

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНО-ТЕОРЕТИЧНА СТОМАТОЛОГІЯ

УДК 616.5-003.92-044.923:616-089.882

DOI <https://doi.org/10.35220/2523-420X/2025.1.6>**Д. В. Гречанюк,**аспірант кафедри хірургічної стоматології
та щелепно-лицевої хірургії,Буковинський державний медичний університет,
вул. Головна, 137, м. Чернівці, Україна, індекс 58001,
identist83@gmail.com**А. В. Бамбуляк,**

доктор медичних наук,

професор кафедри хірургічної стоматології
та щелепно-лицевої хірургії,
Буковинський державний медичний університет,
вул. Головна, 137, м. Чернівці, Україна, індекс 58001,
bambuljak.andrij@bsmu.edu.ua**ОЦІНКА ЕФЕКТИВНОСТІ РІЗНИХ
ТЕРАПЕВТИЧНИХ ПІДХОДІВ
ДО КОРЕКЦІЇ РУБЦЕВИХ ДЕФОРМАЦІЙ
ЗА ДАНИМИ МОРФОЛОГІЧНОГО
АНАЛІЗУ РЕГЕНЕРАТУ IN VIVO**

Мета дослідження. Проаналізувати та оцінити ефективність різних методів корекції рубцевих деформацій м'яких тканин in vivo. **Методи дослідження.** Експериментальна частина дослідження була проведена на 160 білих щурах лінії «Wistar» та складалась з двох етапів. На першому етапі експерименту на заздалегідь підготовленій ділянці спини моделювали дефект м'яких тканин, на другому – проводили корекцію рубцевих деформацій з подальшим вивченням морфологічних особливостей в різні терміни дослідження (7, 14, 30, 60 днів). У рамках експерименту було сформовано три дослідних групи: I група – тварини, яким корекцію рубцевих деформацій виконували із застосуванням препарату «Nascar»; II група – тварини, у яких корекція рубцевих деформацій здійснювалася з використанням комбінації «Nascar» + CO₂-лазера; III група – тварини, яким проводили корекцію рубцевих деформацій із застосуванням комплексної методики «Nascar» + CO₂-лазера+PRP-мікронідлінгу. Гістологічні зрізи забарвлювали за методикою Ван-Гізона, гематоксилін-еозином, а також резорцин-фуксином за Вейгертом. Дослідження отриманих препаратів здійснювали за допомогою мікроскопа Carl Zeiss Jena NU-2 Microscope. **Наукова новизна.** У результаті проведеного дослідження встановлено, що використання препарату «Nascar» (I група) забезпечувало активну регенерацію на ранніх етапах, однак згодом спостерігалось формування типового рубця. Поєднання препарату «Nascar» з CO₂-лазером (II група) сприяло кращій структурованості колагенових волокон, васкуляризації та ангиогенезу, що забезпечувало регенерат, схожий на нормальну шкіру. Однак, комплексна методика, яка включала застосування препарату «Nascar», CO₂-

лазер та PRP-мікронідлінг (III група), демонструвала найбільш виражені відновлювальні процеси, забезпечуючи найбільш швидке формування грануляційної тканини та високий рівень ремоделювання колагенових волокон. **Висновки.** Таким чином, найбільш ефективним виявився комплексний підхід із використанням «Nascar» + CO₂-лазера+PRP-мікронідлінгу, який забезпечував швидке та майже повне відновлення структури шкіри, зменшуючи рубцеві зміни й покращуючи якість регенерату.

Ключові слова: рубці, регенерат, морфологічний аналіз, методи корекції.

D. V. Grechaniuk,

Postgraduate Student of the Department of Surgical

Dentistry and Maxillofacial Surgery,

Bukovinian State Medical University,

137 Golovna street, Chernivtsi, Ukraine, postal code 58001,
identist83@gmail.com**A. V. Bambuliak,**

Doctor of Medical Sciences,

Professor of the Department of Surgical Dentistry

and Maxillofacial Surgery

Bukovinian State Medical University

137 Golovna street, Chernivtsi, Ukraine, postal code 58001,
bambuljak.andrij@bsmu.edu.ua**EVALUATION OF THE EFFICACY
OF DIFFERENT THERAPEUTIC
APPROACHES FOR THE CORRECTION
OF SCAR DEFORMITIES BASED
ON MORPHOLOGICAL ANALYSIS
OF THE REGENERATED TISSUE IN VIVO**

The aim of this study was to analyse and evaluate the effectiveness of different methods of correcting soft tissue scar deformities in vivo. **Methods of the study.** The experimental part of the study was performed on 160 white Wistar rats and consisted of two stages. In the first stage of the experiment, a soft tissue defect was modelled on a pre-prepared back area, and in the second stage, scar deformities were corrected with further study of morphological features at different study periods (7, 14, 30, 60 days). The experiment animals were divided into three groups: Group I – animals in which the correction of scar deformities was performed using the drug “Nascar”; Group II – animals in which the correction of scar deformities was performed using the combination of “Nascar” + CO₂ laser; Group III – animals in which the correction of scar deformities was performed using the complex technique of “Nascar” + CO₂ laser + PRP microneedling. The histological sections were stained by Van Gieson's method, haematoxylin-eosin and resorcin-fuchsin by Weigert's method. The specimens were examined using a Carl Zeiss Jena NU-2 microscope. **Scientific novelty.** The study found that

the use of the drug "Nascar" (group I) provided active regeneration in the early stages, but later the formation of a typical scar was observed. The combination of "Nascar" + CO₂ laser (group II) contributed to an improved collagen fibre structure, vascularisation and angiogenesis, resulting in a regeneration similar to normal skin. However, the complex technique involving the use of "Nascar" + CO₂ laser + PRP microneedling (group III) showed the most pronounced recovery processes, providing the fastest formation of granulation tissue and a high level of collagen fibre remodelling. **Conclusions.** Thus, the most effective was the complex approach using "Nascar" + CO₂ laser + PRP microneedling, which allowed a rapid and almost complete restoration of the skin structure, reducing scarring and improving the quality of the regenerate.

Key words: scars, regeneration, morphological analysis, correction methods.

Рубцеві деформації, які виникають внаслідок травматичних ушкоджень, хірургічних втручань або опіків, становлять значну медико-соціальну проблему, оскільки можуть призводити до функціональних порушень, естетичних дефектів та зниження якості життя пацієнтів [1, с. 33; 2, с. 615; 3, с. 18]. Оптимізація методів корекції рубцевої тканини є актуальним завданням сучасної регенеративної медицини, зокрема у сфері реконструктивної та естетичної хірургії [4, с. 465, 5, с. 278].

В умовах сучасної України необхідність удосконалення підходів до лікування рубцевих деформацій набуває особливого значення у зв'язку зі збільшенням кількості пацієнтів із посттравматичними ушкодженнями шкіри, зокрема серед військовослужбовців та цивільних осіб, постраждалих внаслідок воєнних дій [6, с. 11]. Ефективна корекція рубцевих змін дозволить не лише відновити функціональність уражених тканин, а й буде сприяти соціальній адаптації пацієнтів, покращенню їхнього психоемоційного стану та підвищенню якості життя [7, с. 152].

Розвиток сучасних біотехнологій та впровадження комбінованих методик, які поєднують фармакологічні препарати, лазерну терапію та плазмотерапію (PRP), відкриває нові можливості для покращення регенерації шкіри та мінімізації рубцевих змін. Проте відсутність чітких алгоритмів застосування цих методів і необхідність їхньої комплексної оцінки на експериментальних моделях *in vivo* зумовлюють потребу в подальших наукових дослідженнях у цій сфері [8, с. 26].

Дослідження передбачає комплексну оцінку морфологічних змін у рубцевій тканині після застосування різних методів корекції, що дозволить обґрунтувати оптимальні терапевтичні стратегії для покращення якості регенерації шкіри.

Отримані результати можуть бути використані у клінічній практиці для розробки ефективних схем лікування рубцевих деформацій, що має важливе значення для реабілітації пацієнтів з посттравматичними та післяопераційними ушкодженнями.

Мета – проаналізувати та оцінити ефективність різних методів корекції рубцевих деформацій м'яких тканин *in vivo*.

Матеріали та методи дослідження. Експериментальна частина дослідження була проведена на 160 білих щурах лінії «Wistar» (лише самці, віком 12–14 тижнів, маса 200–250 г) та складалась з двох етапів. На першому етапі експерименту на заздалегідь підготовленій ділянці спини моделювали дефект м'яких тканин (розсікали шкіру, висікали фрагмент шкіри з м'язами розміром 0,5 × 1,0 см за допомогою ножиць із вигнутими браншами, після чого рану ушивали «ViCryl»). На другому етапі експерименту проводили корекцію рубцевих деформацій з подальшим вивченням морфологічних особливостей в різні терміни дослідження (7, 14, 30, 60 днів).

У рамках експерименту було сформовано три дослідних групи: I група – тварини, яким корекцію рубцевих деформацій виконували із застосуванням препарату «Nascar»; II група – тварини, у яких корекція рубцевих деформацій здійснювалася з використанням комбінації «Nascar» + CO₂-лазера; III група – тварини, яким проводили корекцію рубцевих деформацій із застосуванням комплексної методики «Nascar» + CO₂-лазера + PRP-мікронідлінгу.

З метою отримання зразків тканин для проведення гістологічних досліджень, щурів виводили з експерименту шляхом евтаназії під тіопенталовим наркозом [9, с. 11]. Біопсійний матеріал шкіри відбирали з урахуванням захоплення 4–5 мм навколишньої інтактної тканини, після чого зразки фіксували у 4 % нейтралізованому розчині формальдегіду, приготовленому на ацетатному буфері (pH = 7,2–7,4). Після 24-годинного промивання у воді зразки м'яких тканин піддавали поступовій дегідратації у спиртах висхідних концентрацій, після чого заливали у парафін або целоїдин відповідно до загальноприйнятої методики. Гістологічні зрізи забарвлювали за методикою Ван-Гізона, гематоксилін-еозином, а також резорцин-фуксином за Вейгертом [10, с. 73]. Дослідження отриманих препаратів здійснювали за допомогою мікроскопа Carl Zeiss Jena NU-2 Microscope.

Результати дослідження та їх обговорення. У результаті проведеного дослідження встанов-

лено, що на 7 добу після проведеної корекції дефекту м'яких тканин у тварин І групи, у яких застосовували препарат «Nascar», у зоні впливу спостерігалось формування струпа (некротизована ділянка шкіри), оточеного зоною демаркаційного запалення, а також розвиток сполучнотканинного регенерату. Поверхневі шари грануляційної тканини були менш зрілими, в яких спостерігалась наявність численних вертикально орієнтованих капілярів, зокрема синусоїдного типу. Ці ділянки були інфільтровані сегментоядерними нейтрофілами та макрофагами, що свідчило про активну фазу запалення та регенерації. Колагенові волокна у поверхневих шарах були тонкими та нерівномірно розташованими. У глибших шарах грануляційної тканини пучки колагенових волокон значно товщі, що свідчить про прогресуюче дозрівання регенерату. Кількість капілярів у цих шарах залишалася високою, а фібробласти мали характерну веретеноподібну форму, що є морфологічною ознакою активного синтезу міжклітинного матриксу.

Через 14 діб після проведеної корекції у тварин І групи, в ділянці дефекту спостерігалось формування струпа, який покриває більшу частину регенерату. По периферії регенерату (фіброзна тканина) спостерігалася епітелізація, котра супроводжувалась процесом відторгнення струпа. У центральній частині регенерату епітелізація була відсутня. Морфологічно в регенераті спостерігалось щільне згущення односпрямованих пучків колагенових волокон, висока концентрація фібробластів та добре розвинена капілярна мережа. У центральній частині дефекту структура регенерату була представлена тонковолокнистою тканиною з різноспрямованими пучками колагенових волокон.

Через 30 діб після корекції у тварин І групи («Nascar»), в зоні впливу формувалась втягнутий рубець, який заміщав більшу частину поверхні (рис. 1). У цій ділянці сосочковий малюнок епідермісу був згладжений, епідермальні похідні повністю відсутні. Колагенові волокна утворювали потужні, односпрямовані пучки, серед яких локально спостерігалися еластичні волокна. Структура васкуляризації тканини відповідала характеристикам типового рубця. Підшкірна жирова клітковина була частково відновленою, однак залишалася слаборозвиненою; у її стромі спостерігалися явища склерозу. У підлеглий м'язовій тканині спостерігалися великі зони некрозу, а також виражені ознаки продуктивного міозиту, що свідчить про наявність хронічного запального процесу й обмежений регенераційний потенціал уражених м'язових волокон.

Через 60 діб після корекції у тварин І групи в ділянці дефекту спостерігалось формування невеликого рубця, у структурі якого колагенові волокна були щільно упаковані та орієнтовані тангенціально відносно поверхні шкіри (рис. 2). У рубцевій тканині відзначали збільшення товщини пучків колагенових волокон, що свідчило про ремоделювання екстрацелюлярного матриксу. При цьому кількість фібробластів зменшувалася, що вказувало на завершення активної фази фіброзу. Кількість капілярів залишалася незмінною порівняно з попередніми термінами спостереження, що може свідчити про стабільність ангиогенезу в цій зоні. У підшкірній жировій клітковині та підлеглому м'язовому шарі спостерігалися ознаки склеротичних змін, які проявлялися ущільненням міжклітинного матриксу та зниженням кількості функціональних елементів тканини.

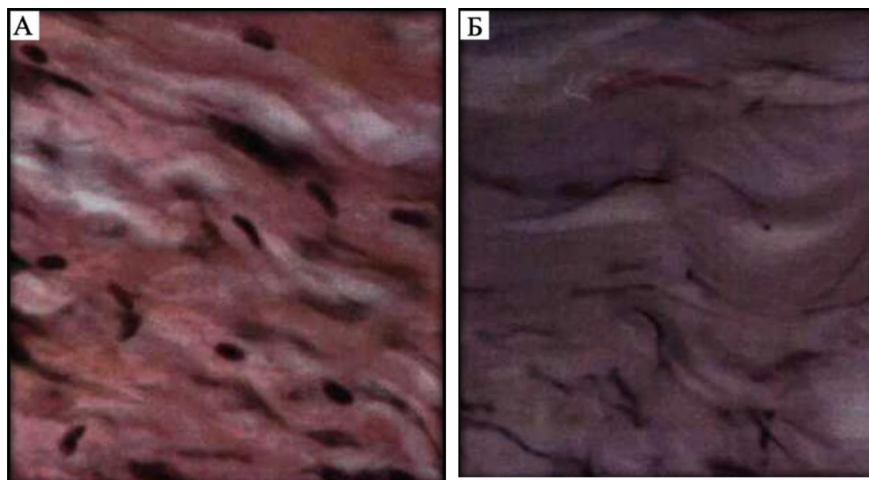


Рис. 1. Зразок шкіри щура І групи через 30 днів після корекції: А – пучки колагенових волокон щільно упаковані, односпрямовані (зафарбування за Ван-Гізоном, $\times 80$); Б – еластичні волокна рубцевої тканини (резорцин-фуксином, $\times 180$)



Рис. 2. Зразок шкіри щура I групи через 60 днів після корекції. Макроскопічна структура: епідерміс (а) та рубцева тканина (б) у зоні впливу (зафарбування за методом Ван-Гізона, збільшення $\times 40$)

Через 7 днів після проведення корекції у тварин II експериментальної групи («Nascar» + CO_2 -лазер) спостерігалось повне відновлення епідермального шару в зоні втручання. Дефект був заповнений тонковолокнистою сполучною тканиною, у якій об'єктивізувалися ознаки макрофагально-нейтрофільної інфільтрації. Також відзначалася активна організація крововиливів. Хірургічний шовний матеріал був інкапсульова-

ним, що підтверджувалось наявністю гігантських багатоядерних клітин, характерних для реакції організму на сторонні тіла.

Через 14 днів після проведення корекції у тварин II експериментальної групи в зоні дефекту спостерігалось формування рубця, у структурі якого чітко диференціюються зони епідермісу та рубцевої тканини. Епідерміс у ділянці рубця залишався стоншеним. Рубцева тканина характеризувалася наявністю тонких, щільно упакованих пучків колагенових волокон, орієнтованих тангенціально відносно поверхні епідермісу. Порівняно з попереднім періодом, спостерігається збільшення товщини колагенових волокон, що свідчить про активізацію процесів ремоделювання сполучної тканини. Рубцева тканина мала високу васкуляризацію, що забезпечувало належний трофічний стан, та значну кількість фібробластів, які є маркерами активного синтезу колагену. Інфільтрація макрофагами, виявлена в тканині, може свідчити про продовження імунологічної реакції та участь у процесах реконструкції матриксу рубця. У зоні розташування хірургічної нитки спостерігається формування капсули, оточеної скупченнями багатоядерних гігантських клітин, що вказує на гранулематозний тип реакції організму на стороннє тіло. Ці зміни є типовими для перебудови рубцевої тканини в пізній фазі загоєння та адаптивної відповіді на застосовані методи корекції.

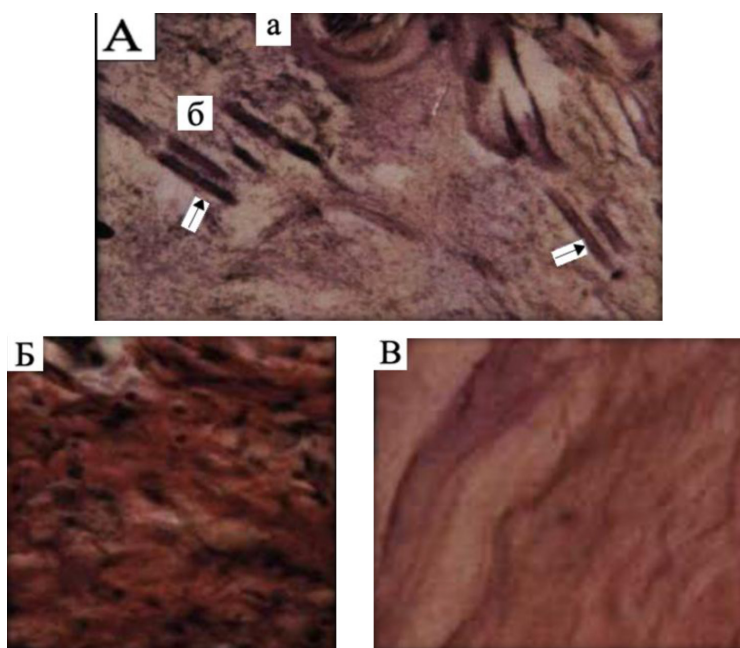


Рис. 3. Мікропрепарат шкіри щура II групи на 30-й день після проведеної корекції. А – загальний вигляд: а – епідерміс, б – рубець, Т – волосяні фолікули (зафарбування гематоксилін-еозином, $\times 40$); Б – архітектоніка колагенових волокон (зафарбування за методом Ван-Гізона, $\times 60$); В – еластичні волокна рубцевої тканини (зафарбування резорцин-фуксином, $\times 160$)

Через 30 днів після проведення корекції у тварин II експериментальної групи («Nascar» + CO₂-лазер) в зоні впливу спостерігається формування м'якого рубця. У його структурі чітко визначаються зони епідермісу та рубцевої тканини (рис. 3). Товщина регенерату суттєво зростає порівняно з попереднім терміном спостереження. Морфологічно тканина характеризується добре структурованими пучками колагенових волокон. У поверхневому шарі більшість волокон спрямована тангенціально, що свідчить про більш впорядковану організацію волокон, характерну для процесів дозрівання рубця. У глибоких шарах рубцевої тканини пучки колагенових волокон залишаються різноспрямованими, серед них помітні еластичні волокна, що може вказувати на поступове відновлення функціональних властивостей тканини. Кількість фібробластів та рівень васкуляризації тканини залишаються незмінними порівняно з попереднім терміном спостереження, що може свідчити про стабілізацію процесів ангіогенезу та завершення активної проліферативної фази регенерації.

Через 60 діб після проведення хірургічного втручання в ділянці рани у тварин II групи спостерігається утворення регенерату, який за своєю структурою наближається до нормальної шкіри (рис. 4). Основною особливістю є більш щільне розташування пучків колагенових волокон, що свідчить про активний процес ремоделювання матриксу, а також збільшена кількість фібробластів, що може бути індикатором інтенсифікації клітинної проліферації та активації процесів загоєння. Ці морфологічні зміни є свідченням ефективності регенераційних процесів та свідчать про прогресивне відновлення тканин на клітинному рівні.

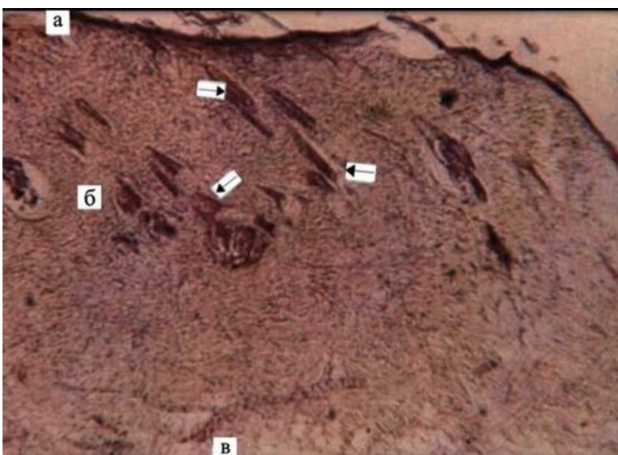


Рис. 4. Мікропрепарат шкіри щура II групи на 60-й день після проведеної корекції. Загальний вигляд: а – епідерміс, б – дерма, в – волосяні фолікули (зафарбування гематоксилін-еозином, збільшення $\times 40$)

На 7 день після проведення корекції у тварин III експериментальної групи («Nascar» + CO₂-лазер + PRP-мікронідлінг) в зоні ушкодження чітко спостерігалися три морфологічно відокремлені зони: зона детриту, яка виконує функцію струпа; зона демаркації; та зона грануляційної тканини, багатой кровоносними капілярами. Зона детриту була представлена некротично зміненою шкірою, котра включала некротизований епідерміс з його похідними та дерму. У дермі колагенові фібрили були розташовані хаотично, міжфібрилярні простори значно розширені через виражений набряк.

Більшість колагенових фібрил втратили попередню посмугованість, що свідчило про їх дегенерацію, та мали ознаки розволокіння і фрагментації. Зона демаркації слугувала бар'єром між некротичними тканинами та ділянкою регенерації, що свідчило про активацію механізмів захисної реакції організму. Грануляційна тканина характеризувалася високою васкуляризацією і активною проліферацією фібробластів, які забезпечують синтез міжклітинного матриксу.

Колагенові волокна сформовані у вигляді тонких, добре структурованих пучків, серед яких візуалізуються еластичні волокна, котрі надають тканині необхідну еластичність. Формування грануляційної тканини починалося з периферії, з боку інтактної шкіри та фасції, поступово вросло у зону детриту, а також у підлеглі структури. Поверх грануляційної тканини відбувалося поступове наростання епідермального шару, що свідчить про активізацію епітелізації. Морфологічна картина свідчила про ефективну резорбцію детриту в зоні ушкодження та одночасне формування регенеративної тканини, яка заповнювала міжволоконні простори в некротизованій дермі. Даний процес є важливим показником відновлення пошкоджених тканин і прогресу регенерації.

Через 14 діб після проведеної корекції, у тварин III групи, в зоні пошкодження все ще спостерігався детрит, проте його об'єм суттєво зменшується (рис. 5). У зазначений період спостерігалися виразні ознаки активної резорбції детриту за участю клітин макрофагальної та фібробластичної популяцій, механізми дії яких були детально описані раніше.

Особливу увагу в даний термін спостереження привертає наявність структур, характерних для процесів заміщення пошкоджених ділянок регенератом, що свідчить про активізацію репаративних процесів у сполучній тканині. В макрофагах спостерігається інтенсивний фагоцитоз, тоді як фібробласти демонстрували високу синтетичну активність, спрямовану на продукцію позаклітин-

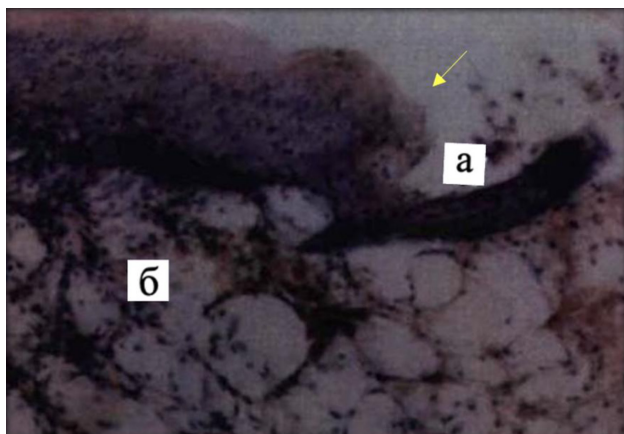


Рис. 5. Мікропрепарат шкіри щура III групи на 14-й день після проведеної корекції: *а* – детрит, *б* – зона демаркаційного запалення, (стрілка) – колагенові волокна детриту (зафарбування гематоксилін-еозином, збільшення $\times 80$)

ного матриксу, зокрема колагену та глікозаміногліканів. Ці зміни вказували на поступовий перехід від стадії запалення до стадії регенерації, яка

характеризується формуванням молодшої грануляційної тканини, котра є основою для подальшого ремоделювання та відновлення структури пошкоджених ділянок.

Поряд із цим визначаються ознаки дозрівання тканини регенерату, які характеризувалися загальними для всіх груп морфологічними ознаками. Пучки колагенових волокон регенерату ставали товстішими порівняно з попереднім терміном, серед них диференціювалися основні та комунікаційні. Як і раніше, візуалізувались гігантські багатоядерні клітини (рис. 6).

Через 30 діб після проведеного експерименту у тварин III групи («Nascar» + CO₂-лазер + PRP-мікронідлінг) спостерігалось заміщення вогнища ушкодження шкіри тонковолокнистим епітелізованим регенератом, який демонстрував відновлені епідермальні похідні, зокрема волосяні фолікули. Периферична частина регенерату (більша за розмірами) за своєю структурою була подібна до навколишньої шкіри, тоді як центральна частина

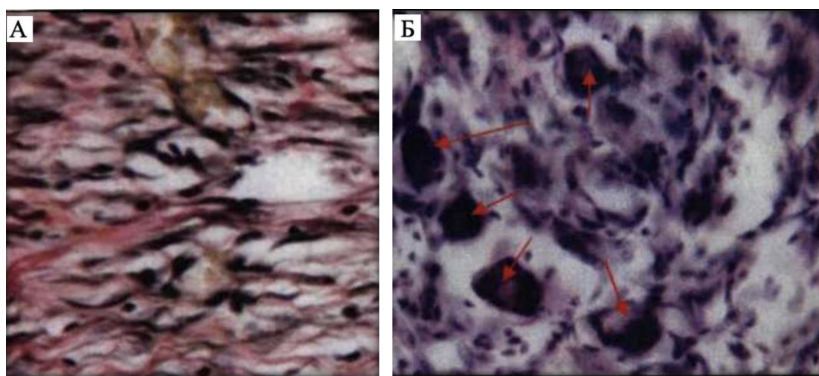


Рис. 6. Мікроструктура сполучнотканинного регенерату на 14-ту добу експерименту в тканинах тварин III групи: А – пучки колагенових волокон регенерату, щільно організовані, різноспрямовані, фуксинофільні (фарбування за Ван-Гізоном, збільшення $\times 180$); Б – наявність гігантських багатоядерних клітин (показані стрілками) серед колагенових волокон регенерату (фарбування гематоксилін-еозином, збільшення $\times 80$)

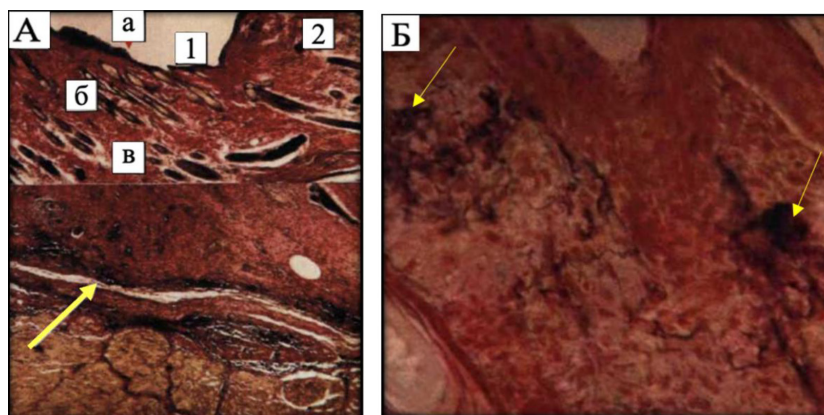


Рис. 7. Мікроструктурні зміни регенерату шкіри у зразках експериментальних тварин III групи через 30 діб після корекції: А – загальний вигляд: 1 – центральна частина регенерату (*а* – епідерміс, *б* – дерма, *в* – підшкірна жирова клітковина з явищами фіброзу), 2 – периферична частина регенерату, (стрілкою позначено смугоподібний макрофагальний інфільтрат), (зафарбування за методом Ван-Гіза, збільшення $\times 32$); Б – явища гіпереластозу в дермі, стрілками вказано локалізацію (зафарбування резорцин-фуксином, збільшення $\times 80$)

була сформована тонковолокнистою фіброзною тканиною (рис. 7А).

Привертало увагу, що протяжність центральної частини регенерату значно зменшилася порівняно з попереднім терміном, вона була втягнута і стоншена, що контрастувало з більшою периферичною частиною та інтактною шкірою. Сосочковий малюнок епідермісу в центральній частині регенерату був згладжений, що вказує на незначний рівень диференціації цього шару.

Водночас, у периферичній частині регенерату сосочковий малюнок був чітко виражений, а також спостерігалися добре розвинені волосні фолікули, сальні та потові залози. У сполучнотканинній частині регенерату спостерігалися два основні шари: сосочковий та сітчастий. Пучки колагенових волокон у регенераті мали тонку, різноспрямовану, хвилясту конфігурацію та були диференційовані на основні та зв'язкові. Вони виявлялися подібними до пучків колагенових волокон нормальної шкіри, але з більшою щільністю.

Крім того, в дермі вогнищево спостерігалися явища гіпереластозу (рис. 7Б), що свідчить про активні процеси еластинової резистентності в зонах пошкодження. У сполучній тканині регенерату порівняно з попереднім терміном спостерігалось зниження ступеня васкуляризації та кількості фібробластів, що вказує на поступове дозрівання тканин та їх перехід до стабільнішого стану з наступною нормалізацією структурних характеристик.

На 60-ту добу експерименту у тварин III дослідної групи структура регенерату максимально наближалася до інтактної шкіри, що підтверджувалось даними морфологічного аналізу (рис. 8). Порівняно з I («Nascar») та II («Nascar» + CO₂-лазер) групами, відзначалося більш щільне паку-

вання пучків колагенових волокон (вказувало на підвищену організацію сполучної тканини), а також вища концентрація фібробластів (що є характерною ознакою помірного фіброзу).

Присутність макрофагів, які продовжували здійснювати резорбцію колагенових фібрил у регенераті, свідчило про активно триваюче ремоделювання тканини. Цей процес є важливим етапом для формування більш функціональної структури регенерату, наближеної до природного стану шкіри. Зазначені морфологічні зміни можуть бути пов'язані із синергетичним впливом комбінації методів корекції («Nascar» + CO₂-лазер + PRP мікронідлінг), що забезпечило посилення регенеративного потенціалу тканин.

Отже, проведене морфологічне дослідження підтвердило вплив запропонованих нами методів корекції рубцевих деформацій на процеси регенерації тканин. Використання препарату «Nascar» (I група) забезпечувало активну регенерацію на ранніх етапах, однак згодом спостерігалось формування типового рубця. Поєднання препарату «Nascar» з CO₂-лазером (II група) сприяло кращій структурованості колагенових волокон, васкуляризації та ангиогенезу, що забезпечувало регенерат, схожий на нормальну шкіру. Однак, комплексна методика, яка включала застосування препарату «Nascar», CO₂-лазер та PRP-мікронідлінг (III група), демонструвала найбільш виражені відновлювальні процеси, забезпечуючи найбільш швидке формування грануляційної тканини та високий рівень ремоделювання колагенових волокон.

Висновок. Таким чином, найбільш ефективним виявився комплексний підхід із використанням «Nascar» + CO₂-лазера + PRP-мікронідлінгу, який забезпечував швидке та майже повне від-

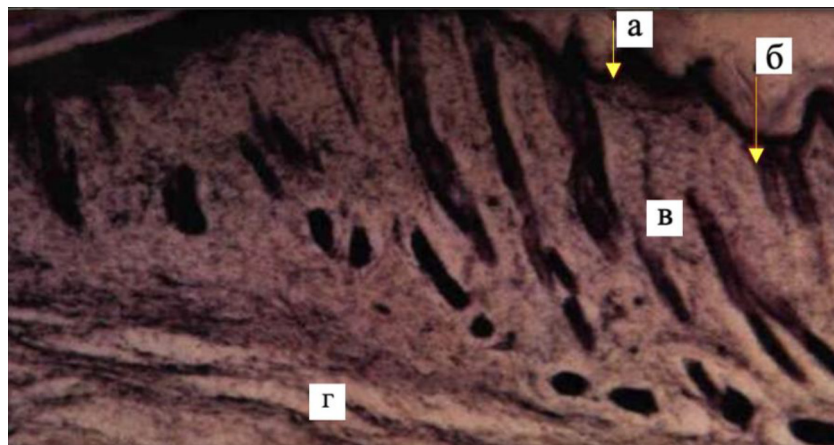


Рис. 8. Мікроструктура регенерату шкіри у тварин IV експериментальної групи через 60 днів після корекції: а – епідерміс, б – сосочковий шар дерми, в – сітчастий шар дерми, г – підшкірна жирова клітковина; волосні фолікули позначені стрілками (зафарбування гематоксилін-еозином, збільшення $\times 32$)

новлення структури шкіри, зменшуючи рубцеві зміни й покращуючи якість регенерації.

Перспективи подальших досліджень.

Подальші дослідження будуть спрямовані на вдосконалення терапевтичних підходів до корекції рубцевих деформацій шляхом вивчення молекулярних механізмів регенерації, застосування біоінженерних технологій та оцінки довгострокової ефективності лікування.

Література:

1. Скрипник В. М. Профілактика патологічних рубців обличчя та шиї. *Вісник проблем біології і медицини*. 2012. Т. 4. № 96. С. 32–35.
2. Gonzalez A. C., Costa T. F., Andrade Z. A. та ін. Wound healing – A literature review. *An Bras Dermatol*. 2016. Vol. 91. № 5. С. 614–620.
3. Аветіков Д. С., Ставицький С. О. Клініко-морфологічне обґрунтування комплексного лікування патологічних рубців, що локалізовані в ділянках голови та шиї: монографія. Полтава: ТОВ «АСМГ»/ 2013. 94 с.
4. Harn H. I., Ogawa R., Hsu C. K. та ін. The tension biology of wound healing. *Exp Dermatol*. 2017. № 28. P. 464–471.
5. Огоновський Р. З., Погранична Х. Р., Луценко Н. С., Лоза Х. О., Нагірний Я. П. Сучасні методи профілактики та лікування патологічних рубців голови та шиї. *Вісник проблем біології і медицини*. 2023. № 1(168). С. 276–279.
6. Денисюк М. В., Дубров С. О., Черняєв С. В., Заїкін Ю. М. Структура травматичних ушкоджень. Досвід лікування поранених внаслідок бойових дій в перші дні нападу росії на Україну. *Pain. Anaesthesia & Intensive Care*. 2022. № 1. С. 7–12.
7. Салайда І. М. Сучасні методи лікування рубців після загоєння ран, отриманих після вогнепальних поранень і мінно-вибухових травм різного генезу та локалізації у військових. *Здобутки клінічної і експериментальної медицини*. 2024. № 2. С. 150–153.
8. Kang R. S., Lee M. K., Seth R., Keller P. Platelet-Rich Plasma in Cosmetic Surgery. *Int J Otorhinolaryngol Clin*. 2013. Vol. 5. № 1. P. 24–28.
9. Лихацький П. Г., Фіра Л. С., Фіра Д. Б., Алексєвич К. О. Дослідження активності енергетичних процесів у щурів за умов тютюново-нітритної інтоксикації після застосування карболайну. *Медична та клінічна хімія*. 2021. Т. 23. № 3. С. 10–18.
10. Варенюк І. М., Дзержинський М. Е. Методи цито-гістологічної діагностики: навчальний посібник. Київ : Інтерсервіс. 2019. 256 с.

References:

1. Skrypnyk, V. M. (2012). Profilaktyka patolohichnykh rubtsiv oblychchia ta shyi [Prevention of pathological scars on the face and neck]. *Visnyk problem*

biolohii i medytsyny – Bulletin of problems biology and medicine, 4(96), 32–35 [in Ukrainian].

2. Gonzalez, A. C., Costa, T. F., Andrade, Z. A., et al. (2016). Wound healing: A literature review. *An Bras Dermatol*, 91(5), 614–620.

3. Avetkov, D. S., & Stavytskyi, S. O. (2013). Kliniko-morfolohichne obgruntuvannya kompleksnoho likuvannya patolohichnykh rubtsiv, shcho lokalizovani v dilianakh holovy ta shyi [Clinical and morphological substantiation of the complex treatment of pathological scars localised in the head and neck areas]: Poltava: LLC “ASMG” [in Ukrainian].

4. Harn, H. I., Ogawa, R., Hsu, C. K., et al. (2017). The tension biology of wound healing. *Exp Dermatol*, 28, 464–471.

5. Ohonovskyi R. Z., Pohranychna H. R., Lutsenko N. S., Loza H. O., Nahirnyi Y. P. (2023). Suchasni metody profilaktyky ta likuvannya patolohichnykh rubtsiv holovy ta shyi [Modern methods of prevention and treatment of head and neck pathological scars]. *Visnyk problem biolohii i medytsyny – Bulletin of problems biology and medicine*, 1(168), 276–279 [in Ukrainian].

6. Denysuk, M., Dubrov, S., Cherniaiev, S., Sereda, S., & Zaikin, Y. (2022). Struktura travmatychnykh ushkozhen ta dosvid likuvannya poranenykh vnaslidok boiovykh dii u pershi dni napadu Rosii na Ukrainu [Structure of traumatic injuries and experience in the treatment of the wounded patients, as a result of hostilities in the first days of Russia's attack on Ukraine]. *Pain. Anaesthesia & intensive care*, 1, 7–12 [in Ukrainian].

7. Салайда, І. М. (2024, липень). Suchasni metody likuvannya rubtsiv pislia zahoiennia ran, otrymanykh pislia vohnepalnykh poranen i minno-vybukhovyykh travm riznogo henezu ta lokalizatsii u viiskovykh [Modern methods of treatment of scars obtained as a result of the healing of wounds received after gunshot and mine-explosive traumas of various genesis and localization in military staff]. *Zdobutky Klinichnoi i Eksperymentalnoi Medytsyny – Achievements of Clinical and Experimental Medicine*, (2), 150–153 [in Ukrainian].

8. Kang, R. S., Lee, M. K., Seth, R., & Keller. (2013). Platelet-rich plasma in cosmetic surgery. *Int J Otorhinolaryngol Clin*, 5(1), 24–28.

9. Lykhatskyi, P. H., Fira, L. S., Fira, D. B., & Alekseyevych, K. O. (2021). Doslidzhennia aktyvnosti enerhetychnykh protsesiv u shchuriv za umov tiutunovo-nitrytnoi intoksykatsii pislia zastosuvannya karbolainuy [Study of energy process activity in rats under tobacco-nitrite intoxication after carboline application]. *Medychna ta klinichna khimiia – Medical and clinical chemistry*, 23(3), 10–18 [in Ukrainian].

10. Varenjuk, I. M., & Dzerzhynskyi, M. E. (2019). Metody tsyto-histolohichnoi diahnostryky [Methods of cytohistological diagnostics]. Kyiv : Interservice. [in Ukrainian].