

Інше

Гараєва Анастасія Олексіївна

косметолог, незалежний дослідник

(Київ, Україна)

ІННОВАЦІЙНИЙ КОСМЕТОЛОГІЧНИЙ ПРОТОКОЛ SKIN RECODE THERAPY У КОМПЛЕКСНІЙ РЕАБІЛІТАЦІЇ ШКІРИ В ПАЦІЄНТІВ ІЗ ПОСТАКНЕ

***Анотація.** Проблематика рубців постакне та постзапальної гіперпигментації (PIH) у сучасній дерматологічній та естетичній практиці характеризується поєднанням високої поширеності та вираженого психосоціального тягара, при цьому залишається сферою недостатньої уніфікації та стандартизації терапевтичних підходів. Відсутність єдиних протоколів ведення пацієнтів із постакне негативно позначається на їх психосоціальному благополуччі та ускладнює відтворюваність клінічних результатів. За таких умов особливої актуальності набуває науково обґрунтована оцінка комплексних багаторічних протоколів, орієнтованих як на купірування активного акне, так і на послідовну корекцію його наслідків. Метою поданого дослідження є теоретичне та клініко-практичне обґрунтування ефективності комплексного косметологічного протоколу Skin Recode Therapy (SRT), призначеного для поетапного лікування активного акне легкого–середнього ступеня тяжкості (GEA Grade II) з подальшою цілеспрямованою корекцією проявів постакне.*

Методологічною основою дослідження слугує аналіз клінічного випадку, що інтегрує оцінку біофізичних механізмів, які визначають синергічну взаємодію хімічного прекодиціонування, фотобіомодуляції (LED-терапії) та фракційного лазерного впливу. Детально розглядається

динаміка поетапної реабілітації 34-річної пацієнтки, для якої було реалізовано чотирифазний протокол, логічним завершенням якого виступила методика SRT, що являє собою біоміметичну постлазерну терапію з використанням пептидовмісних композицій, кріо-ритуалу та комбінованої LED-експозиції (червоний та інфрачервоний діапазони). За результатами шестимісячного спостереження зафіксовано зниження кількості запальних елементів на 90% у поєднанні з вираженим освітленням вогнищ постзапальної гіперпигментації, а також суттєве поліпшення показників індексу якості життя (DLQI). Показано, що ключовою ланкою протоколу є SRT, яка виконує критичну функцію у зниженні частоти та вираженості постлазерних ускладнень (набряк, PИH) та в індукції контрольованого неколагенезу. Отримані дані мають значущу практичну цінність для дерматологів, естетичних хірургів і фахівців, що розробляють комбіновані протоколи в галузі регенеративної косметології, оскільки демонструють потенціал багатоетапного, біофізично обґрунтованого підходу до ведення пацієнтів з акне та постакне.

Ключові слова: постакне, Skin Recode Therapy, Фракційний CO2-лазер, Фотобіомодуляція, Біоміметичні пептиди, Постзапальна гіперпигментація, Комплексна терапія, GEA Grade II, Якість життя, Регенерація шкіри.

Вступ. Вугрі звичайні (Acne vulgaris) належать до числа найбільш поширених хронічних запальних дерматозів і, за даними епідеміологічних досліджень, зустрічаються приблизно в більшій частині осіб підліткового та молодого дорослого віку [1]. Однак клінічно та психосоціально найбільше значення мають не стільки самі прояви активних вугрів, скільки їх віддалені наслідки — рубці постакне та постзапальна гіперпигментація (PИH), що формуються в значної частки пацієнтів. За даними систематичних

оглядів, різні варіанти рубцевих змін шкіри виявляються до у 53.2% пацієнтів з акне, що підкреслює масштаб проблеми та її стійкий внесок у зниження якості життя [2; 3].

Психосоціальний тягар, асоційований з рубцями постакне, часто недооцінюється в клінічній практиці та потребує комплексного міждисциплінарного осмислення. Сучасні літературні дані вказують на те, що рубці постакне слід розглядати як самостійну нозологічну сутність, відмінну від активної фази захворювання та таку, що має власний патопсихологічний профіль [2, 3]. Вони асоційовані з вираженим психологічним дистресом, зниженням самооцінки, формуванням негативного образу тіла та тенденцією до соціального уникнення [4; 5]. Наявність рубцевих змін безпосередньо корелює з вищими значеннями за шкалами дерматологічного індексу якості життя (DLQI) та оціночними інструментами тяжкості акне (CADI, IGA) [4-6]. Додатковим обтяжуючим фактором виступає характерне для пацієнтів з постакне відчуття жалю з приводу відстроченого або недостатньо агресивного лікування активної фази захворювання, що ретроспективно підсилює емоційне напруження та переживання втрачених можливостей профілактики рубцювання [4; 5]. У сукупності це робить розробку протоколів, які забезпечують раннє та ефективне управління як запальним процесом, так і його структурними наслідками, пріоритетним завданням сучасної естетичної дерматології [10-13].

Патогенез формування рубців постакне пов'язаний з порушенням фізіологічних механізмів загоєння ран, що виникають на тлі глибокого дермального запалення. Ключове значення має дисбаланс між активністю матриксних металопротеїназ (MMPs) і тканинних інгібіторів металопротеїназ (TIMPs), а також дизрегуляція сигнального шляху трансформувального фактора росту $\beta 1$ (TGF- $\beta 1$). Зазначені зміни призводять до аберантного ремоделювання дермального матриксу,

порушення архітектоніки колагенових та еластичних волокон і формування атрофічних або, рідше, гіпертрофічних рубців [2; 3]. У пацієнтів із підвищеною схильністю до гіперпигментації запальний каскад виступає ключовим тригером активації меланоцитів, що сприяє розвитку стійкої постзапальної гіперпигментації. Ефективна реабілітаційна стратегія в цьому контексті має одночасно вирішувати завдання контрольованого неколагенезу та тонкої модуляції запальної й пігментаційної відповідей, мінімізуючи ризик вторинних естетичних дефектів [2; 5].

Сучасні терапевтичні підходи до лікування наслідків постакне включають широкий спектр втручань: хімічні пілінги, мікронідлінг, ін'єкційні наповнювачі, а також різні види енергетичних пристроїв [2; 3; 9; 13]. Серед останніх фракційний CO₂-лазер (FCLT) розглядається як загальноприйнятий найбільш придатний варіант при корекції атрофічних рубців, оскільки його дія ґрунтується на створенні зон контрольованої абляції та термічного ушкодження, що ініціюють виражену репаративну відповідь з активацією фібробластів і синтезом нового колагену [8; 9].

Попри доведену ефективність окремих технологій, їх комбіноване застосування стикається з низкою принципових проблем. Відсутність єдиного стандартизованого протоколу, який міг би розглядатися як Gold Standard для різних фенотипів рубцювання, ускладнює співставність результатів і вибір оптимальної тактики для конкретного пацієнта [8; 10-13]. Гетерогенність дизайну клінічних досліджень, відмінності в параметрах процедур та відсутність уніфікованого набору вихідних показників обмежують можливість об'єктивної оцінки реальної ефективності методів [8; 12; 13]. Особливо актуальною залишається проблема безпеки у пацієнтів із вищим фототипом та/або схильністю до гіперпигментації: абляційні та фракційно-абляційні методики пов'язані з ризиком пролонгованої еритеми, вираженого набряку та розвитку постзапальної гіперпигментації, що суттєво звужує терапевтичне вікно [23;

24].

Існуючий науковий пробіл пов'язаний не стільки з браком інструментів для дермального ремоделювання, скільки з дефіцитом науково обґрунтованих і стандартизованих протоколів, що забезпечують керованість усіх фаз — від прекондиціонування шкіри та контролю РІН до постпроцедурної регенерації [13; 18; 22; 23]. Необхідні рішення, які формують біоінженерно вивірене мікросередовище загоєння після фракційної абляції, спрямовуючи травматичну відповідь дерми в бік організованого, структурно повноцінного неоколагенезу при одночасному пригніченні надмірного запального каскаду та зниженні частоти ускладнень [10; 11; 19; 21]. У цьому контексті інтеграція регенеративних технологій, включно з фотобіомодуляцією та застосуванням біоміметичних молекул, уявляється одним із найбільш перспективних напрямів розвитку комбінованих протоколів [18; 20].

Метою дослідження є обґрунтування ефективності та безпеки інноваційного багатоетапного косметологічного протоколу Skin Recode Therapy (SRT) у комплексній реабілітації шкіри в пацієнтів із постакне, що охоплює континуум від купірування активного запалення до етапу глибокого дермального ремоделювання. У межах дослідження передбачається оцінити результативність фази прекондиціонування у зниженні активності запального процесу (GEA Score) і профілактиці постзапальної гіперпігментації; проаналізувати синергічну дію комбінованої терапії «Подвійна активізація шкіри» (кислотний пілінг у поєднанні з синім LED-випромінюванням) на клітинний метаболізм і антибактеріальний захист; сформулювати біофізичне та біохімічне обґрунтування ефективності протоколу SRT в прискоренні репаративних процесів і скороченні постлазерного відновного періоду; а також провести клінічну та інструментальну оцінку довгострокових (шестимісячних) результатів застосування SRT, включно зі зміною шкірного рельєфу та

динамікою показників якості життя.

Наукова новизна полягає в науковому обґрунтуванні та демонстрації ефективності інтегрованого протоколу Skin Recode Therapy, що структурно об'єднує етапи протизапального прекондиціонування, фракційної лазерної абляції та керованої постпроцедурної біоміметичної регенерації.

Як робоча концепція висувається **гіпотеза** про те, що цілеспрямоване багатоетапне прекондиціонування, доповнене застосуванням протоколу SRT, який включає кріо-ритуал, фотобіомодуляцію в червоному та інфрачервоному діапазонах і біоміметичні пептиди, забезпечує більш виражене поліпшення атрофічних рубців і постзапальної гіперпігментації, а також скорочує тривалість реабілітаційного періоду порівняно зі стандартними постлазерними схемами ведення.

Матеріали та методи. В основу дослідження покладено аналіз авторських клініко-анамнестичних даних однієї пацієнтки з хронічними вуграми та постакне, а також систематичний огляд сучасної наукової літератури з питань лікування атрофічних рубців постакне та постзапальної гіперпігментації. Клінічна частина роботи виконана у форматі проспективного спостереження тривалістю 6 місяців з оцінкою ефективності багатоетапного протоколу Skin Recode Therapy (SRT) в умовах амбулаторної косметологічної практики. Пацієнтка (жінка, 34 роки) підписала інформовану добровільну згоду на проведення процедур і використання знеособлених даних у наукових цілях; дослідження проводилося відповідно до принципів Гельсінської декларації.

Клінічний протокол Skin Recode Therapy включав чотири послідовно реалізовані фази: протизапальне прекондиціонування (домашній догляд і м'які хімічні пілінги з азелаїновою та аскорбіновою кислотами), комбіновану терапію Двойная активизация кожи (кислотний/ензимний пілінг + синє LED-світло), фракційний CO₂-лазер для дермального ремоделювання та завершальну фазу SRT як біоміметичної постлазерної

терапії (пептидовмісна сироватка, кріо-ритуал, червоне та ІЧ LED-світло, оклюзійна маска-герметик). У ході спостереження фіксувалися динаміка GEA-score, вираженість рубців і РІН за клінічною та фотооцінкою, суб'єктивна задоволеність пацієнтки та зміни DLQI. Небажані явища (еритема, набряк, РІН, ознаки інфекції) реєструвалися під час кожного візиту.

Систематичний огляд літератури проводився з метою теоретичного обґрунтування обраного багатоетапного протоколу та зіставлення отриманих клінічних результатів з даними доказової медицини. Пошук джерел здійснювався в базах даних PubMed/MEDLINE, Scopus, Web of Science та Google Scholar, а також у профільних дерматологічних журналах за період до червня 2021 року. Використовувалися комбінації ключових слів і MeSH-термінів: acne scars, post-acne scarring, postinflammatory hyperpigmentation, fractional CO₂ laser, LED therapy, photobiomodulation, chemical peel, biomimetic peptides, post-laser care, acne rehabilitation, skin regeneration. Відбір літератури проводився в декілька етапів: первинний скринінг за назвою та анотацією, потім повнотекстова оцінка релевантності; перевага надавалася рандомізованим клінічним дослідженням, систематичним оглядам, метааналізам і великим серіям клінічних випадків.

Критеріями включення до огляду були: дослідження, присвячені лікуванню атрофічних рубців постакне та/або РІН; роботи, що описують застосування фракційного CO₂-лазера, хімічних пілінгів, LED-терапії та/або біоміметичних молекул у контексті дермального ремоделювання та постпроцедурної регенерації; наявність чітко описаного протоколу втручання та критеріїв оцінки результатів. Виключалися публікації з недостатньо описаною методологією, поодинокі клінічні спостереження без чітких критеріїв ефективності, а також статті, присвячені виключно медикаментозній терапії акне без аналізу наслідків постакне.

Результати та обговорення. Початковий етап лікувального втручання, що включав перші дві фази протоколу, був орієнтований переважно на купірування активного запального процесу, вираженість якого при первинному зверненні оцінювали як GEA Grade II. Реалізація цього етапу супроводжувалася виразним зниженням запальної активності, що відображалось у стійкій позитивній клінічній динаміці та вираженій терапевтичній відповіді на проведене лікування [7].

Динаміка GEA Score демонструє виражене та стійке зниження запальної активності: від 3.0 (помірний ступінь) на вихідному етапі до 1.0 (майже чисто) на 12-му тижні спостереження і далі до 0.3 наприкінці шостого місяця. Подібне швидке та значне зменшення тяжкості акне, що досягає приблизно 90% порівняно з вихідним рівнем, відображає успішну реалізацію протизапального прекодиціювання [7]. У клініко-патогенетичному контексті пацієнта з уже наявною постзапальною гіперпігментацією та вираженою схильністю до гіперпігментації цей результат має подвійну значущість. Ефективне купірування запального процесу до етапу фракційної лазерної абляції виступає ключовою превентивною ланкою, оскільки саме запалення ініціює каскад активації меланоцитів [2, 5]. Зниження інтенсивності запалення, додатково потенційоване застосуванням азелаїнової кислоти як інгібітора тирозинази та аскорбінової кислоти (вітаміну С), формує контрольоване пігментаційне середовище і дає змогу суттєво зменшити ризик появи нових вогнищ РІН або погіршення наявних після проведення FCLT [14; 15].

Фаза, позначена як Двойна активізація шкіри і така, що включає послідовне застосування кислотного пілінгу, ензимних композицій і синього LED-випромінювання, може розглядатися як модель фотобіокаталізу. Використання синього світла з довжиною хвилі 415 нм для пригнічення активності *Cutibacterium acnes* (*P. acnes*) є добре описаним підходом [18, 19]. Однак включення м'якого кислотного пілінгу та ензимної

маски надає цьому етапу якісно нового рівня інтеграції. Хімічний пілінг забезпечує контрольовану ексfolіацію та розпушення рогового шару, що покращує проходження світлової енергії в глибші шари шкіри і, відповідно, підвищує ефективність фотобіомодулюючого впливу [17; 21]. Припускається, що синергія реалізується через оптимізацію використання клітинних ресурсів: фотобіомодуляція загалом асоційована з посиленням мітохондріальної активності та збільшенням продукції АТФ. Ензимні препарати, діючи як біологічні каталізатори процесів репарації та оновлення, отримують синій LED-сигнал як джерело енергетичної підтримки: поглинання фотонів мітохондріальними хромофорами формує високоенергетичне середовище, в межах якого ферментативні реакції перебігають ефективніше [23]. У результаті досягається не просто сумація ефектів окремих методів, а рання активація регенеративного потенціалу шкіри ще до проведення абляційних процедур, що зміцнює бар'єрні властивості та елементи шкірного імунітету і готує тканини до подальшого лазерного впливу.

Протокол Skin Recode Therapy (SRT), застосований безпосередньо після фракційного CO₂-лазера, являє собою інноваційний компонент комплексного підходу, спрямованого на одночасну мінімізацію постпроцедурних ускладнень і підвищення якості дермального ремоделювання. Його концептуальне обґрунтування випливає з необхідності суворого контролю за процесом загоєння лазер-індукованої ранової поверхні. За відсутності цілеспрямованого втручання постабляційне загоєння схильне до хаотичного фіброзного ремоделювання та посилення запальної відповіді, що клінічно проявляється пролонгованою еритемою, набряком, посиленням ПІН і формуванням субоптимальної структури рубцевої тканини [10; 12; 23; 24]. SRT формує кероване регенеративне мікросередовище, у якому процеси неколагенезу, ангіогенезу та розв'язання запалення відбуваються більш організовано, що

сприяє досягненню більш однорідного рельєфу шкіри, зниженню вираженості рубців постакне та скороченню тривалості реабілітаційного періоду [3; 4; 25; 26].

Таблиця 1 містить компонентний аналіз Skin Recode Therapy та його цільову дію.

Таблиця 1

Компонентний аналіз Skin Recode Therapy та його цільова дія

Компонент SRT	Активні речовини/Механізми	Біохімічне/Біофізичне обґрунтування	Клінічний ефект (Мета)
Біоміметична сироватка	Пептиди (GHK-Cu), кераміди	Регуляція фібробластів, активація синтезу проколагену I типу, відновлення бар'єра	Прискорене ремоделювання рубців, скорочення часу епітелізації
Кріо-ритуал	Холодний масаж (кріошари)	Негайна вазоконстрикція, протинабрякова, аналгетична дія	Зменшення постресурфейсингової еритеми та набряку, критична профілактика РІН
LED-комбо (червоне + ІЧ)	Фотобіомодуляція (600–900 нм)	Стимуляція мітохондріального дихання, підвищення рівня АТФ, активація фібробластів	Підтримання неокolaгенезу, покращення мікроциркуляції
Маска-герметик	Альгінат + загоювальний коктейль	Оклюзія, створення оптимального вологого середовища, захист від інфекції	Зменшення TEWL, фіксація активних речовин, пролонгована регенерація

Джерело: укладено автором на основі [3; 4; 25; 26]

Ключова перевага протоколу SRT полягає в цілеспрямованому біоінжинірингу процесів загоєння. Фракційний лазерний вплив створює контрольовані мікровогнища ушкодження та запускає механізм дермального ремоделювання, однак кінцевий клінічний результат визначається характером подальшої репаративної відповіді тканин. Включення біоміметичних пептидів формує для шкіри одночасно структурний ресурс і сигнальну платформу: пептидні молекули виступають

матричними елементами та лігандами, що модулюють активність фібробластів і спрямовують їх до синтезу повноцінних колагенових структур з оптимальною організацією волокон [24]. Одночасно червоний та інфрачервоний спектри випромінювання забезпечують енергетичну підтримку цього процесу, підвищуючи синтез АТФ у мітохондріях і підтримуючи високу метаболічну активність фібробластів, що підсилює ефективність неколагенезу та прискорює відновлення дермального матриксу [26].

Особливе значення в профілактиці постпроцедурних ускладнень належить кріо-ритуалу. Пролонгована еритема та виражений набряк належать до найбільш частих небажаних явищ після FCLT, особливо за використання середніх і високих рівнів енергії. Негайне локальне охолодження тканин, виконуючи функцію фізичного вазоконстриктора, сприяє швидкому контролю гострої запальної відповіді, зменшенню судинної реактивності і, як наслідок, зниженню вираженості судинного компонента постзапальної гіперпигментації [25]. Таким чином, кріотерапевтичний етап інтегровано в протокол SRT не як допоміжний, а як патогенетично значущий захід, що впливає на траєкторію постлазерного загоєння.

Через шість місяців після завершення повного курсу протоколу було зареєстровано зниження кількості запальних елементів приблизно на 90% порівняно з вихідним рівнем, а також виражене вирівнювання шкірного рельєфу. Поверхневі атрофічні рубці стали менш помітними, ділянки постзапальної гіперпигментації значно посвітлішали, спостерігалось зменшення вираженості сального блиску та нормалізація оптичних характеристик шкіри. Для верифікації клінічної значущості отриманих результатів та оцінки переваг SRT порівняно зі стандартними схемами ведення було проведено порівняльний аналіз (таблиця 2), оснований на узагальненні даних літератури та зіставленні власних спостережень з

результатами застосування традиційних протоколів постлазерної реабілітації [11, 13].

Таблиця 2

Порівняльна оцінка клінічної ефективності та періоду відновлення

Протокол	Ступінь поліпшення рубців (за 4-бальною шкалою)	Середній період відновлення після FCLT (днів)	Ризик РІН (для ІV ФТ)
FCLT (стандартний постлазерний догляд)	51–75% (значне поліпшення)	7–10	Високий (до 20%)
FCLT + SRT (даний клінічний випадок)	>75% (майже повне/відмінне)	4–6	Низький (успішно попереджений)

Джерело: укладено автором на основі [10; 11; 23; 24]

Аналіз даних, представлених у Таблиці 2, демонструє, що реалізація комплексного протоколу SRT дала змогу досягти рівня покращення рубцевих змін, який відповідає категорії відмінний (понад 75% за суб'єктивною оцінкою), що перевищує усереднені показники, описані для стандартного протоколу FCLT (50–75%). Поряд із вираженим клінічним покращенням ключовим об'єктивним ефектом стало істотне скорочення тривалості реабілітаційного періоду: з 7–10 до 4–6 днів. Зменшення термінів відновлення на 30–60% можна розглядати як прямий доказ результативності фази керованої регенерації, у межах якої кріо-ритуал і фотобіомодуляція сприяли вираженому зменшенню набряку та прискореній епітелізації. Подібна оптимізація постпроцедурного періоду має значну прикладну значущість, особливо з огляду на потребу пацієнтів у швидкому поверненні до звичної соціальної та професійної активності (див. рис.1).

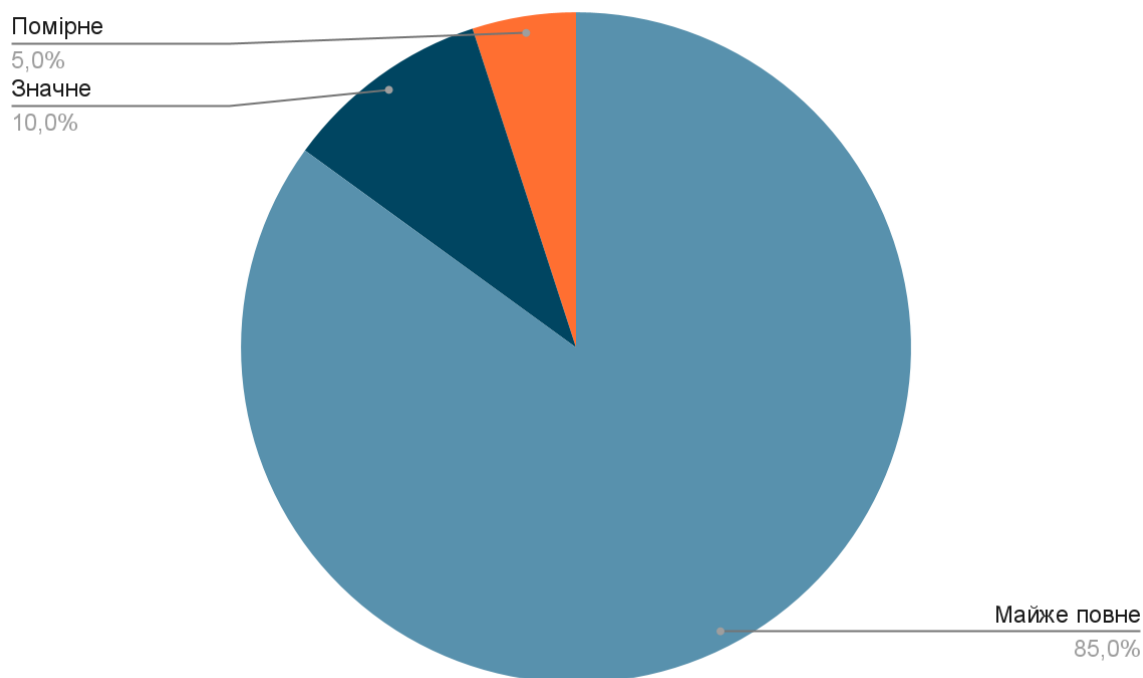


Рис. 1. Поліпшення рубців постакне після застосування протоколу SRT

Джерело: авторські дані

Комплексна реабілітація постакне обов'язково має включати оцінку психосоціального впливу, оскільки наявність рубців і РІН справляє виражений вплив на якість життя. Було зафіксовано випадок, коли пацієнтка відзначила зменшення дискомфорту та значне підвищення впевненості в собі. Наведені дані демонструють виражену позитивну динаміку показників якості життя: індекс DLQI знизився з 15 балів, що за шкалою Лайкерта відповідає сильному або навіть дуже сильному впливу дерматологічного стану на повсякденну активність, до 3 балів, які інтерпретуються як відсутність впливу. Подібна зміна свідчить про те, що результативність протоколу Skin Recode Therapy зумовлена не лише редукцією видимих шкірних дефектів, а й реалізацією по-справжньому холістичного підходу до пацієнта як до біопсихосоціальної системи. Включення немедикаментозних, але структурованих ритуальних компонентів, таких як етап тактильного завершення, трансформує сприйняття втручання: процедура перестає асоціюватися виключно з

агресивною медичною маніпуляцією і переосмислюється як контрольований, передбачуваний і емоційно позитивний досвід відновлення. Це сприяє зміцненню терапевтичного альянсу, зниженню рівня тривожності, нормалізації когнітивних та афективних реакцій на захворювання і, зрештою, призводить до значущого поліпшення психоемоційного стану, що безпосередньо відображається в зниженні DLQI [4-6].

Під час інтерпретації отриманих результатів необхідно враховувати обмеження. Основним обмеженням є дизайн, заснований на аналізі поодинокого клінічного випадку, що не дає змоги проводити статистичну екстраполяцію даних на ширші популяції. Попри виражену позитивну динаміку як клінічних, так і суб'єктивних показників, остаточне підтвердження ефективності та відтворюваності протоколу SRT потребує проведення рандомізованих контрольованих досліджень з достатнім обсягом вибірки та стратифікацією за типом рубців, фототипом і вираженістю РІН. У перспективі видається доцільним використання стандартизованих об'єктивних шкал для оцінки рубцевих змін (наприклад, ЕССА) та інструментальних методів аналізу постзапальної гіперпигментації, включаючи гіперспектральну візуалізацію, що дасть змогу мінімізувати частку суб'єктивності під час інтерпретації даних [16]. Важливим напрямом подальшої роботи є пряме порівняння протоколу SRT з традиційними схемами постлазерного догляду з фокусом на термінах епітелізації, частоті та вираженості РІН, а також стійкості клінічного ефекту у віддалені строки за умови використання уніфікованого набору оціночних критеріїв (Core Outcome Set), що відповідає сучасним вимогам доказової медицини. Окремий дослідницький інтерес становить кількісна оцінка фотобіокаталітичного ефекту синього LED-випромінювання в поєднанні з ензимними композиціями на рівні клітинних культур, що дало б змогу деталізувати механістичну основу синергії, яка лежить в основі

спостережуваної клінічної ефективності.

Висновки. Інноваційний багатоетапний косметологічний протокол Skin Recode Therapy (SRT) продемонстрував високу клінічну результативність і сприятливий профіль безпеки в комплексній реабілітації шкіри у пацієнтки з хронічним постакне, що характеризується GEA Grade II та вираженою постзапальною гіперпігментацією. Ефективність протоколу спирається на науково обґрунтовану інтеграцію чотирьох послідовно реалізованих фаз: I та II етапи забезпечують протизапальне прекондиціонування та посилення клітинного метаболізму, що має принципове значення для контролю ПІН; III фаза спрямована на прецизійне дермальне ремоделювання з використанням фракційного CO₂-лазера; IV фаза являє собою керовану біоміметичну регенерацію, реалізовану в межах власне SRT.

Стратегічно визначальним і принципово відмінним компонентом протоколу є фінальна фаза SRT. Синергічне поєднання біоміметичних пептидів, які виконують функцію структурної та сигнальної підтримки дермального матриксу, кріо-ритуалу, що забезпечує негайний контроль гострого запалення та набряку, і фотобіомодуляції в червоному та інфрачервоному діапазонах, яка індукує енергетичну активацію фібробластів, формує оптимізоване мікросередовище загоєння лазер-індукованих ран. Така конфігурація втручання дала змогу досягти більш ніж 75% покращення вираженості атрофічних рубців, істотно скоротити тривалість відновного періоду до 4–6 днів і одночасно мінімізувати ризик ускладнень, типових для абляційних методик.

Фіксація 90% зниження запальної активності в поєднанні з вираженою позитивною динамікою показників якості життя (зниження DLQI з 15 до 3 балів) є переконливим підтвердженням доцільності переходу від розрізнених, дискретних процедур до холістично організованих, біоінженерно сконструйованих протоколів, орієнтованих на керовану

регенерацію тканин та одночасне покращення психосоціального благополуччя пацієнта.

Література

1. Williams, H. C., Dellavalle, R. P., & Garner, S. (2012). Acne vulgaris. *The Lancet*, 379(9813), 361–372. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(11\)60321-8](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(11)60321-8).
2. Fabbrocini, G., Annunziata, M. C., D'Arco, V., De Vita, V., Lodi, G., Mauriello, M. C., & Pastore, F. (2010). Acne scars: Pathogenesis, classification and treatment. *Dermatology Research and Practice*, 2010, 893080. <https://doi.org/10.1155/2010/893080>.
3. Goodman, G. J. (2000). Postacne scarring: A review of its pathophysiology and treatment. *Dermatologic Surgery*, 26(9), 857–871. <https://doi.org/10.1046/j.1524-4725.2000.99232.x>.
4. Chuah, S. Y., & Goh, C. L. (2015). The impact of post-acne scars on the quality of life among young adults in Singapore. *Journal of Cutaneous and Aesthetic Surgery*, 8(3), 153–158. <https://doi.org/10.4103/0974-2077.167272>.
5. Hazarika, N., & Archana, M. (2016). The psychosocial impact of acne vulgaris. *Indian Journal of Dermatology*, 61(5), 515–520. <https://doi.org/10.4103/0019-5154.190102>.
6. Basra, M. K. A., Fenech, R., Gatt, R. M., Salek, S. M., & Finlay, A. Y. (2008). The Dermatology Life Quality Index 1994–2007: A comprehensive review of validation data and clinical results. *British Journal of Dermatology*, 159(5), 997–1035. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2133.2008.08832.x>.
7. Dréno, B., Poli, F., Pawin, H., Beylot, C., Faure, M., Chivot, M., ... Daniel, F. (2011). Development and evaluation of a Global Acne Severity (GEA) Scale suitable for France and Europe. *Journal of the European Academy of Dermatology and Venereology*, 25(1), 43–48. <https://doi.org/10.1111/j.1468-3083.2010.03685.x>.

8. Chen, X., Chen, Y., Zhong, S., Li, S., Wen, C., & Zhang, Y. (2018). Chemical peels for acne vulgaris: A systematic review of randomized controlled trials. *Journal of the American Academy of Dermatology*, 78(6), 1090–1099.e7. <https://doi.org/10.1016/j.jaad.2017.10.052>.
9. Castillo, D. E., & Keri, J. E. (2018). Chemical peels in the treatment of acne: Patient selection and perspectives. *Clinical, Cosmetic and Investigational Dermatology*, 11, 365–372. <https://doi.org/10.2147/CCID.S137788>.
10. Hedelund, L., Haak, C. S., Togsverd-Bo, K., Bogh, M. K., & Haedersdal, M. (2012). Fractional CO₂ laser resurfacing for atrophic acne scars: A randomized controlled trial with blinded response evaluation. *Lasers in Surgery and Medicine*, 44(6), 447–452. <https://doi.org/10.1002/lsm.22048>.
11. Bjørn, M., Stausbøl-Grøn, B., Olesen, A. B., & Hedelund, L. (2014). Treatment of acne scars with fractional CO₂ laser at 1-month versus 3-month intervals: An intra-individual randomized controlled trial. *Lasers in Surgery and Medicine*, 46(2), 89–93. <https://doi.org/10.1002/lsm.22165>.
12. Xu, Y., Chen, J., & Yu, Y. (2018). Ablative fractional CO₂ laser for facial atrophic acne scars: A systematic review and meta-analysis. *Facial Plastic Surgery*, 34(3), 300–308. <https://doi.org/10.1055/s-0037-1606096>.
13. Kravvas, G., & Al-Niaimi, F. (2018). A systematic review of treatments for acne scarring. Part 2: Energy-based techniques. *Scars, Burns & Healing*, 4, 2059513118793420. <https://doi.org/10.1177/2059513118793420>.
14. Katsambas, A. D., Graupe, K., & Stratigos, J. (1989). Clinical studies of 20% azelaic acid cream in the treatment of acne vulgaris: Comparison with vehicle and topical tretinoin. *Acta Dermato-Venereologica. Supplementum*, 143, 35–39.
15. Thiboutot, D., Gollnick, H., Bettoli, V., Dréno, B., Kang, S., Leyden, J. J., ... van de Kerkhof, P. C. M. (2009). New insights into the management of acne: An update from the Global Alliance to Improve Outcomes in Acne group. *Journal of the American Academy of Dermatology*, 60(5 Suppl), S1–S50.

<https://doi.org/10.1016/j.jaad.2009.01.019>.

16. Kawashima, M., Nagare, T., & Doi, M. (2017). Clinical efficacy and safety of benzoyl peroxide for acne vulgaris: Comparison between Japanese and Western patients. *The Journal of Dermatology*, 44(Suppl 1), S54–S59. <https://doi.org/10.1111/1346-8138.13996>.

17. Mills, O. H., Jr., Kligman, A. M., Pochi, P., & Comite, H. (1986). Comparing 2.5%, 5%, and 10% benzoyl peroxide on inflammatory acne vulgaris. *International Journal of Dermatology*, 25(10), 664–667. <https://doi.org/10.1111/j.1365-4362.1986.tb04063.x>.

18. Scott, A. M., Stehlik, P., Clark, J., Zhang, D., Yang, Z., Hoffmann, T., Del Mar, C., & Glasziou, P. (2019). Blue-light therapy for acne vulgaris: A systematic review and meta-analysis. *Annals of Family Medicine*, 17(6), 545–553. <https://doi.org/10.1370/afm.2445>.

19. Avci, P., Gupta, A., Sadasivam, M., Vecchio, D., Pam, Z., Pam, N., & Hamblin, M. R. (2013). Low-level laser (light) therapy (LLLT) in skin: Stimulating, healing, restoring. *Seminars in Cutaneous Medicine and Surgery*, 32(1), 41–52. <https://doi.org/10.12788/j.sder.0028>.

20. Wunsch, A., & Matuschka, K. (2014). A controlled trial to determine the efficacy of red and near-infrared light treatment in patient satisfaction, reduction of fine lines/wrinkles, skin roughness, and intradermal collagen density increase. *Photomedicine and Laser Surgery*, 32(2), 93–100. <https://doi.org/10.1089/pho.2013.3616>.

21. Pickart, L., & Margolina, A. (2018). Regenerative and protective actions of the GHK-Cu peptide in the light of the new gene data. *International Journal of Molecular Sciences*, 19(7), 1987. <https://doi.org/10.3390/ijms19071987>.

22. Aderibigbe, B. A., & Buyana, B. (2018). Alginate in wound dressings. *Pharmaceutics*, 10(2), 42. <https://doi.org/10.3390/pharmaceutics10020042>.

23. Goldman, M. P., Fitzpatrick, R. E., & others. (2002). Optimizing

wound healing in the face after laser abrasion. *Journal of the American Academy of Dermatology*, 46(2), 405–413. <https://doi.org/10.1067/mjd.2002.120829>.

24. Ruiz-Esparza, J., Barba-Gómez, J. F., & Gómez, E. C. (1998). Wound care after laser skin resurfacing: A combination of hydrocolloid dressing and N-terface mask. *Dermatologic Surgery*, 24(8), 843–848. <https://doi.org/10.1111/j.1524-4725.1998.tb04258.x>.

25. Khoshnevis, S., Craik, N., & Diller, K. (2015). Cold-induced vasoconstriction may persist long after cooling ends: An evaluation of multiple cryotherapy units. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*, 23(9), 2460–2468. <https://doi.org/10.1007/s00167-014-2986-x>.

26. He, Q., & Wang, R. K. (2019). Analysis of skin morphological features and real-time monitoring using snapshot hyperspectral imaging. *Biomedical Optics Express*, 10(11), 5625–5638. <https://doi.org/10.1364/BOE.10.005625>.