas invasivas automaticamente em todas as incisões. A prevenção responsável é graduada e acompanhada de reavaliação.

O uso de medidas preventivas precisa considerar condições de vida. Protocolos prolongados dependem de disponibilidade financeira, calor local, adesão, conforto e acesso ao serviço. Em determinados contextos, uma abordagem simples e compreensível pode ser mais efetiva no cotidiano que uma combinação complexa cuja continuidade é improvável. O profissional deve discutir essas barreiras sem responsabilizar o paciente por dificuldades estruturais. Avaliar resultados em pesquisas exige registrar adesão e perdas de seguimento; sem isso, a diferença observada entre grupos pode decorrer em parte do uso efetivo dos recursos, não apenas da eficácia intrínseca das modalidades.

11. COMPRESSÃO, FITAS E DESCARGA MECÂNICA

A terapia compressiva é estudada especialmente em sítios nos quais dispositivos podem exercer pressão distribuída e ser utilizados de maneira sustentada, incluindo determinadas lesões auriculares e cicatrizes após queimaduras. Revisões sistemáticas descrevem potencial benefício para desfechos selecionados, mas destacam diversidade de dispositivos, adesão e resultados. Não é adequado transportar evidências de uma órtese de compressão auricular para toda cicatriz cirúrgica do tronco. O efeito depende de área, formato, tolerância e continuidade da aplicação. A prevenção precisa distinguir o uso em incisões novas do emprego após excisão de queloides estabelecidos, porque a segunda situação envolve risco basal diferente (Jackson et al., 2025).

Fitas de suporte podem ser utilizadas para reduzir tração superficial em determinadas incisões, desde que se respeite a integridade epidérmica e o risco de reação adesiva. O princípio não é exercer pressão máxima, mas modificar a distribuição de forças de modo tolerável. Dermatite de contato, maceração e remoção traumática do adesivo podem comprometer o benefício esperado e precisam integrar a avaliação de segurança. Produtos comercialmente semelhantes podem ter propriedades distintas, impedindo equivalência automática de resultados. A decisão deve integrar localização, fase de cicatrização e tolerância individual.

A relação entre descarga mecânica e mecanotransdução oferece uma hipótese coerente para investigação. Se determinados estímulos físicos podem amplificar atividade profibrótica, sua redução em fases críticas poderia modificar a resposta celular. Ainda assim, a existência do mecanismo não demonstra qual dispositivo

funciona melhor, por quanto tempo deveria ser utilizado ou quais pacientes obtêm benefício clinicamente relevante. Pesquisas devem avaliar tensão de forma reproduzível, explicitar intervenções concomitantes e acompanhar cicatrizes durante maturação suficiente. A ausência de medidas padronizadas reduz a comparabilidade entre estudos e limita recomendações universais.

A compressão também tem limitações práticas e pode ser inadequada quando prejudica perfusão ou causa dano por pressão em tecidos vulneráveis. A introdução de dispositivos exige avaliação clínica e acompanhamento, particularmente em cirurgias com retalhos e áreas com circulação delicada. A segurança não deve ser presumida por se tratar de recurso não farmacológico. Em uma abordagem individualizada, possíveis ganhos de espessura, sintomas e recorrência devem ser confrontados com desconforto, irritação e carga de tratamento. Esse equilíbrio constitui parte da qualidade do cuidado.

12. TRATAMENTOS ADJUVANTES E PREVENÇÃO DE RECORRÊNCIA

Quando uma cicatriz apresenta crescimento progressivo ou quando um queloide previamente tratado possui alto risco de recorrência, podem ser consideradas medidas adicionais por equipe habilitada. Corticosteroides intralesionais são amplamente utilizados no tratamento de lesões estabelecidas e em protocolos selecionados de prevenção de recidiva. No entanto, a evidência sobre tratamento de queloide existente não é intercambiável com prevenção primária após cirurgia eletiva em pessoa sem antecedentes. O efeito pode variar segundo localização, tamanho e tratamentos prévios; atrofia, telangiectasias, alterações pigmentares e outros eventos adversos

integram a análise de risco. O manejo individualizado evita converter disponibilidade terapêutica em indicação indiscriminada (Bailey; Schwehr; Beattie, 2024).

Associações com 5-fluorouracil e outras estratégias farmacológicas são discutidas em revisões de cicatrizes patológicas, sobretudo diante de lesões persistentes. Uma revisão sistemática sobre combinações destaca que terapias múltiplas podem ter lugar em casos específicos, mas a diversidade dos estudos impede definir um padrão único de superioridade para todos os pacientes (Bernabe et al., 2024). O princípio de combinar mecanismos diferentes é atrativo, porém não dispensa avaliação de efeitos adversos, disponibilidade, contraindicações e qualidade do seguimento. O objetivo deve ser resultado funcional e sintomático relevante, não apenas redução instantânea de uma medida de altura.

Lasers vasculares, fracionados e modalidades de energia apresentam finalidades distintas: algumas intervenções se concentram em vascularização e eritema, outras em textura e remodelação da cicatriz. Consensos clínicos recentes favorecem sequências adaptadas ao fenótipo e à fase de maturação, em vez de tratar todos os dispositivos como equivalentes. A escolha requer avaliação de fototipo, pigmentação, risco de hipercromia, disponibilidade e capacitação profissional. Uma recomendação por consenso expressa julgamento especializado sobre evidências disponíveis, mas não substitui ensaios comparativos robustos. É especialmente importante evitar extrapolar eficácia em cicatriz estabelecida para prevenção de novas lesões sem estudo direcionado.

A excisão de queloides representa exemplo claro da diferença entre remover uma lesão e controlar o processo fibroproliferativo que a originou. Quando a predisposição persiste, a cirurgia isolada pode não eliminar risco de retorno, razão pela qual algumas equipes utilizam terapias adjuvantes selecionadas. O balanço entre benefício e efeitos adversos torna-se particularmente importante em intervenções que envolvem radiação, fármacos ou procedimentos repetidos. Esse tema demanda orientação individualizada e não se presta à definição de protocolos universais no contexto desta revisão. Ao discutir prevenção, é indispensável declarar se o desfecho estudado foi formação de nova cicatriz anormal, recorrência após tratamento ou melhora de lesão pré-existente.

13. BIOMARCADORES E PERSPECTIVAS TRANSLACIONAIS

Biomarcadores relacionados a TGF-β, atividade de FAK, localização de YAP/TAZ e expressão de genes matriciais aparecem em pesquisas sobre cicatrização patológica. Seu valor atual reside principalmente em explicar mecanismos e orientar estudos. A presença elevada de determinado marcador em uma amostra de queloide não estabelece capacidade de prever quem desenvolverá a lesão após uma cirurgia. Para funcionar como teste prognóstico, o marcador precisaria ser mensurado antes do desfecho em população adequada, demonstrar reprodutibilidade e acrescentar informação além de história de cicatrização, localização e características da ferida. Sem essa validação, é inadequado propor testagem molecular rotineira ou comunicar resultados como diagnóstico antecipado.

Uma barreira translacional é a heterogeneidade das amostras. Fragmentos obtidos da borda de um queloide podem apresentar

características diferentes do centro; a composição celular também se altera com idade da lesão e tratamento prévio. Medidas de expressão gênica, atividade de proteína e localização histológica respondem a perguntas distintas. A comparação com pele normal distante da cicatriz pode identificar diferenças expressivas, mas não esclarecer se as alterações são causa, consequência ou adaptação ao processo estabelecido. O desenho de pesquisas de prevenção demanda amostragem ética, temporalidade adequada e medidas clínicas padronizadas, evitando interpretações que confundam associação e causalidade.

Novas estratégias que visam modular mecanotransdução, sinais profibróticos ou fenótipos de fibroblastos devem ser avaliadas como perspectivas experimentais até que benefícios e segurança sejam demonstrados em pessoas. O entusiasmo com mecanismos moleculares não pode conduzir à aplicação improvisada de inibidores celulares ou intervenções sem respaldo clínico. Além da capacidade de reduzir espessura ou colágeno, é necessário avaliar resistência do tecido, risco de abertura da ferida, infecção, pigmentação e recidiva. Uma intervenção que suprime exageradamente uma via reparativa pode teoricamente comprometer cicatrização normal, aspecto frequentemente ausente em discussões centradas apenas na fibrose.

A pesquisa futura poderia integrar medidas de força, propriedades cutâneas, imagem não invasiva e marcadores moleculares em coortes prospectivas com avaliação clínica prolongada. O ganho potencial de tais desenhos reside em distinguir quais pacientes realmente se beneficiam de intervenções adicionais e quando o tratamento modifica uma trajetória antes de a lesão se consolidar. A inclusão de desfechos relatados por pacientes evitaria reduzir a

pesquisa à estética fotográfica. Estudos multicêntricos com diferentes fototipos, sítios cirúrgicos e contextos de acesso são importantes para ampliar validade externa. Até lá, os biomarcadores permanecem ferramentas de investigação, não substitutos de avaliação clínica.

14. AVALIAÇÃO DOS RESULTADOS E QUALIDADE DE VIDA

A avaliação de cicatrizes deve incluir mais do que espessura aparente. Instrumentos como Vancouver Scar Scale e Patient and Observer Scar Assessment Scale fornecem perspectivas complementares sobre vascularidade, pigmentação, flexibilidade, altura e percepção de características clínicas, embora a aplicação e interpretação dependam da população e do treinamento. Fotografia padronizada contribui para documentação, mas iluminação, ângulo e contraste podem influenciar a percepção de mudança. Medidas instrumentais de relevo e elasticidade também oferecem informação limitada a propriedades específicas. A triangulação de métodos permite uma visão mais consistente da qualidade, sem presumir que uma melhoria em escala visual represente normalização biológica da matriz.

Os efeitos de cicatrizes patológicas podem incluir prurido, dor, limitação de movimento, constrangimento e impactos em relações sociais. A magnitude do sofrimento não depende diretamente da área visível: uma pequena lesão em região exposta pode ter repercussão importante, enquanto outra maior pode ser pouco incômoda. Por isso, definir sucesso apenas como achatamento histológico ou satisfação do cirurgião seria insuficiente. O acompanhamento deve incorporar objetivos individualizados e comunicar a possibilidade de resultados parciais, especialmente em

queloides recorrentes. O consentimento e a revisão das expectativas fazem parte da segurança.

A temporalidade é indispensável à interpretação. Uma cicatriz pode parecer elevada em estágio precoce e reduzir progressivamente durante maturação, enquanto outra pode expandir-se após período de estabilidade aparente. Estudos com seguimento curto tendem a subestimar algumas recorrências e podem confundir diferenças transitórias com resultados duradouros. Também é necessário informar perdas de acompanhamento e tratamentos adicionais: se participantes receberam intervenções complementares, não se pode atribuir toda a melhora à estratégia inicial. A qualidade da evidência depende da consistência do percurso descrito e do comparador utilizado.

Avaliar a qualidade de vida não significa abandonar medidas objetivas, mas colocá-las em relação com necessidades reais. Pacientes podem preferir redução de coceira e dor a uma mudança discreta em altura, ou valorizar flexibilidade mais que pigmentação. Quando um tratamento exige numerosas visitas, o custo de deslocamento e o afastamento de atividades também entram na decisão. Essa abordagem favorece interpretações mais responsáveis das revisões terapêuticas, nas quais desfechos e períodos de observação frequentemente variam entre estudos.

A organização de estudos futuros deve prever critérios claros de classificação das lesões. Cicatrizes hipertróficas e queloides podem compartilhar fenótipos de rigidez, vascularização e prurido, mas suas trajetórias naturais não são equivalentes. Se os pesquisadores agrupam todas as cicatrizes elevadas em um desfecho único, uma intervenção pode parecer eficiente por modificar principalmente

cicatrizes que regrediriam parcialmente com o tempo. O registro de extensão além da ferida original, tempo de início do crescimento, recorrência e sítio anatômico é necessário para interpretar resultados. Também é relevante distinguir cirurgia primária de excisão de lesões prévias. A estratificação prévia, e não uma análise oportunista após conhecer os resultados, aumenta transparência da comparação e reduz risco de conclusões simplificadas sobre eficácia. Medidas clínicas devem ser executadas em intervalos previamente definidos, com justificativa para faltas e tratamentos intercorrentes.

A perspectiva do paciente acrescenta outra dimensão de validade à pesquisa. A satisfação com a aparência pode mudar com expectativas prévias, localização da cicatriz e experiências de tratamento, mesmo que a altura medida seja semelhante. Por essa razão, a escolha de desfechos deve ser negociada com atenção a sintomas e função, e não limitada à disponibilidade de imagens. Um estudo que avalia placas de silicone deve registrar não somente melhora visual, mas tolerabilidade, irritação, adesão e possibilidade de manter o uso no cotidiano. Em pacientes com cicatrizes em locais de movimento, a flexibilidade e a dor durante atividades podem ter maior importância do que pequenas diferenças pigmentares. A multiplicidade de indicadores não justifica escolher apenas aqueles favoráveis ao tratamento: resultados negativos e eventos adversos compõem a evidência científica e devem ser descritos de forma equilibrada.

Os ensaios sobre compressão oferecem exemplo da necessidade de diferenciar plausibilidade, desempenho e viabilidade. Um dispositivo pode exercer força de modo adequado durante sessões supervisionadas, mas perder sua eficácia prática se o paciente não tolerar o uso prolongado. Em lesões auriculares, o desenho e o ajuste

do equipamento influenciam distribuição de pressão, enquanto na pele do tórax outras limitações anatômicas tornam o mesmo método pouco transferível. A revisão sistemática de compressão publicada em 2024 examina aplicações após excisão de queloides, contexto com risco de recorrência superior ao de incisões sem cicatrização patológica prévia. Essa diferença deve aparecer explicitamente na interpretação, pois qualquer melhora observada na prevenção de recorrência não demonstra, por si só, necessidade de compressão universal em cirurgia estética ou reconstrutiva.

O reconhecimento de diferenças entre populações tem implicações éticas e científicas. A literatura frequentemente agrupa fototipos e origens populacionais de maneira simplificada, embora risco e evolução da cicatriz também dependam de fatores anatômicos e individuais. Um estudo que exclui pacientes com lesões prévias ou sub-representa determinados grupos não fornece estimativa automaticamente aplicável a todos os atendimentos. Pesquisas multicêntricas devem buscar diversidade e descrever seus critérios de seleção sem transformar características demográficas em explicações causais isoladas. Na prática, o aconselhamento individual precisa ser cuidadoso ao comunicar risco, evitando tanto minimizar antecedentes pessoais relevantes quanto fazer previsões determinísticas baseadas somente na aparência da pele. Essa abordagem fortalece confiança e adequação clínica.

A integração entre cirurgia e acompanhamento ambulatorial merece atenção operacional. O planejamento preventivo não termina com a alta da sala cirúrgica: é necessário que a equipe e o paciente conheçam sinais que exigem reavaliação e quais contatos são disponíveis para intercorrências. O registro de uma fotografia inicial, das condições de fechamento, do tipo de curativo e das

restrições pertinentes ajuda a interpretar mudanças. Quando a cicatriz começa a se elevar ou apresentar prurido progressivo, uma avaliação contextualizada pode diferenciar maturação habitual de resposta fibroproliferativa emergente. O tempo da intervenção adicional deve depender de avaliação especializada, pois iniciar tratamento intenso em alteração ainda fisiológica pode introduzir danos desnecessários, enquanto ignorar crescimento persistente pode atrasar cuidado apropriado.

A racionalidade econômica também integra a prevenção responsável. Curativos especiais, dispositivos compressivos e terapias seriadas apresentam custos diretos e indiretos que podem ser relevantes para pacientes e serviços. A análise econômica não deve limitar-se ao preço unitário, mas considerar retorno para consultas, necessidade de substituição, adesão e impacto sobre trabalho e deslocamento. Uma intervenção com eficácia moderada e aplicação simples pode ser preferível em determinados ambientes a uma tecnologia cara cujo benefício adicional ainda não está demonstrado. Entretanto, comparar custos sem avaliar qualidade de vida e recorrência produz conclusões igualmente incompletas. Estudos futuros precisam examinar custo-efetividade em diferentes cenários assistenciais e relatar quais grupos experimentam benefícios suficientemente importantes para justificar a intensificação do cuidado.

A comunicação entre especialidades pode melhorar coerência das decisões. Cirurgiões plásticos, dermatologistas, profissionais de enfermagem e demais integrantes da equipe compartilham informações sobre localização, sintomas, tolerância a curativos e evolução fotográfica. Essa colaboração não elimina a necessidade de respeitar competências e normas profissionais em intervenções

específicas. Também não transforma toda cicatriz complexa em indicação de tratamento combinado: a escolha deve ser sustentada por finalidade, evidência e capacidade de acompanhamento. Ao revisar a literatura, convém reconhecer que consensos especializados sintetizam experiência e interpretação coletiva, mas não produzem automaticamente a mesma força de evidência de ensaios clínicos bem desenhados. Convergência entre recomendações é relevante quando se explica sua origem e seus limites.

Uma agenda robusta de pesquisa deve investigar não apenas se uma medida reduz cicatrizes elevadas, mas por qual mecanismo e em quais condições. Dispositivos de descarga mecânica poderiam ser avaliados com mensuração objetiva de forças, enquanto biomarcadores de fibroblastos seriam acompanhados longitudinalmente e relacionados a desfechos clínicos. A integração permitiria testar se alterações de FAK ou YAP/TAZ antecedem, acompanham ou simplesmente refletem a formação de tecido espesso. Estudos desse tipo exigem controle rigoroso de local da amostra, idade da cicatriz e características do procedimento. Sem temporalidade e comparadores apropriados, é fácil atribuir causalidade a uma associação encontrada somente após a lesão estar estabelecida. A prioridade translacional deve permanecer a demonstração de benefício seguro, mensurável e clinicamente relevante.

15. RESULTADOS E DISCUSSÃO INTEGRADA

A síntese dos documentos aponta convergência entre biologia mecânica e recomendações clínicas: a tensão sobre a ferida é biologicamente relevante e sua redução integra estratégias

preventivas plausíveis. Essa convergência, contudo, não significa que toda tecnologia de descarga mecânica possua eficácia comprovada para todos os tipos de cicatriz. Os mecanismos de FAK, Rho/ROCK e YAP/TAZ oferecem explicações para a relação entre estímulos físicos, fibroblastos e matriz, enquanto revisões clínicas enfatizam variações de população, sítio anatômico e qualidade de evidência. A tradução prática mais consistente consiste em planejamento cuidadoso, preservação de perfusão, redução de agressões adicionais e acompanhamento proporcional ao risco. O salto de mecanismo para intervenção farmacológica específica permanece uma área de investigação, não uma conclusão clínica consolidada.

Um segundo achado interpretativo é a necessidade de distinguir prevenção primária, intervenção precoce diante de sinais anormais e prevenção de recorrência. Essas situações compartilham parte dos mecanismos, mas possuem riscos basais e perguntas diferentes. Silicone e suporte local podem ser considerados em determinadas incisões de risco, enquanto combinações intralesionais e tecnologias de energia aparecem com maior frequência na discussão de lesões estabelecidas. Revisões sistemáticas identificam possibilidades de benefício, mas protocolos e resultados heterogêneos limitam comparações diretas (Bernabe et al., 2024; Jackson et al., 2025). A indicação responsável exige especificar o desfecho desejado e a etapa da história natural da cicatriz.

Outro eixo de convergência envolve a importância de incorporar sintomas e qualidade de vida. Estudos podem registrar diminuição de espessura sem documentar adequadamente prurido, dor ou restrição funcional. Se a intervenção melhora apenas uma medida sem alterar desconforto, sua relevância clínica precisa ser interpretada com cuidado. Do mesmo modo, efeitos adversos não

devem ser excluídos da definição de sucesso. Fototipos diversos podem apresentar riscos diferentes de alterações pigmentares após certos tratamentos, reforçando a necessidade de estudos inclusivos e de relato sistemático dos danos e benefícios.

A principal lacuna identificada está na capacidade de prever individualmente a evolução da cicatriz. História prévia, localização e características do procedimento ajudam a estratificar risco, mas não constituem algoritmo determinístico universal. Biomarcadores profibróticos oferecem hipóteses, porém ainda não demonstram utilidade prognóstica suficiente para substituir avaliação clínica. Ensaios prospectivos que combinem condições mecânicas, medidas moleculares e seguimento longo poderiam esclarecer quais intervenções funcionam para subgrupos específicos. Até que isso ocorra, a prevenção deve apoiar-se em decisões graduadas, comunicação transparente e prontidão para reconhecer crescimento anormal.

16. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A prevenção de cicatrizes hipertróficas e queloides na cirurgia plástica exige compreender a cicatrização como processo biológico e mecânico integrado. As evidências examinadas apoiam o entendimento de que fibroblastos respondem à tensão, à rigidez da matriz e aos mediadores inflamatórios, contribuindo para trajetórias distintas de reparação. O reconhecimento desses mecanismos permite formular medidas preventivas coerentes, sobretudo ao planejar incisões, distribuir a carga de fechamento e evitar agressões que prolonguem a reparação. Entretanto, a presença de um circuito molecular plausível não equivale a demonstração clínica de que sua modulação farmacológica isolada evitará novas cicatrizes

patológicas. A precisão científica reside em conectar hipóteses às evidências disponíveis e em explicitar onde a translação para pacientes ainda depende de validação.

A distinção entre queloide e cicatriz hipertrófica deve permanecer central na decisão. A expansão além das bordas originais, a maior tendência à persistência e o risco de recorrência do queloide influenciam acompanhamento e necessidade eventual de abordagens combinadas. Estudos de tratamento de lesões estabelecidas não devem ser utilizados como prova automática de prevenção em incisões novas. A estratégia mais defensável começa com avaliação do histórico individual, identificação de áreas de maior risco, diálogo sobre expectativas e registro das condições do procedimento. As características anatômicas, o fototipo, a história familiar e as experiências prévias de cicatrização compõem o contexto, sem permitir previsões infalíveis. O objetivo é orientar escolhas proporcionais e evitar tanto negligência preventiva quanto intervenções desnecessárias.

O controle de tensão e a preservação da viabilidade do tecido surgem como princípios convergentes, apoiados por racional mecanobiológico e recomendações clínicas. A execução deve respeitar segurança operatória, distribuição equilibrada de esforços e necessidade de funcionalidade, evitando sacrificar perfusão em busca de aproximação rígida das bordas. Os recursos de suporte externo, quando utilizados, demandam avaliação do estado da epitelização e da tolerância cutânea. Complicações como infecção, deiscência e necrose exigem manejo oportuno porque modificam a evolução reparativa. Nenhum detalhe técnico isolado elimina predisposição a queloide; a prevenção é um conjunto de decisões coerentes ao longo de todo o cuidado.

Silicone, compressão e terapias adjuvantes possuem lugares diferentes no continuum assistencial. Recursos de menor invasividade podem integrar prevenção ou intervenção inicial em casos selecionados, enquanto medicamentos intralesionais e modalidades de energia são discutidos sobretudo diante de cicatrizes patológicas ou prevenção específica de recorrência. A literatura contém estudos favoráveis, mas apresenta heterogeneidade de protocolos, sítios e métodos de avaliação. Portanto, a seleção deve considerar objetivo, experiência profissional, tolerância, custo, fototipo e riscos. A multiplicação indiscriminada de técnicas não constitui sinônimo de tratamento mais eficiente, especialmente quando os benefícios adicionais não foram demonstrados em comparações robustas.

A qualidade da cicatrização deve ser avaliada de forma multidimensional. Aparência, relevo, pigmentação, flexibilidade, dor, prurido e repercussão psicossocial expressam aspectos diferentes da experiência do paciente. O acompanhamento longitudinal ajuda a distinguir alterações transitórias de trajetórias patológicas e a reconhecer recorrências tardias. Fotografias padronizadas, escalas clínicas e relatos dos pacientes são complementares, não substitutos perfeitos uns dos outros. A comunicação dos limites de cada instrumento evita que ganho em um indicador seja descrito como normalização integral da arquitetura dérmica. Uma prevenção orientada à pessoa requer resultados seguros, relevantes e compatíveis com expectativas informadas.

As fronteiras da pesquisa molecular merecem atenção continuada. Vias FAK, TGF-β, YAP/TAZ e reguladores da matriz fornecem alvos plausíveis para estudos translacionais, mas seu significado depende de população celular, momento da reparação e local anatômico.

Inibir uma resposta profibrótica pode interferir em funções necessárias à cicatrização normal; por isso, segurança e efeito funcional precisam ser estudados conjuntamente. Marcadores identificados em queloides existentes não demonstram, por si só, capacidade de prever lesões futuras. Estudos prospectivos que relacionem microambiente mecânico, fenótipo fibroblástico, características da ferida e desfechos clínicos são necessários antes de atribuir utilidade rotineira a testes moleculares.

Conclui-se que a prevenção responsável é estratificada, longitudinal e baseada na integração entre técnica cirúrgica, biologia da reparação e necessidades do paciente. Seu êxito não deve ser definido somente pela ausência de elevação visível, mas pela preservação de conforto, flexibilidade, função e qualidade de vida. O campo se beneficiará de ensaios comparativos com critérios uniformes para diferenciar cicatrizes hipertróficas e queloides, padronização do seguimento, registro de eventos adversos e inclusão de pacientes com diferentes perfis e locais anatômicos. Enquanto não houver evidência capaz de sustentar uma estratégia universal, decisões individualizadas e transparentes oferecem caminho mais consistente para aplicar o conhecimento sobre mecanotransdução sem ultrapassar os limites das pesquisas disponíveis.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BAILEY, Justin; SCHWEHR, Megan; BEATTIE, Alexandra. Management of Keloids and Hypertrophic Scars. American Family Physician, v. 110, n. 6, p. 605–611, 2024. Disponível em: https://www.aafp.org/afp/2024/1200/keloids-hypertrophic-scars.

BERNABE, Rendell M. et al. Combining scar-modulating agents for the treatment of hypertrophic scars and keloids: A systematic review. Journal of Plastic, Reconstructive & Aesthetic Surgery, v. 88, p. 125–140, 2024. DOI: 10.1016/j.bjps.2023.10.065.

COMPRESSION Therapy for Keloid Scars: A Systematic Review and Meta-analysis. Plastic and Reconstructive Surgery – Global Open, v. 12, n. 6, e5864, 2024. DOI: 10.1097/GOX.0000000000005864.

FANG, Xiaowan et al. Hypertrophic Scarring and Keloids: Epidemiology, Molecular Pathogenesis, and Therapeutic Interventions. MedComm, v. 6, n. 10, e70381, 2025. DOI: 10.1002/mco2.70381.

JACKSON, Kierra; LEE, Alyona; AHMAD, Nabeel; NGUYEN, Harrison P. Analysis of Therapeutic Interventions for Hypertrophic and Keloid Scarring: A Systematic Review. Journal of Drugs in Dermatology, v. 24, n. 8, p. 770–776, 2025. DOI: 10.36849/JDD.8895.

VIANA DE OLIVEIRA, Gisele et al. Consensus on energy-based devices for keloids and hypertrophic scars: A Latin American Delphi study. Journal of the European Academy of Dermatology and Venereology, 2026. DOI: 10.1111/jdv.70636.

---

[1] Medicina. Pós-graduação ou subespecialidade em Cirurgia Geral. Universidad Católica Nuestra Señora de la Asunción, Paraguai. E-mail: acesse o artigo original para visualizar o e-mail