



УДК 616.31-001.4-003.92-085.8:617.52

DOI <https://doi.org/10.11603/2311-9624.2026.2.16429>

Д. В. Гречанюк

ORCID <https://orcid.org/0009-0000-2381-999X>

А. В. Бамбуляк

ORCID <https://orcid.org/0000-0002-6383-9327>

Буковинський державний медичний університет

СУЧАСНІ КОНЦЕПЦІЇ МУЛЬТИДИСЦИПЛІНАРНОГО МЕНЕДЖМЕНТУ РУБЦЕВИХ ДЕФОРМАЦІЙ ЩЕЛЕПНО-ЛИЦЕВОЇ ДІЛЯНКИ

D. V. Hrechaniuk, A. V. Bambuliak

Bukovinian State Medical University

CURRENT CONCEPTS IN THE MULTIDISCIPLINARY MANAGEMENT OF MAXILLOFACIAL CICATRICAL DEFORMITIES

ІНФОРМАЦІЯ

Електронна адреса
для листування:
bandrivsky@tdmu.edu.ua

Стаття надійшла до редакції:
10.04.2026
Схвалено до друку: 08.05.2026
Статтю опубліковано:
30.05.2026



Стаття поширюється на умовах
ліцензії відкритого доступу
(CC BY 4.0)

Ключові слова: рубцеві
деформації, щелепно-лицева
ділянка, гіпертрофічні рубці,
келоїдні рубці, лазерна абля-
ція, Er:YAG лазер, кортикосте-
роїди, мультидисциплінарний
підхід, реабілітація.

АНОТАЦІЯ

У статті представлено системний аналіз етіології, патогенезу та сучасних методів корекції рубцевих деформацій обличчя та шиї. Особливу увагу приділено молекулярним механізмам формування гіпертрофічних та келоїдних рубців. Обґрунтовано необхідність застосування мультимодального підходу, що включає фармакотерапію, фізичні методи впливу (лазерні технології, кріодеструкція) та хірургічну реконструкцію. Висвітлено специфіку реабілітації пацієнтів із рубцевими контрактурами щелепно-лицевої ділянки в контексті відновлення функцій зубощелепної системи.

Мета дослідження – систематизувати та науково обґрунтувати сучасні мультидисциплінарні підходи до діагностики, профілактики та лікування рубцевих деформацій щелепно-лицевої ділянки з метою оптимізації естетичних та функціональних результатів реабілітації пацієнтів, зокрема з бойовою травмою.

Матеріали та методи. Проведено поглиблений бібліосемантичний та аналітичний огляд сучасної фахової літератури за останні 10 років із використанням наукометричних баз даних PubMed, Scopus, Web of Science та Google Scholar. Проаналізовано міжнародні клінічні рекомендації (International Advisory Panel on Scar Management) та результати рандомізованих клінічних досліджень щодо ефективності консервативних, ін'єкційних, апаратних та хірургічних методів корекції рубців.

Результати досліджень та їх обговорення. Встановлено, що етіопатогенез гіпертрофічних та келоїдних рубців базується на дисрегуляції фази проліферації, опосередкованій гіперактивністю трансформуючого фактора росту (TGF-β) та порушенням співвідношення колагену

I/III типів. Визначено, що монотерапія рубцевих деформацій обличчя демонструє низьку клінічну ефективність. Обґрунтовано ступінчастий алгоритм терапії: застосування силіконових матеріалів та компресійної терапії для гідратації рогового шару та регуляції активності фібробластів; інтралезійне введення кортикостероїдів (тріамцінолон) та ферментних препаратів (колагеназа) для інгібування синтезу глікозаміногліканів; апаратні методи: диференційоване використання лазерних технологій на основі селективного фототермолізу (PDL 585–595 нм) для корекції васкуляризації та абляційних систем (Er:YAG 2940 нм, CO₂ 10 600 нм) для ремоделювання рельєфу шкіри (акцентовано увагу на перевагах ербієвого лазера для роботи в естетично значущих зонах обличчя завдяки високому коефіцієнту поглинання води; хірургічний етап – показаний при функціональних порушеннях (мікростомія, рубцеві контрактури, виворіт повік) із застосуванням методів місцевої пластики та ліпофілінгу.

Висновки. Ефективний менеджмент рубцевих деформацій щелепно-лицевої ділянки вимагає переходу від емпіричного лікування до патогенетично обґрунтованих комбінованих протоколів. Інтеграція зусиль стоматологів, щелепно-лицевих хірургів та комбустіологів є критично важливою для відновлення функцій зубощелепної системи (жування, артикуляції) та психосоціальної реінтеграції пацієнтів.

INFORMATION

Email address
for correspondence:
bandrivsky@tdmu.edu.ua

Received: 10.04.2026
Accepted: 08.05.2026
Published: 30.05.2026

Key words: scar deformities, maxillofacial region, hypertrophic scars, keloid scars, laser ablation, Er:YAG laser, corticosteroids, multidisciplinary approach, rehabilitation.

ABSTRACT

The paper provides a systematic review of the etiology, pathogenesis, and current management strategies for facial and cervical scar deformities. Special attention is focused on the molecular pathogenesis of hypertrophic and keloid scarring. The rationale for a multimodal therapeutic strategy, including pharmacotherapy, physical interventions (laser therapy, cryodestruction), and surgical reconstruction, is established. The study also highlights the specifics of rehabilitation for patients with maxillofacial scar contractures regarding the functional restoration of the dentofacial complex. **The aim of the study** – to systematize and scientifically substantiate modern multidisciplinary approaches to the diagnosis, prevention, and treatment of scar deformities of the maxillofacial region in order to optimize the aesthetic and functional results of patient rehabilitation, particularly those with combat trauma.

Materials and Methods. An in-depth bibliosemantic and analytical review of modern professional literature for the last 10 years was conducted using PubMed, Scopus, Web of Science, and Google Scholar databases. International clinical guidelines and results of randomized clinical trials regarding the efficacy of conservative, injection, hardware, and surgical scar correction methods were analyzed.

Results and Discussion. It was established that the etiopathogenesis of hypertrophic and keloid scars is based on the dysregulation of the proliferation phase, mediated by the hyperactivity of transforming growth factor (TGF- β) and an imbalance in the ratio of type I/III collagen. Monotherapy of facial scar deformities was found to demonstrate low clinical efficacy. A stepwise therapy algorithm was substantiated: application of silicone materials and compression therapy for hydration of the stratum corneum and regulation of fibroblast activity; intralesional injection of corticosteroids (triamcinolone) and enzymatic preparations (collagenase) to inhibit glycosaminoglycan synthesis; differentiated use of laser technologies based on selective photothermolysis (PDL 585–595 nm) for vascularization correction and ablative systems for skin relief remodeling (the advantages of the Erbium laser (for treating aesthetically significant facial zones due to its high water absorption coefficient are emphasized); surgical stage – indicated for functional impairments (microstomia, scar contractures, ectropion) using local plasty methods and lipofilling.

Conclusions. Effective management of scar deformities in the maxillofacial region requires a shift from empirical treatment to pathogenetically substantiated combined protocols. The integration of efforts by dentists, maxillofacial surgeons, and combustologists is critical for restoring the functions of the dentofacial system (mastication, articulation) and the psychosocial reintegration of patients.

Вступ. Травматичні пошкодження щелепно-лицевої ділянки (ЩЛД), зумовлені як побутовим травматизмом, так і зростанням кількості бойових травм внаслідок військових конфліктів, залишаються однією з актуальних проблем сучасної хірургічної стоматології та комбустіології [1]. Рубцеві деформації обличчя не лише спричиняють виражений естетичний дефіцит, що призводить до соціальної стигматизації та психологічної дезадаптації пацієнтів, але й викликають тяжкі функціональні розлади. Обмеження відкривання рота (мікростомія), порушення артикуляції, жувальної ефективності, а також вторинні деформації прикусу та захворювання пародонту внаслідок натягу м'яких тканин вимагають залучення до реабілітаційного процесу мультидисциплінарної команди фахівців [2].

У контексті патології обличчя, де естетичний дефект часто корелює з рівнем психосоціальної дезадаптації, саме показники шкали POSAS демонструють найвищу кореляцію з якістю життя пацієнта (Quality of Life). Комплексне використання VSS та POSAS дозволяє клініцисту не лише визначити ступінь тяжкості рубцевої деформації на базовому рівні, але й здійснювати динамічний моніторинг ефективності лікування, розглядаючи зниження сумарного балу, як критерій успішності терапії.

Мета дослідження – систематизувати та науково обґрунтувати сучасні мультидисциплінарні підходи до діагностики, профілактики та лікування рубцевих деформацій щелепно-лицевої ділянки з метою оптимізації естетичних та функціональних результатів реабілітації пацієнтів, зокрема з бойовою травмою.

Матеріали та методи дослідження. Проведено поглиблений бібліосемантичний та аналітичний огляд фахової літератури за методологією, що базується на принципах PRISMA. Формулювання дослідницького питання здійснювалося за критеріями PICO: популяція (P) – пацієнти з рубцевими деформаціями (гіпертрофічними, келоїдними, атрофічними) щелепно-лицевої ділянки, зокрема внаслідок бойової травми; втручання (I) – консервативні, ін'єкційні, апаратні та хірургічні методи корекції; порівняння (C) – стандартні протоколи лікування або відсутність втручання; результати (O) – функціональне та естетичне відновлення,

оцінене за валідованими шкалами. Критерії включення в огляд: рандомізовані клінічні дослідження (РКД), систематичні огляди, мета-аналізи та міжнародні клінічні настанови (International Advisory Panel on Scar Management) за останні 10 років (2014–2024 pp.), написані англійською або українською мовами, з рівнем доказовості не нижче В за Оксфордською шкалою. Критерії виключення: описи поодиноких клінічних випадків (case reports), дослідження *in vitro*, тези конференцій, статті без доступу до повного тексту та дослідження рубцевих процесів поза межами щелепно-лицевої ділянки. Пошук літератури здійснювався у базованих наукометричних базах даних PubMed, Scopus, Web of Science та Google Scholar із використанням комбінації ключових слів (MeSH): “maxillofacial scars”, “combat face trauma”, “keloid”, “hypertrophic scar”, “scar management”, “VSS”, “POSAS” у поєднанні з булевими операторами AND та OR. Відбір публікацій та оцінка їхньої методологічної якості проводилися задля мінімізації систематичної упередженості.

Результати дослідження та їх обговорення. Розуміння біологічних механізмів загоєння рани є ключем до вибору адекватної терапії. Процес рубцювання проходить три фази: запалення, проліферацію та ремоделювання. Патологічні рубці (гіпертрофічні та келоїдні) виникають внаслідок дисрегуляції фази проліферації та ремоделювання. Ключову роль у цьому процесі відіграють фібробласти та міофібробласти, гіперактивність яких стимулюється трансформуючим фактором росту бета (TGF- β), особливо його ізоформою TGF- β 1. Це призводить до надмірного синтезу екстрацелюлярного матриксу (ECM) та порушення співвідношення колагену I та III типів (у нормі 4:1, у келоїдах може сягати 20:1). Дисбаланс між матриксними металопротеїназами (MMPs) та їх тканинними інгібіторами (TIMPs) унеможливорює адекватний апоптоз клітин та резорбцію надлишкової тканини [3].

Фундаментальною проблемою клінічної оцінки рубцевих деформацій тривалий час залишалася суб'єктивність інтерпретації морфологічних змін, що суттєво ускладнювало порівняльний аналіз ефективності різних терапевтичних протоколів. Враховуючи поліморфізм рубцевої тканини щелепно-лицевої ділянки, емпіричний підхід до оцінки

є неприпустимим. Тому перед верифікацією тактики лікування (therapeutic decision-making) необхідна суворі об'єктивізація патологічного процесу за допомогою валідованих на міжнародному рівні психометричних інструментів, що дозволяють трансформувати якісні характеристики рубця у кількісні показники.

«Золотим стандартом» у світовій комбустіології та пластичній хірургії визнано Ванкуверську шкалу оцінки рубців (Vancouver Scar Scale – VSS) [4]. Даний діагностичний інструмент базується на напівкількісній оцінці чотирьох ключових фізичних параметрів, що відображають патоморфологічну структуру рубця. По-перше, оцінюється васкуляризація (від нормального кольору до вираженої пурпурної еритеми), що є прямим клінічним маркером активності ангиогенезу та запального процесу в дермі. По-друге, визначається стан пігментації (гіпо-, гіпер- або змішана пігментація), що вказує на стан меланоцитарної системи. Третім параметром є еластичність (pliability), яка характеризує біомеханічні властивості колагенового каркасу та ступінь контрактури, що є критично важливим для прогнозування рухливості тканин у періоріальній ділянці. Четвертий параметр – висота рубцевої тканини над рівнем здорової шкіри, що дозволяє диференціювати гіпертрофічні процеси. Незважаючи на універсальність, VSS має суттєвий недолік – вона фокусується виключно на об'єктивних ознаках, ігноруючи сенсорні розлади пацієнта.

Для нівелювання цього недоліку в сучасний діагностичний протокол імплементовано Шкалу оцінки рубців пацієнтом і спостерігачем (Patient and Observer Scar Assessment Scale – POSAS) [5]. Її унікальність полягає у дуалістичному підході, який визнає паритетність лікарської оцінки та суб'єктивного сприйняття пацієнтом свого стану. Окрім стандартних метричних параметрів, шкала «Спостерігач» (Observer) доповнює VSS оцінкою рельєфу поверхні та площі ураження. Проте найбільшу клінічну цінність становить субшкала «Пацієнт» (Patient), яка об'єктивізує такі симптоми як больовий синдром, інтенсивність свербіжу (pruritus), відчуття стягнутості та парестезії, а також загальну задоволеність естетичним виглядом.

Особливої уваги в сучасних реаліях потребує менеджмент рубцевих деформацій, індукованих бойовою травмою. Специфіка мінно-вибухових та вогнепальних поранень щелепно-лицевої ділянки полягає у масивному розтрощенні тканин, первинному інфікуванні, наявності сторонніх тіл та вираженому порушенні мікроциркуляції, що експоненційно підвищує ризик патологічного рубцювання та формування стійких контрактур [1, 2]. Діагностичний алгоритм

при бойовій травмі, окрім застосування шкал VSS та POSAS, має обов'язково включати оцінку функціонального дефіциту (ступінь мікростомії, рубцеві виворіти повік, обмеження рухів нижньої щелепи), що безпосередньо визначає ургентність хірургічного втручання. Профілактика патологічного рубцювання, згідно з сучасними мультидисциплінарними протоколами, має розпочинатися вже на етапі первинної хірургічної обробки рани. Вона полягає у прецизійному зіставленні країв рани без натягу з урахуванням ліній Лангера (RSTL), адекватному дренированні та ранньому (з моменту повної епітелізації, зазвичай на 10-14 добу) призначенні силіконових препаратів і компресійної терапії. Своєчасний превентивний вплив на судинний компонент рубця дозволяє суттєво знизити ризик келоїдоутворення у пацієнтів з бойовими ураженнями [7, 9].

Корекція рубцевих змін шкіри обличчя залишається однією з найбільш складних проблем сучасної естетичної медицини. Це зумовлено, як труднощами у виборі найбільш ефективного терапевтичного підходу, так і необхідністю прогнозування тривалості лікування, а також обов'язковим урахуванням індивідуальних особливостей пацієнта [6]. Існуючі методи корекції мають, як переваги, так і певні недоліки, що зумовлює необхідність застосування комплексного підходу для досягнення максимально вираженого естетичного результату. Більшість науковців, які спеціалізуються на проблемі усунення рубцевих деформацій, дотримуються думки, що саме комбінована терапія дозволяє отримати найбільш сприятливі результати. При цьому одним із ключових аспектів успішного лікування є розробка індивідуального терапевтичного алгоритму для кожного пацієнта з урахуванням тригерних факторів і клінічних особливостей конкретного випадку [7].

У наукових дослідженнях низки авторів представлено декілька методів класифікації лікування рубцевих змін шкіри. Зокрема, S. Monstrey та його колеги пропонують розподіл цих методів на неінвазивні та інвазивні [7]. До неінвазивних підходів належать компресійна терапія, застосування силіконових пов'язок і гелів, а також методи з недостатньою доказовою базою, такі як використання ефірних олій, лосьйонів і кремів [8]. Крім того, до цієї групи входять масаж та психологічне консультування, спрямоване на покращення психоемоційного стану пацієнтів [6]. Інвазивні методи включають внутрішньоосередкове введення глюкокортикостероїдних препаратів, хірургічне видалення або корекцію рубцевих тканин [9]. Окрему підгрупу складають експериментальні методи, до яких відносять променеве

лікування, кріохірургічні втручання та внутрішньоосередкове введення альтернативних фармакологічних засобів.

Низка вчених [1], пропонують такі підходи: хірургічне висічення, лазерна абляція, термокоагуляція та кріодеструкція. Крім того, застосовуються ін'єкційні техніки, зокрема використання гіалуронідази, кортикостероїдів та інших фармакологічних агентів [9]. Значну увагу приділено фізіотерапевтичним методам, серед яких Буккі-терапія, лікарський форец, ультразвукова терапія та лазеротерапія [27]. Окрему групу складають альтернативні підходи, такі як: тканинна терапія, місцеве аплікаційно-мазеве лікування, компресійні пов'язки та використання силіконових пластирів [8].

Як зазначає [7], застосування консервативної терапії на ранніх етапах після ушкодження сприяє зниженню інтенсивності суб'єктивних відчуттів, обмежує утворення надлишкової рубцевої тканини та запобігає рецидивам патологічних рубців. Особливу увагу приділяють методам консервативного лікування рубцевої патології в дитячому віці, що зумовлено специфічними особливостями структури та розвитку рубцевої тканини. Зокрема, її знижена еластичність і змінені функціональні характеристики спричиняють відставання рубця в рості порівняно зі здоровими тканинами. Це, у свою чергу, підвищує ризик формування рубцевих контрактур та деформацій, а також ймовірність рецидиву патологічного рубцювання після хірургічного втручання [10].

Виходячи з вище переліченого усі наявні методи корекції рубцевих деформацій можна поділити на три основні категорії: консервативні, фізіотерапевтичні, хірургічні.

Консервативні методи корекції та модифікації рубцевих деформацій передбачають використання фармакологічних засобів, топічних препаратів та інших нехірургічних підходів для корекції патологічного процесу. В теперішній час у медичній практиці поширене застосування таких консервативних методів:

- Аплікаційне (мазь) та ін'єкційне використання препаратів на основі колагенового матриксу тваринного походження. Основним активним компонентом таких препаратів є алантоїн. Показання: профілактика та лікування нормотрофічних і свіжих гіпертрофічних рубців. Спосіб застосування: нанесення тонким шаром 2-3 рази на добу з легким втиранням, тривалість курсу від 3 до 6 місяців. Недоліки: низька клінічна ефективність при сформованих застарілих келоїдах та рубцевих контрактурах [8].

- Ферментні препарати, які застосовуються як у формі мазей, так і ін'єкцій. До їх складу входять протеолітичні ферменти, які чинять

комплексний вплив на рубцеву тканину. Зокрема, колагеназа перешкоджає надмірному синтезу колагену, гіалуронідаза сприяє розщепленню позаклітинного матриксу та покращує міграцію клітин, а хімотрипсин зменшує лейкоцитарну інфільтрацію, що в свою чергу знижує запальну реакцію та набряк. Серед найбільш відомих препаратів даної групи слід відзначити «Ферменкол» і «Ферменкол Елактін», які містять комплекс ізоферментів колагенази з молекулярною масою 23–36 кДа. Показання: гіпертрофічні рубці на стадії проліферації. Наприклад, препарати лінійки «Ферменкол». Спосіб застосування: аплікаційно 2-3 рази на добу протягом 30–40 днів, проте найвища ефективність досягається при введенні шляхом фонофорезу чи електрофорезу (розчин 0,1–0,5 мг/мл, курс 10–15 процедур). Недоліки: високий ризик місцевих алергічних реакцій, гіперемії шкіри та подразнення; процедури вимагають апаратного супроводу [24]. Клінічні дослідження свідчать про позитивний ефект у 75 % випадків, що підтверджує їхню ефективність у зменшенні вираженості рубцевих змін.

- Вітамінотерапія передбачає застосування мазей та ін'єкцій, котрі містять ретинол (вітамін А) та токоферол (вітамін Е). Її терапевтична ефективність зумовлена здатністю цих сполук гальмувати проліферацію фібробластів та знижувати рівень колагену в тканинах, що сприяє корекції патологічних рубцевих змін. Показання: допоміжна терапія для покращення еластичності епідермісу над рубцем. Спосіб застосування: аплікаційно 1-2 рази на добу тривалим курсом (до 6 міс). Недоліки: слабкий монотерапевтичний ефект, ризик контактного дерматиту при передозуванні вітаміну А [11].

- Гормональна терапія базується на використанні мазей та ін'єкцій, до складу яких входять кортикостероїди (триамцинолону ацетоніду). Механізм дії цих препаратів пов'язаний із пригніченням активності протеолітичних ферментів через стабілізацію лізосомальних мембран, а також зменшенням проліферативної активності фібробластів, що, в свою чергу, знижує синтез колагену та глікозаміногліканів. Крім того, кортикостероїди мають здатність інгібувати запальні медіатори, що сприяє зменшенню фіброзних процесів. Дослідження, проведене [12], свідчить про те, що терапія кортикостероїдами є єдиним інвазивним методом лікування, який має достатню доказову базу для включення до офіційних клінічних рекомендацій [13]. Показання: келоїдні та резистентні гіпертрофічні рубці (золотий стандарт). Спосіб застосування: ін'єкційно у товщу рубця (концентрація 10–40 мг/мл залежно від щільності тканини), 1 раз на 3-4 тижні, курсом до 4–6 ін'єкцій. Недоліки: ризик розвитку побічних

ефектів, таких як атрофія навколишніх тканин, телеангієктазії, дисхромія (гіпопигментація) та системний вплив при перевищенні дозування. Водночас, згідно з даними J. A. Ledon та співавторів, післяопераційне введення кортикостероїдів сприяє зниженню частоти рецидивів гіпертрофічних і келоїдних рубців на 50 %. Призначення таких препаратів рекомендоване, як при монотерапії, так і в комплексному підході, зокрема у поєднанні з методами фізіотерапії, такими як фонофорез та електрофорез [14].

Цитостатична терапія – ін'єкцій 5-фторурацилу та блеоміцину. Хоча механізми дії даних препаратів досі залишаються не до кінця з'ясованими, існує достатньо доказів того, що 5-фторурацил інгібує мітоз фібробластів, який зменшує інтенсивність проліферації клітин, відповідальних за формування рубцевої тканини. Показання: рефрактерні келоїдні рубці, що не піддаються гормональній терапії. Спосіб застосування: 5-ФУ вводиться внутрішньоосередково (зазвичай у концентрації 50 мг/мл) по 0,5–2 мл на сеанс, частота – 1 раз на тиждень (до 4–8 сеансів). Часто комбінується з триамцинолоном у співвідношенні 9:1 для зменшення болючості. Недоліки: виражений больовий синдром під час введення, ризик утворення виразок, локального некрозу та стійкої гіперпигментації. Відповідно до даних, представлених у дослідженнях K. Paauwviraarong з колегами [15, 16], блеоміцин характеризується високим рівнем безпеки та ефективності при корекції косметичних та гематологічних рубців, оскільки зниження синтезу колагену супроводжується інгібуванням проліферативної активності фібробластів у 80 % досліджуваних випадків. Серед можливих небажаних ефектів варто відзначити розвиток гіперпигментації. У поєднанні з внутрішньоосередковими ін'єкціями стероїдів цей метод може служити альтернативним варіантом лікування для пацієнтів, у яких існують протипоказання до інших підходів, або при лікуванні рубців, що важко піддаються стандартній терапії.

- Терапія інтерфероном. В наукових дослідженнях останніх років встановлено, що застосування α -, β - та γ -інтерферону сприяє підвищенню активності колагенази, яка в свою чергу обмежує синтез колагену типів I та III у шкірі. Цей терапевтичний підхід розглядається, як потенційна альтернатива ін'єкційній гормонотерапії, проте наразі він перебуває на стадії подальшого вивчення. Деякі наукові роботи вказують на те, що ефективність інтерферону може значно поступатися класичним системам, тоді як інші свідчать про можливість використання систематичних ін'єкцій інтерферону як альтернативного методу. Показання: профілактика рецидивів після хірургічного висічення

келоїдів. Спосіб застосування: внутрішньоосередкові ін'єкції в дозуванні 1–1,5 млн МО двічі на тиждень протягом 2–3 тижнів після операції. Недоліки: висока вартість лікування, виражений грипоподібний синдром (гарячка, міалгія) як системна побічна реакція [35].

- Пілінг. Метод пілінгу з використанням фруктових кислот та трихлороцтової кислоти базується на механізмі ексофоліації верхнього шару епідермісу, що дозволяє вирівняти рельєф рубцевої ділянки шкіри. Показання: атрофічні рубці (наприклад, постакне) та поверхневі нерівності шкіри. Спосіб застосування: нанесення ТХК (15–35 %) курсом з 3–6 процедур з інтервалом у 4 тижні. Недоліки: тривалий період реабілітації, небезпека формування вторинних гіпертрофічних рубців або післязапальної гіперпигментації при порушенні протоколу нейтралізації [17].

- Трансплантація фібробластів. Даний метод полягає у внутрішньодермальному введенні суспензії культивованих фібробластів. Ефективність цього підходу обумовлена стимулюванням проліферації фібробластів, що сприяє посиленому синтезу колагену та, як наслідок, покращенню структурної цілісності шкірного покриву. Показання: глибокі атрофічні рубці. Спосіб застосування: внутрішньодермальне ін'єкційне введення аутологічних культивованих фібробластів (близько 10–20 млн клітин на 1 мл) з інтервалом у 4 тижні (2–3 сеанси). Недоліки: висока вартість культивування, відстрочений клінічний ефект (необхідний час для синтезу нового колагену) та необхідність високотехнологічної лабораторної бази [36].

- Ботулінотерапія. Ботулінічний токсин типу А, що є нейротоксином ботулізму, продукується анаеробною спороутворювальною бактерією *Clostridium botulinum* і використовується для терапії гіперактивності м'язів міміки обличчя [18]. Показання: профілактика гіпертрофії в зонах з високою мімічною або механічною активністю (наприклад, періоральна ділянка). Спосіб застосування: ін'єкції в краї рани одразу після зняття швів (або інтраопераційно) у дозуванні 1–2 ОД на 1 см рубця. Недоліки: тимчасовий ефект (до 4–6 місяців), можливий транзиторний парез суміжних мімічних м'язів, що може призвести до тимчасової асиметрії обличчя. Сучасні дослідження демонструють, що цей токсин сприяє оптимізації процесу загоєння ран, що відкриває можливості його застосування при лікуванні гіпертрофічних рубців. За гіпотезою [19], дія ботулінічного токсину типу А в контексті гіпертрофічних рубців, пов'язана з тимчасовою денервацією гладком'язових волокон, що призводить до зниження механічної напруги в рубцевій тканині – одного з визначальних факторів інтенсивності

утворення рубців. Гіпертрофічні рубці формуються внаслідок надмірної проліферації фібробластів, які стимулюють посилену продукцію колагену, що веде до надмірного накопичення рубцевої тканини [3]. Зниження напруги в рубці завдяки дії ботулінічного токсину спричиняє поступову зміну функціонального стану місцевих фібробластів, що виражається у зменшенні їх швидкості розмноження, зниженні секреції біологічно активних медіаторів, а також обмеженні синтезу позаклітинного матриксу і колагену, що в сукупності забезпечує покращення морфологічних та функціональних характеристик гіпертрофічних рубців [20].

Фізіотерапевтичні методи, корекції та модифікації рубцевих деформацій полягають у застосуванні фізичних апаратних та мануальних впливів, спрямованих на модифікацію рубцевої тканини, зокрема:

- Силіконове покриття та компресія. На сьогоднішній день детальні механізми дії силіконового покриття та компресійної терапії залишаються предметом досліджень, проте основна їхня дія полягає у зниженні синтезу колагену через механічне стискання капілярів та рубцевої тканини. Деякі дослідники висловлюють припущення, що зменшене випаровування води разом із підтриманням оптимальної гідратації тканин може створювати сприятливі умови для регуляції процесів утворення рубців [21]. Сучасна силіконова терапія демонструє клінічно значущий ефект, що проявляється у зменшенні товщини рубця, редукції почервоіння та піддатливості, а також у покращенні еластичних властивостей рубцевої тканини; до того ж вона сприяє зниженню рівня еритеми, свербіжу та болю чи дискомфорту, що в сукупності позитивно впливає на естетичний вигляд шкіри [22]. Зокрема, дослідження [23], надало вагомі докази довгострокової ефективності використання силіконових препаратів у лікуванні дітей з опіками, при цьому не було зафіксовано суттєвих побічних ефектів у віддаленні терміни спостереження.

- Електрофорез – це методика, яка ґрунтується на проникненні лікарських засобів через шкірний бар'єр і слизові оболонки за допомогою постійного електричного струму, який сприяє їхній дифузії у глибокі шари тканин. У контексті терапії рубцевих деформацій переважно застосовують ферментні препарати, зокрема гіалуронідазу та колагеназу, які забезпечують розщеплення надлишкових білкових сполук і стимулюють процеси ремоделювання тканин [24].

- Фонофорез – це інтегрований метод фізіотерапевтичного впливу, який поєднує ультразвукове опромінення з одночасною медикаментозною терапією. Суть цієї технології полягає

в тому, що до початку сеансу ультразвукової терапії стандартний гель для забезпечення ультразвукової передачі замінюється спеціальною лікувальною речовиною, що дозволяє підвищити проникнення активних компонентів у тканини. При лікуванні рубців найчастіше використовують кортикостероїдні засоби, зокрема гідрокортизонову мазь у концентрації 1 %, яка демонструє високу ефективність у регуляції запальних процесів і модуляції фіброзних реакцій [25].

- Кріотерапія – це лікувальна методика, яка ґрунтується на використанні низьких температур та супутній реакції організму, що виникає внаслідок охолодження зовнішнього шару шкіри [26]. Зазвичай процедура виконується із застосуванням рідкого азоту, проте також застосовуються інші зріджені гази, такі як гелій, кисень і аргон. Деякі дослідники наполягають на доцільності використання кріодеструкції, як окремої терапевтичної процедури при лікуванні ГР, тоді як при лікуванні КР перевагу надають СВЧ-кріогенним методам [26]. Т. А. Mustoe зі співавторами рекомендують застосовувати цей метод у монотерапії при лікуванні невеликих рубців, а у випадках більшого обсягу рубцевих уражень – в комбінації з кортикостероїдами [13].

У лікуванні рубців виділяють два основних види кріотерапевтичного впливу:

- Кріомасаж – це поверхневе впливове оброблення шкіри та рубцевих тканин протягом 10 секунд за допомогою тампону, змоченого рідким азотом. Фізіотерапевтичний ефект методу забезпечується індукцією короткочасного судинного спазму з подальшим розширенням судин [26].

- Кріодеструкція – це метод, що полягає у глибокому заморожуванні тканин, що призводить до ушкодження судин мікроциркуляторного русла та некрозу клітин внаслідок формування мікрокристалів всередині клітинної структури [26].

- Магнітотерапія є лікувальною методикою, котра базується на використанні як високочастотних, так і низькочастотних змінних, або постійних магнітних полів для досягнення терапевтичного ефекту. Застосування даної технології сприяє інтенсифікації локального кровообігу, оптимізації обмінних процесів та стимулює активність метаболічних реакцій [27].

- Лазерна терапія – вагомою перевагою даного методу є те, що під час висічення тканин забезпечується ефект кровоспинення з мінімальним механічним ушкодженням, що, у свою чергу, сприяє зниженню надмірної запальної реакції. Найчастіше використовують неаблятивні лазерні установки, зокрема імпульсний лазер на барвниках із довжиною хвилі 585 нм (PDL), діодний лазер із довжиною

хвилі 1450 нм та неодимовий лазер на ітрій-алюмінієвому гранаті (Nd:YAG) з довжиною хвилі 1320 нм, поряд із фракційними системами, серед яких імпульсний лазер на вуглекислому газі (довжина хвилі 10600 нм) та короткоімпульсний ербієвий лазер на ітрій-алюмінієвому гранаті (Er:YAG) з довжиною хвилі 2940 нм. Механізм дії лазерів залежить від типу хромофора. Судинні лазери (PDL) діють шляхом селективного фототермолізу оксигемоглобіну, усуваючи еритему. Абляційні лазери (CO₂, Er:YAG) базуються на поглинанні енергії водою, що призводить до вапоризації рубцевої тканини та стимуляції неоколагенезу для вирівнювання рельєфу. Серед переваг лазерної терапії варто відзначити її високоточний локалізований вплив, можливість регулювання глибини проникнення, мінімальне ушкодження здорових тканин, а також щадний вплив на шкіру, який характеризується низьким ступенем опіків та коагуляції судин [28].

- Мікродермабразія – метод шліфування шкіри із застосуванням мікрокристалів оксиду алюмінію. Ця технологія сприяє усуненню поверхневих епідермальних шарів, що призводить до вирівнювання рельєфу рубцевої тканини, а також стимулює синтез колагену, що сприяє покращенню регенеративних процесів у дермі [29].

- Вакуумний масаж – ґрунтується на впливі негативного тиску, що створюється вакуумом, на тканини шкіри. Завдяки цьому посилюється локальний кровообіг, поліпшується відтік лімфи та стимулюється процес ремоделювання рубцевої тканини, що сприяє її вирівнюванню та підвищенню еластичності [30].

- NO-терапія – базується на використанні газового потоку, збагаченого оксидом азоту. Даний метод сприяє активзації мікроциркуляції у рубцевих тканинах, перебудові та нормалізації архітекtonіки колагенових волокон, а також запобігає патологічним змінам фібробластів, що можуть спричинити диспластичну трансформацію [31].

- Променева терапія/рентгенотерапія, застосовується для лікування гіпертрофічних і келоїдних рубців. Її ефект обумовлений впливом іонізуючого випромінювання, включаючи буккі-промені, на фіброласти та структуру колагенових волокон. Однак, у зв'язку з потенційною канцерогенністю іонізуючого випромінювання, використання цих методів на сьогодні суттєво обмежене.

Хірургічні методи корекції та модифікації рубцевих деформацій включають оперативні втручання, спрямовані на видалення, або корекцію патологічної рубцевої тканини з подальшим покращенням функціональних та естетичних результатів. До цієї маніпуляцій належать:

- Механічна (ротаційна) дермабразія – технологія контрольованого пошкодження шкірного покриву, який здійснюється шляхом застосування спеціалізованих абразивних інструментів, зокрема нейлонових щіток або алмазних фрез. Цей метод сприяє активзації регенеративних механізмів шкіри, стимулюючи проліферативні процеси та поступове видалення поверхневих шарів патологічно зміненої тканини рубця [32].

- Субексцизія – хірургічна методика, котра передбачає розсічення та усунення сполучнотканинних тяжів, які забезпечують патологічну фіксацію дна рубця в дермальном шарі. Цей підхід ефективний у лікуванні старих атрофічних рубців, сприяючи їхній візуальній корекції. Одним із варіантів субексцизії є пункційна ексцизія, яка використовується для усунення глибоких, клиноподібних або прямокутних атрофічних рубців шляхом локального висічення уражених ділянок шкіри [33].

- Хірургічна ексцизія – передбачає повне видалення рубцевої зміненої тканини та є методом вибору в разі, коли інші малоінвазивні терапевтичні стратегії не дають очікуваного ефекту. Застосовується переважно при гіпертрофічних та келоїдних рубцях, забезпечуючи можливість подальшої реконструкції шкірного покриву [1].

- Використання ін'єкційних біологічних наповнювачів – метод корекції атрофічних рубців, який спрямований на підняття їхнього дна та відновлення рельєфу шкіри. Як наповнювачі можуть застосовуватися біологічні матеріали такі як колаген, аутологічний жир. Для досягнення оптимального результату цей метод часто комбінують із попередньою субексцизією, що сприяє усуненню глибоких рубцевих змін. Окрему увагу слід приділити використанню сполучнотканинних алотрансплантатів, які слугують засобом для компенсації дефіциту тканин після хірургічного видалення рубцевих структур. Крім заміщення втраченого об'єму, такі трансплантати сприяють модулюванню регенераторних процесів у зоні хірургічного втручання, зменшуючи ризик формування надмірно грубої рубцевої тканини та сприяючи більш естетичному загоєнню шкіри [34].

Висновок. Лікування рубцевих деформацій обличчя є складним, стадійним процесом, що вимагає переходу від емпіричного призначення монотерапії до патогенетично обґрунтованих комбінованих протоколів. Сучасний алгоритм передбачає раннє (з моменту епітелізації) застосування силікону, своєчасну корекцію судинного компонента лазерами та, за необхідності, хірургічну реконструкцію з урахуванням естетичних зон обличчя. Інтеграція зусиль комбустіологів, пластичних хірургів та стоматологів

є запорукою успішної соціальної реабілітації пацієнта.

Перспективи подальших досліджень. Особливої уваги потребує вивчення впливу рубцевих деформацій присінка порожнини рота на

стан тканин пародонту та розробка протоколів підготовки рубцевих тканин до подальшого зубного протезування. Саме мультидисциплінарний підхід є запорукою повноцінної соціальної та професійної реабілітації пацієнтів.

Список літератури

1. Son D., Harijan A. Overview of surgical scar prevention and management. *J Korean Med Sci*. 2014. Vol. 29(6). P. 751–757. DOI: <https://doi.org/10.3346/jkms.2014.29.6.751>
2. Barone S., Bao E., Rothberg S., Palacios J. F., Smith I. T., Tanna N., Bastidas N. Scar Management in Pediatric Patients. *Medicina (Kaunas)*. 2025. Vol. 61(4). P. 553. DOI: <https://doi.org/10.3390/medicina61040553>
3. Andrews J. P., Marttala J., Macarak E., Rosenbloom J., Uitto J. Keloids: The paradigm of skin fibrosis – Pathomechanisms and treatment. *Matrix Biol*. 2016. Vol. 51. P. 37–46. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.matbio.2016.01.013>
4. Sullivan T., Smith J., Kermode J., McIver E., Courtemanche D. J. Rating the burn scar. *J Burn Care Rehabil*. 1990. Vol. 11(3). P. 256–260. URL: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/2373734/>
5. Draaijers L. J., Tempelman F. R., Botman Y. A. M., et al. The Patient and Observer Scar Assessment Scale: a reliable and feasible tool for scar evaluation. *Plast Reconstr Surg*. 2004. Vol. 113(7). P. 1960–1965. DOI: <https://doi.org/10.1097/01.prs.0000122207.28773.56>
6. Gold M. H., McGuire M., Mustoe T. A., Pusic A., Sachdev M., Waibel J., Murcia C. Updated international clinical recommendations on scar management: part 2 – algorithms for scar prevention and treatment. *Dermatol Surg*. 2014. Vol. 40(8). P. 825–831. DOI: <https://doi.org/10.1111/dsu.0000000000000050>
7. Monstrey S., Middelkoop E., Vranckx J. J., et al. Updated scar management practical guidelines: non-invasive and invasive measures. *J Plast Reconstr Aesthet Surg*. 2014. Vol. 67(8). P. 1017–1025. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.bjps.2014.04.011>
8. Sidgwick G. P., McGeorge D., Bayat A. A comprehensive evidence-based review on the role of topicals and dressings in the management of skin scarring. *Arch Dermatol Res*. 2015. Vol. 307(6). P. 461–477. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00403-015-1572-0>
9. Arno A. I., Gauglitz G. G., Barret J. P., Jeschke M. G. Up-to-date approach to manage keloids and hypertrophic scars: a useful guide. *Burns*. 2014. Vol. 40(7). P. 1255–1266. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.burns.2014.02.011>
10. Hirsch Y., Waterman C. L., Haber R. Pediatric Keloids and Review of the Efficacy of Current Treatment Modalities. *Dermatol Surg*. 2023. Vol. 49(7). P. 669–674. DOI: <https://doi.org/10.1097/DSS.00000000000003815>
11. Khoosal D., Goldman R. D. Vitamin E for treating children's scars. *Can Fam Physician*. 2006. Vol. 52(7). P. 855–856. URL: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC1781083/>
12. Morelli Coppola M., Salzillo R., Segreto F., Persichetti P. Triamcinolone acetonide intralesional injection for the treatment of keloid scars: patient selection and perspectives. *Clin Cosmet Investig Dermatol*. 2018. Vol. 11. P. 387–396. DOI: <https://doi.org/10.2147/CCID.S133672>
13. Mustoe T. A., Cooter R. D., Gold M. H., et al. International clinical recommendations on scar management. *Plast Reconstr Surg*. 2002. Vol. 110(2). P. 560–571. DOI: <https://doi.org/10.1097/00006534-200208000-00031>
14. Ledon J. A., Savas J., Franca K., et al. Intralesional corticosteroids for keloids and hypertrophic scars: a review. *Dermatol Surg*. 2013. Vol. 39(12). P. 1745–1757. DOI: <https://doi.org/10.1111/dsu.12346>
15. Payapvipapong K., Niumpradit N., Piriyanand C., Buranaphalin S., Nakakes A. The treatment of keloids and hypertrophic scars with intralesional bleomycin in skin of color. *J Cosmet Dermatol*. 2015. Vol. 14(1). P. 83–90. DOI: <https://doi.org/10.1111/jocd.12132>
16. Payapvipapong K., Niumpradit N., Piriyanand C., Buranaphalin S., Nakakes A. The efficacy of intralesional bleomycin in the treatment of keloids and hypertrophic scars: a prospective clinical trial. *J Med Assoc Thai*. 2015. Vol. 98(2). P. 153–159. URL: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/25842795/>
17. Al-Waiz M. M., Al-Sharqi A. I. Medium-depth chemical peels in the treatment of acne scars in dark-skinned individuals. *Dermatol Surg*. 2002. Vol. 28(5). P. 383–387. DOI: <https://doi.org/10.1046/j.1524-4725.2002.01081.x>
18. Xiao Z., Zhang F., Cui Z. Treatment of hypertrophic scars with intralesional botulinum toxin type A injections: a preliminary report. *Aesthetic Plast Surg*. 2009. Vol. 33(3). P. 409–412. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00266-009-9334-z>
19. Ogawa R. The most current algorithms for the treatment and prevention of hypertrophic scars and keloids. *Plast Reconstr Surg*. 2010. Vol. 125(2). P. 557–568. DOI: <https://doi.org/10.1097/PRS.0b013e3181c82dd5>
20. Jeong H. S., Lee B. H., Sung H. M., et al. Effect of botulinum toxin type A on differentiation of fibroblasts derived from hypertrophic scar. *Plast Reconstr Surg*. 2015. Vol. 136(2). P. 171e–178e. DOI: <https://doi.org/10.1097/PRS.0000000000001438>
21. Bleasdale B., Finnegan S., Murray K., Kelly S., Percival S. L. The use of silicone adhesives for scar reduction. *Adv Wound Care (New Rochelle)*. 2015. Vol. 4(7). P. 422–430. DOI: <https://doi.org/10.1089/wound.2015.0625>
22. Puri N., Talwar A. The efficacy of silicone gel for the treatment of hypertrophic scars and keloids. *J Cutan Aesthet Surg*. 2009. Vol. 2(2). P. 104–106. DOI: <https://doi.org/10.4103/0974-2077.58527>
23. Wiseman J., Ware R. S., Simons M., McPhail S., Kimble R., Dotta A., Tyack Z. Effectiveness of topical silicone gel and pressure garment therapy for burn scar prevention and management in children: a randomized controlled trial. *Clin Rehabil*. 2020. Vol. 34(1). P. 120–131. DOI: <https://doi.org/10.1177/0269215519877516>
24. Viera M. H., Amini S., Valins W., Berman B. Innovative therapies in the treatment of keloids and hypertrophic scars. *J Clin Aesthet Dermatol*. 2010. Vol. 3(5). P. 20–26.
25. Byl N. N., McKenzie A., Wong T., West J., Hunt T. K. Incisional wound healing: a controlled study of low and high dose ultrasound. *J Orthop Sports Phys Ther*. 1993. Vol. 18(5). P. 619–628. DOI: <https://doi.org/10.2519/jospt.1993.18.5.619>
26. Zouboulis C. C., Blume U., Büttner P., Orfanos C. E. Outcomes of cryosurgery in keloids and hypertrophic scars: a prospective consecutive trial of case series.

- Arch Dermatol.* 1993. Vol. 129(9). P. 1146–1151. URL: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/8363398/>
27. Kazemeini S., Nadeem-Tariq A., Hajian P., Anil B., Easterly J., Sraa K., Pokharel S., Metellus R., Kazemeini M. Hypertrophic and Keloid Scar Management: Advances in Diagnosis, Perioperative Care, and Anesthetic Modulation. *Cureus.* 2025. Vol. 17(7). P. e88810. DOI: <https://doi.org/10.7759/cureus.88810>
 28. Khatri K. A., Mahoney D. L., McCartney M. J. Laser scar revision: A review. *J Cosmet Laser Ther.* 2011. Vol. 13(2). P. 54–62. DOI: <https://doi.org/10.3109/14764172.2011.564625>
 29. El-Domyati M., Hosam W., Abdel-Azim E., Abdel-Wahab H., Mohamed E. Microdermabrasion: a clinical, histometric, and histopathologic study. *J Cosmet Dermatol.* 2016. Vol. 15(4). P. 503–513. DOI: <https://doi.org/10.1111/jocd.12252>
 30. Moortgat P., Anthonissen M., Meirte J., Van Daele U., Maertens K. The physical and physiological effects of vacuum massage on the different skin layers: a current status of the literature. *Burns Trauma.* 2016. Vol. 4. P. 34. DOI: <https://doi.org/10.1186/s41038-016-0053-9>
 31. Arndt S., Unger P., Wacker E., et al. Cold atmospheric plasma (CAP) changes gene expression of key molecules of the wound healing machinery and improves wound healing in vitro and in vivo. *PLoS One.* 2013. Vol. 8(11). P. e79325. DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0079325>
 32. Harmon C. B. Dermabrasion. *Dermatol Clin.* 2001. Vol. 19(3). P. 439–452. DOI: [https://doi.org/10.1016/s0733-8635\(05\)70284-9](https://doi.org/10.1016/s0733-8635(05)70284-9)
 33. Orentreich D. S., Orentreich N. Subcutaneous incisionless (subcision) surgery for the correction of depressed scars and wrinkles. *Dermatol Surg.* 1995. Vol. 21(6). P. 543–549. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1524-4725.1995.tb00259.x>
 34. Klinger M., Marra A., Vigo D., et al. Fat injection for cases of severe burn outcomes: a new perspective of scar remodeling and reduction. *Aesthetic Plast Surg.* 2008. Vol. 32(3). P. 465–469. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00266-008-9122-1>
 35. Larrabee W. F., East C. A., Jaffe H. S., Stephenson C., Peterson K. E. Intralesional Interferon Gamma Treatment for Keloids and Hypertrophic Scars. *Arch Otolaryngol Head Neck Surg.* 1990. Vol. 116(10). P. 1159–1162. doi:10.1001/archotol.1990.01870100053011
 36. Munavalli G. S., Smith S., Maslowski J. M., Weiss R. A. Successful treatment of depressed, distensible acne scars using autologous fibroblasts: a multi-site, prospective, double blind, placebo-controlled clinical trial. *Dermatol Surg.* 2013. Vol. 39(8). P. 1226–36. doi: 10.1111/dsu.12204
- ## References
1. Son, D., & Harijan, A. (2014). Overview of surgical scar prevention and management. *Journal of Korean Medical Science*, 29(6), 751–757. <https://doi.org/10.3346/jkms.2014.29.6.751>
 2. Barone, S., Bao, E., Rothberg, S., Palacios, J. F., Smith, I. T., Tanna, N., & Bastidas, N. (2025). Scar management in pediatric patients. *Medicina*, 61(4), 553. <https://doi.org/10.3390/medicina61040553>
 3. Andrews, J. P., Marttala, J., Macarak, E., Rosenbloom, J., & Uitto, J. (2016). Keloids: The paradigm of skin fibrosis – pathomechanisms and treatment. *Matrix Biology*, 51, 37–46. <https://doi.org/10.1016/j.matbio.2016.01.013>
 4. Sullivan, T., Smith, J., Kermod, J., McIver, E., & Courtemanche, D. J. (1990). Rating the burn scar. *Journal of Burn Care & Rehabilitation*, 11(3), 256–260. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/2373734/>
 5. Draaijers, L. J., Tempelman, F. R., Botman, Y. A. M., et al. (2004). The patient and observer scar assessment scale: A reliable and feasible tool for scar evaluation. *Plastic and Reconstructive Surgery*, 113(7), 1960–1965. <https://doi.org/10.1097/01.prs.0000122207.28773.56>
 6. Gold, M. H., McGuire, M., Mustoe, T. A., Pusic, A., Sachdev, M., Waibel, J., Murcia, C., & International Advisory Panel on Scar Management. (2014). Updated international clinical recommendations on scar management: Part 2—algorithms for scar prevention and treatment. *Dermatologic Surgery*, 40(8), 825–831. <https://doi.org/10.1111/dsu.0000000000000050>
 7. Monstrey, S., Middelkoop, E., Vranckx, J. J., et al. (2014). Updated scar management practical guidelines: Non-invasive and invasive measures. *Journal of Plastic, Reconstructive & Aesthetic Surgery*, 67(8), 1017–1025. <https://doi.org/10.1016/j.bjps.2014.04.011>
 8. Sidgwick, G. P., McGeorge, D., & Bayat, A. (2015). A comprehensive evidence-based review on the role of topicals and dressings in the management of skin scarring. *Archives of Dermatological Research*, 307(6), 461–477. <https://doi.org/10.1007/s00403-015-1572-0>
 9. Arno, A. I., Gauglitz, G. G., Barret, J. P., & Jeschke, M. G. (2014). Up-to-date approach to manage keloids and hypertrophic scars: A useful guide. *Burns*, 40(7), 1255–1266. <https://doi.org/10.1016/j.burns.2014.02.011>
 10. Hirsch, Y., Waterman, C. L., & Haber, R. (2023). Pediatric keloids and review of the efficacy of current treatment modalities. *Dermatologic Surgery*, 49(7), 669–674. <https://doi.org/10.1097/DSS.0000000000003815>
 11. Khoosal, D., & Goldman, R. D. (2006). Vitamin E for treating children's scars. *Canadian Family Physician*, 52(7), 855–856. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC1781083/>
 12. Morelli Coppola, M., Salzillo, R., Segreto, F., & Persichetti, P. (2018). Triamcinolone acetonide intralesional injection for the treatment of keloid scars: Patient selection and perspectives. *Clinical, Cosmetic and Investigational Dermatology*, 11, 387–396. <https://doi.org/10.2147/CCID.S133672>
 13. Mustoe, T. A., Cooter, R. D., Gold, M. H., et al. (2002). International clinical recommendations on scar management. *Plastic and Reconstructive Surgery*, 110(2), 560–571. <https://doi.org/10.1097/00006534-200208000-00031>
 14. Ledon, J. A., Savas, J., Franca, K., et al. (2013). Intralesional corticosteroids for keloids and hypertrophic scars: A review. *Dermatologic Surgery*, 39(12), 1745–1757. <https://doi.org/10.1111/dsu.12346>
 15. Payapvipapong, K., Niumpradit, N., Piriyanand, C., Buranaphalin, S., & Nakakes, A. (2015). The treatment of keloids and hypertrophic scars with intralesional bleomycin in skin of color. *Journal of Cosmetic Dermatology*, 14(1), 83–90. <https://doi.org/10.1111/jocd.12132>
 16. Payapvipapong, K., Niumpradit, N., Piriyanand, C., Buranaphalin, S., & Nakakes, A. (2015). The efficacy of intralesional bleomycin in the treatment of keloids and hypertrophic scars: A prospective clinical trial. *Journal of the Medical Association of Thailand*, 98(2), 153–159. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/25842795/>

17. Al-Waiz, M. M., & Al-Sharqi, A. I. (2002). Medium-depth chemical peels in the treatment of acne scars in dark-skinned individuals. *Dermatologic Surgery*, 28(5), 383–387. <https://doi.org/10.1046/j.1524-4725.2002.01081.x>
18. Xiao, Z., Zhang, F., & Cui, Z. (2009). Treatment of hypertrophic scars with intralesional botulinum toxin type A injections: A preliminary report. *Aesthetic Plastic Surgery*, 33(3), 409–412. <https://doi.org/10.1007/s00266-009-9334-z>
19. Ogawa, R. (2010). The most current algorithms for the treatment and prevention of hypertrophic scars and keloids. *Plastic and Reconstructive Surgery*, 125(2), 557–568. <https://doi.org/10.1097/PRS.0b013e3181c82dd5>
20. Jeong, H. S., Lee, B. H., Sung, H. M., et al. (2015). Effect of botulinum toxin type A on differentiation of fibroblasts derived from hypertrophic scar. *Plastic and Reconstructive Surgery*, 136(2), 171e–178e. <https://doi.org/10.1097/PRS.0000000000001438>
21. Bleasdale, B., Finnegan, S., Murray, K., Kelly, S., & Percival, S. L. (2015). The use of silicone adhesives for scar reduction. *Advances in Wound Care*, 4(7), 422–430. <https://doi.org/10.1089/wound.2015.0625>
22. Puri, N., & Talwar, A. (2009). The efficacy of silicone gel for the treatment of hypertrophic scars and keloids. *Journal of Cutaneous and Aesthetic Surgery*, 2(2), 104–106. <https://doi.org/10.4103/0974-2077.58527>
23. Wiseman, J., Ware, R. S., Simons, M., McPhail, S., Kimble, R., Dotta, A., & Tyack, Z. (2020). Effectiveness of topical silicone gel and pressure garment therapy for burn scar prevention and management in children: A randomized controlled trial. *Clinical Rehabilitation*, 34(1), 120–131. <https://doi.org/10.1177/0269215519877516>
24. Viera, M. H., Amini, S., Valins, W., & Berman, B. (2010). Innovative therapies in the treatment of keloids and hypertrophic scars. *Journal of Clinical and Aesthetic Dermatology*, 3(5), 20–26.
25. Byl, N. N., McKenzie, A., Wong, T., West, J., & Hunt, T. K. (1993). Incisional wound healing: A controlled study of low and high dose ultrasound. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*, 18(5), 619–628. <https://doi.org/10.2519/jospt.1993.18.5.619>
26. Zouboulis, C. C., Blume, U., Büttner, P., & Orfanos, C. E. (1993). Outcomes of cryosurgery in keloids and hypertrophic scars: A prospective consecutive trial of case series. *Archives of Dermatology*, 129(9), 1146–1151. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/8363398/>
27. Kazemeini, S., Nadeem-Tariq, A., Hajian, P., Anil, B., Easterly, J., Sraa, K., Pokharel, S., Metellus, R., & Kazemeini, M. (2025). Hypertrophic and keloid scar management: Advances in diagnosis, perioperative care, and anesthetic modulation. *Cureus*, 17(7), e88810. <https://doi.org/10.7759/cureus.88810>
28. Khatri, K. A., Mahoney, D. L., & McCartney, M. J. (2011). Laser scar revision: A review. *Journal of Cosmetic and Laser Therapy*, 13(2), 54–62. <https://doi.org/10.3109/14764172.2011.564625>
29. El-Domyati, M., Hosam, W., Abdel-Azim, E., Abdel-Wahab, H., & Mohamed, E. (2016). Microdermabrasion: A clinical, histometric, and histopathologic study. *Journal of Cosmetic Dermatology*, 15(4), 503–513. <https://doi.org/10.1111/jocd.12252>
30. Moortgat, P., Anthonissen, M., Meirte, J., Van Daele, U., & Maertens, K. (2016). The physical and physiological effects of vacuum massage on the different skin layers: A current status of the literature. *Burns & Trauma*, 4, 34. <https://doi.org/10.1186/s41038-016-0053-9>
31. Arndt, S., Unger, P., Wacker, E., et al. (2013). Cold atmospheric plasma (CAP) changes gene expression of key molecules of the wound healing machinery and improves wound healing in vitro and in vivo. *PLoS One*, 8(11), e79325. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0079325>
32. Harmon, C. B. (2001). Dermabrasion. *Dermatologic Clinics*, 19(3), 439–442. [https://doi.org/10.1016/s0733-8635\(05\)70284-9](https://doi.org/10.1016/s0733-8635(05)70284-9)
33. Orentreich, D. S., & Orentreich, N. (1995). Subcutaneous incisionless (subcision) surgery for the correction of depressed scars and wrinkles. *Dermatologic Surgery*, 21(6), 543–549. <https://doi.org/10.1111/j.1524-4725.1995.tb00259.x>
34. Klinger, M., Marra, A., Vigo, D., et al. (2008). Fat injection for cases of severe burn outcomes: A new perspective of scar remodeling and reduction. *Aesthetic Plastic Surgery*, 32(3), 465–469. <https://doi.org/10.1007/s00266-008-9122-1>
35. Larrabee, W. F., East C. A., Jaffe, H. S., Stephenson C., Peterson K. E. (1990) Intralesional Interferon Gamma Treatment for Keloids and Hypertrophic Scars. *Arch Otolaryngol Head Neck Surg.*, 116(10), 1159–1162. doi: 10.1001/archotol.1990.01870100053011
36. Munavalli, G. S., Smith, S., Maslowski, J. M., Weiss, R. A. (2013). Successful treatment of depressed, distensible acne scars using autologous fibroblasts: a multi-site, prospective, double blind, placebo-controlled clinical trial. *Dermatol Surg.* 39(8), 1226-36. doi: 10.1111/dsu.12204