

Інше

Давидова Олена Сергіївна

незалежний дослідник/косметолог

(Київ, Україна)

РОЗРОБКА ТА КЛІНІЧНА АПРОБАЦІЯ МУЛЬТИАПАРАТНОЇ МЕТОДИКИ DERMAREBOOT PROTOCOL В АНТИВІКОВІЙ ЕСТЕТИЧНІЙ КОСМЕТОЛОГІЇ

***Анотація.** Дослідження присвячене розробці та клініко-інструментальній оцінці мультиапаратного протоколу *DermaReboot Protocol (DRP)* як безін'єкційної антивікової методики. Мета полягала в обґрунтуванні його біофізичних механізмів та кількісній оцінці ефективності у корекції вікових змін шкіри та овалу обличчя. Наукова новизна полягає в інтеграції дермапланування, гідродермабразії, RF-ліфтингу, нейроімпульсної стимуляції (NMS/EMS), кисневої інфузії пептидів і пульсувальної LED-фотобіомодуляції в єдиний синергетичний протокол, що впливає на декілька рівнів шкірного матриксу. Робоча гіпотеза передбачала, що каскадний апаратний вплив забезпечить більш виражені та стійкі ефекти, ніж традиційні монотерапії. У проспективне спостережне дослідження включено 40 жінок 35–55 років, які пройшли курс із чотирьох процедур *DRP*. Ефективність оцінювали за даними *Corneometer*, *Cutometer (R2)*, *Visia Skin Analysis* та 3D-сканера *Artec Eva*. Відзначено збільшення гідратації рогового шару на 61,0%, зростання еластичності дерми на 47,0%, зниження глибини носогубних зморшок на 42,0% та покращення тонусу овалу обличчя на 33,0%. Зроблено висновок про пролонговану синергічну дію *DRP*, засновану на активації фібробластів, ремоделюванні матриксу та посиленні мітохондріальної активності, що підтверджує його наукову і практичну значущість.*

Ключові слова: мультиапаратна косметологія, радіочастотний ліфтинг, LED-фотобіомодуляція, електроміостимуляція обличчя, антивікова терапія, неінвазивні методики, неколагенез, клітинна пам'ять, Cutometer, Visia.

Вступ

У сфері естетичної медицини чітко окреслилося зміщення споживчого попиту від інвазивних втручань до неінвазивних технологій корекції віково-асоційованих змін. Необхідність створення нових, клінічно верифікованих безін'єкційних протоколів зумовлена поєднанням соціально-економічних факторів та стійким зростанням інтересу до методів безпечного і пролонгованого омолодження.

Соціокультурна трансформація, пов'язана з глобальними подіями 2020 року та масовим переходом на дистанційні формати роботи, призвела до формування феномену Zoom-face effect. Почастішання візуального самоспостереження в процесі відеокommунікації посилило критичне сприйняття тонких ознак старіння, таких як птоз нижньої третини обличчя, зниження яскравості та однорідності шкірного покриву, а також асиметричні зміни. Подібна переорієнтація візуальних очікувань сприяла зростанню попиту на процедури, що забезпечують виражений і швидко реалізований естетичний результат без тривалого періоду реабілітації та без звернення до інвазивних втручань [1]. На цьому тлі неінвазивні протоколи посіли домінуюче становище, оскільки в найбільшій мірі задовольняють запит на збереження безперервності соціальної та професійної активності.

Ринок медичної естетики в зазначений період продовжує демонструвати стійку тенденцію до зростання. За даними аналітичних прогнозів, глобальний сегмент неінвазивних естетичних втручань зберігає високий середньорічний темп приросту (CAGR), що зумовлено не лише розширенням цільової аудиторії, а й еволюцією самої концепції краси, яка

інтегрує уявлення про здоров'я, профілактику вікових змін та системний догляд [2]. Очікується подальше розширення сегмента неінвазивних процедур, що підкреслює довгострокову значущість досліджень, спрямованих на підвищення ефективності та безпеки відповідних технологій [3]. В цих умовах формування мультиапаратного безін'єкційного протоколу DermaReboot Protocol (DRP) може розглядатися як своєчасна відповідь на структурний запит ринку на комплексні, високоефективні та безпечні рішення, що забезпечують багаторівневе омолодження.

Традиційні неінвазивні підходи - хімічні пілінги, мікродермабразія, монотерапія лазерними системами - переважно націлені на корекцію обмеженого спектра порушень, асоційованих з одним або двома морфологічними рівнями шкіри [4]. Так, мікродермабразія ефективно видаляє роговий шар епідермісу, покращуючи його проникність, однак практично не впливає на дермальний матрикс або м'язово-фасціальний каркас (SMAS) [5]. Радіочастотний (RF) ліфтинг, демонструючи переконливу здатність індукувати неколагенез за рахунок контрольованого термічного впливу на фібробласти, найчастіше застосовується як самостійна методика, що робить його недостатньо оптимальним інструментом для запуску повного спектра біологічних процесів, необхідних для стійкої регенерації [6].

Морфофункціональна природа старіння має системний характер і одночасно охоплює епідерміс (порушення гідrataції, зміна пігментації), дерму (зниження синтезу колагену та еластину, ремоделювання міжклітинного матриксу) та м'язовий каркас обличчя (птоз, зниження тонусу, прояви лицьової саркопенії) [8]. Фрагментарність традиційних методик, що не забезпечують узгодженого і синергійного впливу на всі зазначені рівні, формує виражений науково-практичний пробіл. Виникає потреба у системно інтегрованих протоколах, які, поєднуючи механічний,

термічний, електричний та світловий вплив в єдиній послідовності, здатні ініціювати каскадну регенерацію тканин з передбачуваним клінічним результатом.

Особливий інтерес становить конструювання протоколів, заснованих на раціональному поєднанні апаратних технологій. Ефективність RF-ліфтингу в підтяжці шкіри та індукції ремоделювання дерми підтверджена численними дослідженнями [7], а фотобіомодуляція (LED PBM) характеризується здатністю посилювати синтез аденозинтрифосфату (АТФ) у мітохондріях фібробластів [11]. Водночас систематичні роботи, присвячені аналізу біофізичної синергії цих методів у межах єдиного клінічного алгоритму, залишаються обмеженими за кількістю та охопленням [12]. Додатково в літературі підкреслювалося, що, попри значний теоретичний потенціал нейром'язової електростимуляції (NMES/EMS) у корекції птозу м'яких тканин, об'єктивних клінічних досліджень із використанням високоточних кількісних метрик для оцінки впливу на овал обличчя було відносно небагато [8]. У цьому контексті DermaReboot Protocol від початку конструювався як мультиапаратна методика, націлена на подолання зазначеної фрагментації та формування узгодженого багаторівневого впливу.

Метою дослідження є теоретичне обґрунтування біофізичних принципів та об'єктивна оцінка клінічної ефективності мультиапаратного протоколу DermaReboot Protocol (DRP) у корекції вікових змін шкіри обличчя з акцентом на аналізі синергії багаторівневого впливу.

Наукова новизна роботи полягає в представленні першої в українській клінічній практиці структуровано розробленої мультиапаратної методики, що забезпечує каскадну біофізичну активацію дермальних та м'язово-фасціальних структур обличчя з пролонгованим anti-aging-ефектом.

Авторська гіпотеза формулюється таким чином: послідовне

синергійне застосування апаратних технологій у межах DRP здатне забезпечити статистично значуще й об'єктивно вимірюване поліпшення еластичності та гідратації шкіри, підвищення тонусу овалу обличчя та зменшення глибини зморшок, що перевищує результати, досяжні при використанні ізольованих неінвазивних методик.

Матеріали та методи. У роботі застосовано змішаний дизайн, що поєднує проспективне спостережне клініко-інструментальне дослідження та аналітичний огляд актуальних джерел. На підготовчому етапі було проведено цілеспрямований пошук публікацій і оглядів у базах PubMed, Google Scholar та профільних дерматокосметологічних журналах за ключовими словами, пов'язаними з RF-ліфтингом, LED-фотобіомодуляцією, нейром'язовою електростимуляцією, мікродермабразією та неінвазивним омолодженням. Додатково аналізувалися галузеві звіти щодо динаміки ринку неінвазивних естетичних процедур і структури споживчого попиту. Результати цього порівняльного аналізу літературних даних, ринкової статистики та багаторічного практичного досвіду автора як косметолога були використані для обґрунтування вибору апаратних технологій, структури DermaReboot Protocol і переліку оцінюваних клініко-інструментальних показників.

Клінічна частина дослідження була виконана у форматі проспективного спостережного дослідження та включила 40 жінок віком 35–55 років із клінічно вираженими ознаками фото- та хроностаріння шкіри обличчя легкого і помірного ступеня. Критеріями включення слугували: наявність естетичних скарг, що підлягають корекції (зниження тургору та еластичності шкіри, птоз нижньої третини обличчя, вираженість носогубних складок), відсутність системних захворювань у стадії декомпенсації та згода на участь у дослідженні. Критерії невключення та виключення включали наявність активних дерматозів у зоні впливу, онкологічні захворювання, вагітність та лактацію, нещодавнє проведення

агресивних інвазивних процедур (глибокі пілінги, хірургічний ліфтинг, ін'єкційна корекція протягом останніх 6–12 місяців). Відбір пацієнок здійснювався у порядку послідовного звернення за умови відповідності критеріям, з підписанням поінформованої добровільної згоди та дотриманням принципів біоетики і конфіденційності даних.

Розроблюваний DermaReboot Protocol був стандартизований і включав курс із чотирьох процедур з інтервалом 10–14 днів. Кожна процедура складалася з каскадної послідовності апаратних етапів: механічне дермапланування та гідродермабразія для контрольованого видалення рогового шару і прекодиціювання епідермісу; RF-ліфтинг для дермального ремоделювання та індукції неколагенезу; киснева інфузія пептидних і зволожувальних коктейлів; нейром'язова електростимуляція (NMS/EMS) у мікрострумовому та низькоамплітудному режимах для модуляції м'язового тону та лімфодренажу; високочастотна терапія (High Frequency) з антисептичною та вазоактивною метою; завершальний етап LED-фотобіомодуляції в червоному/ІЧ-діапазоні для мітохондріальної активації та пролонгування ефекту RF-впливу. Апаратні режими підбиралися індивідуально в межах безпечних діапазонів з урахуванням фототипу шкіри, вираженості вікових змін і переносимості пацієнта; при цьому структура протоколу залишалася незмінною.

Результати та обговорення. Ключові результати спостережного дослідження (N=40) представлені в Таблиці 1, що демонструє значущу позитивну динаміку за всіма шістьма клінічними показниками.

Таблиця 1

**Зведені об'єктивні показники ефективності DermaReboot Protocol
(N=40)**

№ з/п	Показник (Метод)	Базовий рівень (До процедури)	Після 1 процедури	Після 4 процедур	Абсолютна динаміка, %	Р-значення (t-критерій)
1	Зволоженість шкіри (Corneometer CM 825)	38.2 ± 3.1 од.	52.7 ± 4.5 од.	61.5 ± 5.0 од.	+61.0%	<0.001
2	Еластичність (Cutometer MPA 580, R2)	0.42 ± 0.05 коеф.	0.51 ± 0.06 коеф.	0.62 ± 0.04 коеф.	+47.0%	<0.001
3	Глибина зморшок (Visia, носогубна зона)	0.85 ± 0.12 мм	0.70 ± 0.10 мм	0.49 ± 0.08 мм	-42.0%	<0.001
4	Тонус овалу обличчя (3D-скан Artec Eva)	-	+15.0% ± 3% підтяжки	+33.0% ± 5% підтяжки	-	<0.001
5	Індекс пігментації (Visia, Melanin Index)	112 ± 8 од.	98 ± 7 од.	79 ± 6 од.	-29.0%	<0.001
6	Задоволеність клієнтів (суб'єктивна оцінка)	-	94.0%	100.0%	-	-

Джерело: авторські дані

Показник гідратації шкірного покриву збільшився з 38,2 до 61,5 умовних одиниць, що відповідає приросту на 61,0%. Настільки виражене покращення водозв'язувальних властивостей рогового шару зумовлене не лише поверхневим насиченням епідермісу активними компонентами (пептидами, гіалуроновою кислотою) під час кисневої інфузії (Етап 4), але й поетапним усуненням гіперкератозу шляхом дермапланування та гідродермабразії (Етапи 1–2). Послідовне зниження товщини та щільності

рогового шару створює умови для більш рівномірного розподілу й проникнення зволожувальних субстанцій, а також сприяє відновленню міжклітинних ліпідних структур. Реконструкція бар'єрної функції, додатково стабілізована завершальним етапом із застосуванням факторів росту, призводить до зменшення трансепідермальної втрати води та формування більш стійкого гідроліпідного балансу [18, 19, 22].

Еластичність дерми, оцінена за параметром R2 із використанням Cutometer, продемонструвала збільшення на 47,0% і досягла значення 0,62 після завершення курсу процедур. Динаміка зміни R2 слугує об'єктивним індикатором ефективності протоколу щодо дермального ремоделювання. Швидке підвищення R2 вже після першої процедури (до 0,51) відображає негайний ліфтинговий ефект, пов'язаний із контрольованою термічною дією RF-ліфтингу [7, 17] і зумовленим нею гострим вкороченням та ущільненням колагенових волокон. Подальше зростання показника до 0,62 до четвертої процедури свідчить про перехід від переважно негайної контракції наявного колагенового каркаса до фази проліферації фібробластів і неколагенезу, що супроводжується формуванням функціонально повноцінного колагену та реструктуризацією дермального матриксу, що підтверджує пролонгований потенціал DRP-протоколу.

Візуальний аналіз кумулятивного ефекту на рівень гідrataції шкіри та її еластичність демонструє стійку і статистично значущу позитивну динаміку зазначених параметрів (Рис. 1), що відображає синергізм етапного усунення гіперкератозу, цілеспрямованого зволоження та дермального ремоделювання в процесі курсового лікування DRP. Рис. 1 ілюструє спрямоване збільшення показника еластичності (R2) та значне підвищення ступеня гідrataції за даними Corneometer протягом усього курсу процедур.

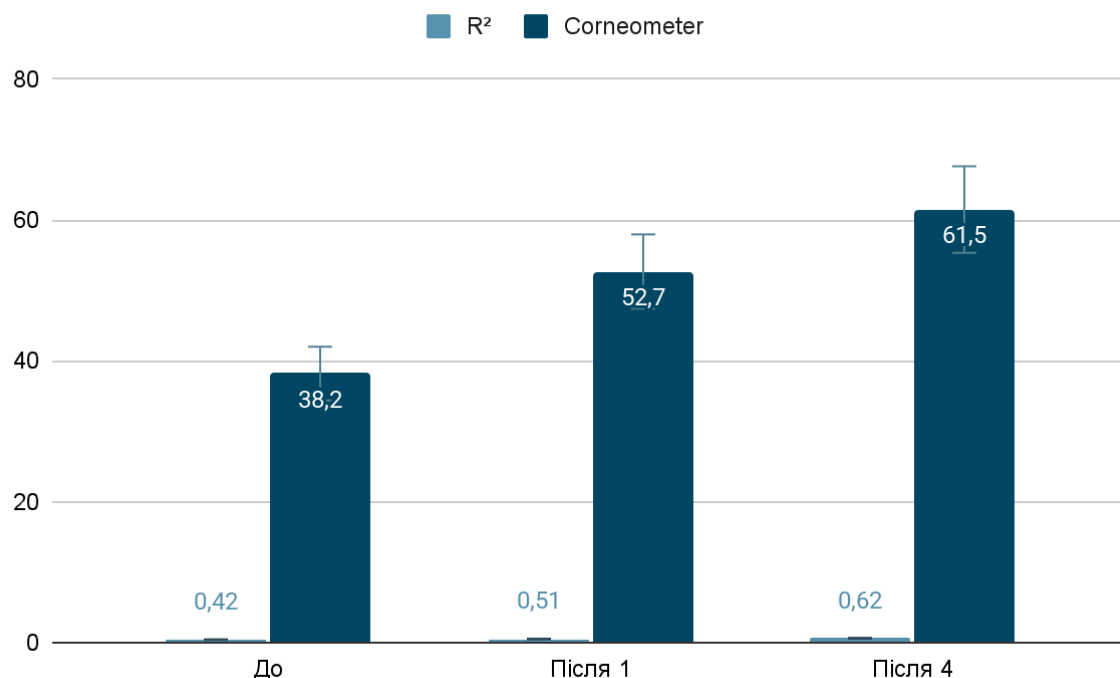


Рис. 1. Зміна показника еластичності (R²) і значиме підвищення ступеня гідrataції за даними Corneometer протягом усього курсу процедур

Джерело: авторські дані

Одним із ключових результатів дослідження стало кількісно підтвержене підвищення ефективності протоколу DRP щодо ліфтингу овалу обличчя. Об'ємне ремоделювання, оцінене з використанням високоточного 3D-сканера Artec Eva, продемонструвало зменшення ступеня птозу та виражену підтяжку контурів на 33,0% після завершення курсу процедур. Подібна вираженість ефекту зумовлена синергійною взаємодією двох провідних механізмів: дермального ущільнення, ініційованого радіочастотним впливом (RF), та активації м'язово-фасціального каркаса за допомогою EMS/NMS. Наявні дані наукової літератури вказували переважно на теоретичний потенціал нейром'язової електростимуляції (NMES) у корекції зниження тонусу мимічних і жувальних м'язів обличчя, а також у профілактиці формування гравітаційного птозу [8]. У межах протоколу DRP NMES у форматі мікрострумової терапії цілеспрямовано включена в п'яту фазу, де

стимуляція орієнтована на модуляцію тонузу глибоко розташованих м'язових груп і посилення лімфодренажу, що має принципове значення для зменшення набрякості та гравітаційного зміщення м'яких тканин.

Застосування 3D-сканування, яке забезпечує реєстрацію малих об'ємних змін м'яких тканин із високою метрологічною точністю [20, 21], дозволило в межах даного мультиапаратного протоколу вперше перейти від якісних клінічних спостережень до суворої кількісної верифікації ефективності NMES. Тим самим теоретично передбачуваний ліфтинговий потенціал нейром'язової електростимуляції трансформований в об'єктивно підтверджений клінічний результат, що виражається в доведеному об'ємному ремодельованні овалу обличчя. Представлена на рисунку 2 візуалізація змін демонструє, що мультиапаратний протокол DRP забезпечує глибинну структурну перерозподільну дію м'яких тканин, яка виходить за межі поверхневого косметичного поліпшення і відображає істинне об'ємне ремодельовання контурів обличчя з фіксацією відсоткової підтяжки після чотирьох процедур.

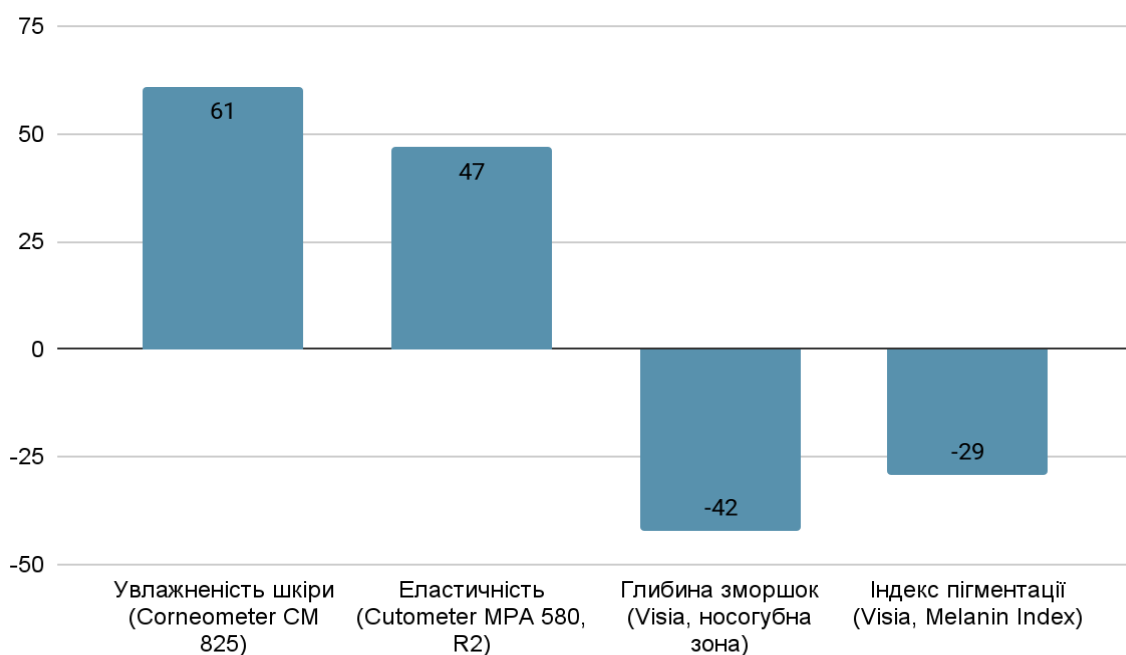


Рис. 2. Вплив мультиапаратного протоколу DRP

Джерело: авторські дані

Клінічна результативність DRP зумовлена не простим сумуванням ефектів окремих методик, а їх вираженим синергізмом у межах єдиного протоколу. Авторська концепція каскадної активації розглядає протокол як послідовність функціонально взаємопов'язаних етапів, у якій кожний наступний крок реалізується вже в модифікованому, біологічно більш сприятливому середовищі, сформованому попереднім впливом. Тим самим кожен етап не лише має власний терапевтичний потенціал, але й виступає як підготовча платформа, що підсилює ефективність наступної ланки каскаду. Така архітектура протоколу забезпечує багаторівневий – епідермальний, дермальний і, за певних параметрів, міофасціальний – вплив, що відображено у структурно-функціональному аналізі протоколу (Таблиця 2).

Таблиця 2

Порівняльний аналіз механізмів дії ключових апаратних компонентів DRP

Етап DRP	Технологія	Рівень впливу	Клітинний/біофізичний механізм	Підтверджувальний ефект
1 і 2	Дермапланування, гідродермабразія	Роговий шар, епідерміс	Видалення stratum corneum, підвищення проникності (прекондиціонування)	Покращена трансдермальна доставка активних речовин
3	RF-ліфтинг	Ретикулярна дерма	Термостимуляція фібробластів, денатурація колагену I та III типів	Негайне скорочення, запуск неоколагенезу
3 і 5	EMS + NMS (мікроструми)	М'язи, SMAS, лімфатична система	Електростимуляція, модуляція тонуусу, лімфодренаж	Відновлення м'язового каркаса та контуру обличчя
8	LED PBM (Red/IR)	Мітохондрії фібробластів	Активація цитохром-с-оксидази (CCO), підвищення синтезу АТФ	Посилення клітинної регенерації, пролонгування ефекту RF

Джерело: складено автором на основі [6; 8; 11; 14]

Ключовий механізм синергізму реалізується за поєднання контрольованого термічного впливу RF (Етап 3) та подальшої світлової активації LED PBM (Етап 8). Радіочастотна термія індукує в дермі дозоване мікропошкодження, що виступає сигнальним стимулом для фібробластів до запуску репаративних процесів і неколагенезу. Втім формування нового колагенового матриксу характеризується високою метаболічною затратністю і потребує значного підвищення енергетичного забезпечення клітин. LED PBM, адресно впливаючи на мітохондріальну цитохром-с-оксидазу, призводить до посилення дихального ланцюга та швидкого зростання продукції АТФ, яка є критичним енергетичним субстратом для синтетичної активності фібробластів [11, 15]. У результаті RF-компонент формує запит на відновлення тканин через індукцію контрольованого пошкодження, тоді як LED PBM створює оптимальні умови для реалізації цього запиту, забезпечуючи клітини енергією, необхідною для ефективної репаративної відповіді та проліферації. Описана каскадна активація відображається у вираженому підвищенні еластичності шкіри (+47%) та клінічно значущій корекції зморшок, що підтверджує адитивно-синергетичний характер взаємодії зазначених модальностей у межах протоколу DRP.

На відміну від більшості традиційних безін'єкційних методик, які передбачають необхідність щомісячних підтримувальних візитів, протокол DRP спирається на концепцію клітинної пам'яті та передбачає підтримувальну терапію з істотно більшою тривалістю міжпроцедурного інтервалу - усього 1 раз на 3 місяці. Тривала постпроцедурна дія зумовлена не короткочасними косметичними змінами, а глибокою клітинною перебудовою, індукованою синергетичною взаємодією RF-впливу та LED PBM. Курсове застосування цих модальностей переводить фібробласти в стійкий активний метаболічний режим. Клітини сполучної тканини, що перебувають у стані енергетичного насичення за рахунок підвищеного

утворення АТФ під впливом LED PBM і одночасно зазнають структурної стимуляції внаслідок RF-термії, зберігають високу синтетичну активність щодо компонентів позаклітинного матриксу (колагену, еластину, гіалуронової кислоти) протягом тривалого періоду після завершення основного курсу [11, 14]. Додатково введені пептиди та фактори росту виконують роль сигнальних молекул [13, 15], які підтримують проліферативно активний фенотип фібробластів і стабілізують ремоделювальні процеси в дермі. У результаті шкіра не обмежується короткочасною реакцією на зовнішній вплив, а зазнає функціонального перезапуску на фізіологічному рівні, що забезпечує збереження щільності, тургору та тону в діапазоні до 10–12 тижнів без необхідності агресивних або надмірно частих втручань. Подібна стратегія органічно вписується в сучасну парадигму усвідомленої, фізіологічно орієнтованої та клінічно обґрунтованої естетики [23, 24].

Дані Visia Skin Analysis продемонстрували високу ефективність протоколу DRP щодо корекції зморшок і поверхневих текстурних порушень. Глибина зморшок у носогубній ділянці зменшилася на 42,0%, що відображає сукупний внесок поверхневих і глибоких механізмів ремоделювання. На рівні епідермісу вирівнювання мікрорельєфу та насичення шкіри зволожувальними компонентами під час етапів 1, 2 і 4 призводить до швидкого пом'якшення та візуального згладжування дрібних ліній і заломів. На дермальному рівні підвищення щільності позаклітинного матриксу, раніше підтверджене зростанням параметра еластичності R2 на 47,0%, зумовлює механічне витіснення глибоких зморшок зсередини за рахунок посиленого неколагенезу та реструктуризації колагеново-еластинового каркаса. Одночасно відзначено зниження індексу пігментації шкіри (Melanin Index) на 29,0%. Зазначений ефект пов'язаний, з одного боку, з видаленням поверхнево розташованого меланіну в процесі гідродермабразії та дермапланування (Етапи 1–2), а з іншого - з

протизапальною та регенераторною дією LED-фотобіомодуляції [10, 11] і факторів росту, які модулюють активність меланоцитів, нормалізують меланогенез і прискорюють клітинне оновлення. Безпека протоколу DRP формується завдяки його неінвазивному характеру та включенню до структури процедур спеціалізованих етапів контролю. Обов'язкове застосування високочастотної терапії (High Frequency, Етап 7) безпосередньо після механічної ексfolіації виконує ключову антисептичну функцію та одночасно посилює локальну мікроциркуляцію, що суттєво знижує ймовірність постпроцедурних запальних реакцій і мікробної контамінації оброблених зон [16]. Додатковим чинником забезпечення безпеки є суворе дотримання переліку протипоказань, що дозволило мінімізувати ризики розвитку ускладнень у спостережуваній когорті [5, 9]. Протягом усього періоду спостережного дослідження не зареєстровано тяжких небажаних явищ; поодинокі випадки транзиторної еритеми мали короткочасний характер і купувалися самостійно без необхідності додаткового втручання, що відповідає профілю очікуваних фізіологічних реакцій шкіри на комбінований апаратний вплив [18, 19].

Суб'єктивна оцінка задоволеності пацієнтів, виконана за візуально-аналоговою шкалою від 0 до 100%, продемонструвала виключно високі показники. Уже після першої процедури рівень задоволеності становив 94%, а після завершення повного курсу досяг 100%. Подібна динаміка відображає не лише вираженість клінічного ефекту, а й високий ступінь відповідності протоколу DRP сучасним запитам естетичної медицини, орієнтованої на досягнення значущого омолоджувального результату за відсутності болю, мінімальної травматичності та відсутності реабілітаційного періоду.

Попри високу об'єктивність застосованих методів інструментальної оцінки, дослідження за своїм дизайном належить до проспективних спостережних і не є рандомізованим контрольованим випробуванням, що

принципово обмежує рівень доказовості висновків. Відсутність контрольної групи, яка отримує плацебо-втручання або монотерапію, слід розглядати як ключове методологічне обмеження, що ускладнює сувору атрибуцію виявлених ефектів виключно протоколу DRP. Водночас використання високоточних і валідованих вимірювальних систем (Cutometer, Corneometer, 3D-сканування), які забезпечують кількісну реєстрацію фізіологічних змін шкірних структур, суттєво підвищує наукову значущість і відтворюваність отриманих результатів.

Перспективним напрямом подальших досліджень є розширення часових меж спостереження з оцінкою стійкості клінічних та інструментальних ефектів DRP у довгостроковій перспективі (через 6 і 12 місяців після завершення курсу), а також, за наявності етичної та технічної можливості, виконання гістологічного дослідження шкірних біоптатів. Останній підхід дозволив би отримати пряме морфологічне підтвердження вираженості неколагенезу та супутньої перебудови дермального матриксу, індукованих синергетичною взаємодією RF-впливу та LED PBM.

Висновок. Розроблений мультиапаратний протокол DermaReboot Protocol (DRP) є науково обґрунтованою, безін'єкційною технологією багаторівневої антивікової терапії, що інтегрує в єдину систему ексфоліуючі, гідратуючі, ремоделюючі та нейром'язово-стимулювальні впливи. Поставлена в дослідженні мета - теоретично й експериментально обґрунтувати біофізичні принципи дії DRP та здійснити об'єктивну оцінку його клінічної ефективності - була повністю реалізована, що підтвердилося як результатами інструментальної діагностики, так і аналізом клінічних результатів.

Протокол DRP забезпечує послідовний і взаємопов'язаний вплив на всі ключові структурні рівні шкіряно-м'язового комплексу: від контрольованого видалення рогового шару та вираженого підвищення гідrataції на 61,0% до індукції глибокого неколагенезу в дермі та

зміцнення м'язового каркаса обличчя. Такий багаторівневий характер впливу формує цілісну антивікову відповідь, що поєднує поліпшення бар'єрних і оптичних властивостей шкіри з відновленням її механічних і несучих характеристик. Біофізична синергія протоколу найбільш наочно проявляється у взаємодії термічного компонента (RF-ліфтинг) та енергетичної активації (LED-фотобіомодуляція): радіочастотний вплив ініціює структурне ремоделювання та формує запит на репарацію, тоді як LED PBM, активуючи мітохондріальний апарат і посилюючи синтез АТФ, забезпечує фібробластам необхідний енергетичний ресурс для проліферації та синтезу компонентів позаклітинного матриксу. Результатом цього каскаду є значне підвищення еластичності дерми (параметр R2 збільшився на 47,0%) та зменшення глибини зморшок на 42,0%, що свідчить про якісне дермальне ремоделювання, яке виходить за межі суто поверхневого ефекту.

Об'єктивне підтвердження ліфтинг-ефекту досягнуте завдяки застосуванню високоточного 3D-сканування, що дозволило кількісно оцінити внесок нейром'язової стимуляції у складі комплексного протоколу. Отримані дані демонструють зменшення ступеня гравітаційного птозу та підняття овалу обличчя на 33,0%, що характеризує DRP як ефективний інструмент об'ємного ремоделювання м'яких тканин. Пролонгований характер результату безпосередньо пов'язаний з концепцією клітинної пам'яті та мітохондріальної активації: після завершення курсу фібробласти зберігають підвищений рівень метаболічної та синтетичної активності, що дає змогу підтримувати досягнутий anti-aging ефект за необхідності лише однієї підтримувальної процедури один раз на три місяці, без формування залежності від частих (щомісячних) втручань.

Практичне значення проведеної роботи полягає в тому, що естетична дерматологія отримує клінічно верифікований, безпечний і високоефективний інструмент неінвазивної корекції вікових змін, який поєднує фізіологічність підходу з вираженою доказовою базою та повністю

відповідає сучасним запитам ринку на результативне, малотравматичне й ресурсно-економічне омолодження.

Література

1. The Insight Partners. (2021). Non-invasive aesthetic treatment market: Forecast to 2028. The Insight Partners. <https://www.theinsightpartners.com/reports/non-invasive-aesthetic-treatment-market> (дата звернення: 31 травня 2021 р.)

2. Gerstell, E., Marchessou, S., Schmidt, J., & Spagnuolo, E. (2020). How COVID-19 is changing the world of beauty. McKinsey & Company. <https://www.mckinsey.com/industries/consumer-packaged-goods/our-insights/how-covid-19-is-changing-the-world-of-beauty> (дата звернення: 31 травня 2021 р.)

3. American Society of Plastic Surgeons. (2020). 2019 Plastic surgery statistics report. ASPSP. <https://www.plasticsurgery.org/news/plastic-surgery-statistics> (дата звернення: 31 травня 2021 р.)

4. Meaie, J. D., Agrawal, N., Chang, D., Lee, E. I., & Nigro, M. G. (2016, August). Noninvasive facial rejuvenation. Part 3: physician-directed—lasers, chemical peels, and other noninvasive modalities. In *Seminars in plastic surgery* (Vol. 30, No. 03, pp. 143-150). Thieme Medical Publishers.

5. Raju, N. S., Krishnaswami, V., Vijayaraghavalu, S., & Kandasamy, R. (2020). Transdermal and bioactive Nanocarriers. In *Nanocosmetics* (pp. 17-33). Elsevier.

6. Lolis, M. S., & Goldberg, D. J. (2012). Radiofrequency in cosmetic dermatology: a review. *Dermatologic surgery*, 38(11), 1765-1776.

7. Ghada, F., et al. (2019). The efficacy of radiofrequency in facial rejuvenation. *The Medical Journal of Cairo University*, 87(3), 1239–1248.

8. Mancinelli, R., Toniolo, L., Di Filippo, E. S., Doria, C., Marrone, M., Maroni, C. R., ... & Fulle, S. (2019). Neuromuscular electrical stimulation induces skeletal muscle fiber remodeling and specific gene expression profile in healthy elderly. *Frontiers in Physiology*, 10, 1459.

9. Kern, H., & Carraro, U. (2020). Home-Based Functional Electrical Stimulation of Human Permanent Denervated Muscles: A Narrative Review on Diagnostics, Managements, Results and Byproducts Revisited 2020. *Diagnostics*, 10(8), 529. <https://doi.org/10.3390/diagnostics10080529>

10. Dayan, E., Burns, A. J., Rohrich, R. J., & Theodorou, S. (2020). The use of radiofrequency in aesthetic surgery. *Plastic and Reconstructive Surgery—Global Open*, 8(8), e2861.

11. Zein, R., Selting, W., & Hamblin, M. R. (2018). Review of light parameters and photobiomodulation efficacy: dive into complexity. *Journal of biomedical optics*, 23(12), 120901-120901. <https://doi.org/10.1117/1.JBO.23.12.120901>.

12. Jo, H., Brito, S., Kwak, B. M., Park, S., Lee, M.-G., & Bin, B.-H. (2021). Applications of Mesenchymal Stem Cells in Skin Regeneration and Rejuvenation. *International Journal of Molecular Sciences*, 22(5), 2410. <https://doi.org/10.3390/ijms22052410>

13. Werschler, W. P., & Werschler, P. S. (2016). Long-term efficacy of micro-focused ultrasound with visualization for lifting and tightening lax facial and neck skin using a customized vectoring treatment method. *The Journal of Clinical and Aesthetic Dermatology*, 9(2), 27.

14. Zhang, S., Qiu, Y., & Gao, Y. (2014). Enhanced delivery of hydrophilic peptides in vitro by transdermal microneedle pretreatment. *Acta Pharmaceutica Sinica B*, 4(1), 100-104.

15. Hong, P., Yang, H., Wu, Y., Li, K., & Tang, Z. (2019). The functions and clinical application potential of exosomes derived from adipose

mesenchymal stem cells: a comprehensive review. *Stem cell research & therapy*, 10(1), 242.

16. Murthy, R., Eccleston, D., Mckeown, D., Parikh, A., & Shotter, S. (2021). Improving aseptic injection standards in aesthetic clinical practice. *Dermatologic therapy*, 34(1), e14416.

17. Qassem, M., & Kyriacou, P. (2019). Review of Modern Techniques for the Assessment of Skin Hydration. *Cosmetics*, 6(1), 19. <https://doi.org/10.3390/cosmetics6010019>

18. Westermann, T. V., Viana, V. R., Berto Junior, C., Detoni da Silva, C. B., Carvalho, E. L. S., & Pupe, C. G. (2020). Measurement of skin hydration with a portable device (SkinUp® Beauty Device) and comparison with the Corneometer®. *Skin Research and Technology*, 26(4), 571-576.

19. Wang, X., Shu, X., Li, Z., Huo, W., Zou, L., Tang, Y., & Li, L. (2018). Comparison of two kinds of skin imaging analysis software: VISIA® from Canfield and IPP® from Media Cybernetics. *Skin Research and Technology*, 24(3), 379-385.

20. Draelos, Z. D., Rigel, D., & Friedman, A. (2020). Development of a photonumeric lip health scale. *Journal of Drugs in Dermatology*, 19(6), 632-636.

21. Tailor, R. (2018). Role of skin-imaging systems in modern aesthetic practice. *Journal of Aesthetic Nursing*, 7(Sup1), 42-46.

22. Zhao, Y. J., Xiong, Y. X., & Wang, Y. (2017). Three-dimensional accuracy of facial scan for facial deformities in clinics: a new evaluation method for facial scanner accuracy. *PloS one*, 12(1), e0169402.

23. Petrides, G., Clark, J. R., Low, H., Lovell, N., & Eviston, T. J. (2021). Three-dimensional scanners for soft-tissue facial assessment in clinical practice. *Journal of Plastic, Reconstructive & Aesthetic Surgery*, 74(3), 605-614.

24. Ramos, F. S., Maifrino, L. B. M., Alves, S., da Costa Aguiar Alves, B., Perez, M. M., Feder, D., ... & Fonseca, F. L. A. (2018). The effects of

transcutaneous low-level laser therapy on the skin healing process: an experimental model. *Lasers in Medical Science*, 33(5), 967-976.