

МОРФОФУНКЦІОНАЛЬНІ ОСОБЛИВОСТІ ПЕРЕДНЬОЇ ЧЕРЕВНОЇ СТІНКИ ПІСЛЯ ЛІПОСАКЦІЇ ТА АБДОМІНОПЛАСТИКИ В ЕКСПЕРИМЕНТІ

©О. В. Тромбола, О. Г. Попадинець

Івано-Франківський національний медичний університет

РЕЗЮМЕ. Згідно з прогнозами, до 2035 року щорічний ріст поширеності ожиріння в Україні складатиме 1,6 %. Одними з його наслідків, що не піддаються усуненню зміною способу життя, є естетичні дефекти передньої черевної стінки. Рандомізовані порівняльні проспективні випробування корекції даних ускладнень на людях дуже рідкісні, дорогі та мають багато етичних проблем. Шляхом вирішення вказаної ситуації можуть стати експериментальні моделі, які характеризуються стабільністю, відтворюваністю, різноманітністю спектра можливих досліджень та їх інформативністю, що дозволяє досягти значущого розуміння змін та методів впливу різних способів корекції.

Мета – вивчити морфофункціональні особливості передньої черевної стінки після проведення ліпосакції та абдомінопластики в експерименті та оцінити біохімічні маркери за таких умов.

Матеріал і методи. Для досягнення кінцевої мети було сплановано триетапний експеримент, який передбачав моделювання аліментарного ожиріння, проведення ліпосакції, абдомінопластики та різних способів їх комбінації, а також забір біологічного матеріалу (тканини передньої черевної стінки та кров дослідних тварин) і з його наступним морфологічним і біохімічним дослідженням.

Результати. Після звершення першого етапу було констатовано ожиріння в 100 % дослідних тварин. Наслідком оперативних втручань, проведених на 2 етапі, стало статистично достовірне зменшення обводу живота в усіх групах. Також було встановлено підвищений вміст гідроксипроліну в усіх дослідних групах на всіх післяопераційних термінах. Дермально-гіподермальні шари шкіри ПЧС на 3 добу після симультанного виконання ліпосакції та абдомінопластики представлені множинними тонкими фібрилами колагенових волокон та дифузно розсіяними їх пучками. Добре прослідковуються численні веретеноподібно витягнені фібробласти із відростками. На 6 добу спостерігається структурованість дерми із чіткою візуалізацією кровоносних судин, які формують петлі та сітки. У гіподермі адипоцити не прослідковуються, набряклі розшаровані сполучнотканинні волокна, фібробласти та дифузна інфільтрація лімфоцитами. На 12 добу гіподерма пронизана численними кровоносними судинами та тяжами тонких сполучнотканинних волокон.

Висновки. 1. Запропоновані моделі є ефективними для експериментального вивчення ліпосакції та абдомінопластики. 2. Кореляція результатів морфологічного та біохімічного досліджень дозволяє стверджувати, що підвищення вмісту гідроксипроліну є показником посиленого обміну колагену та може слугувати маркером процесів загоєння у післяопераційному періоді. 3. Попри те, що симультанне виконання ліпосакції та абдомінопластики в експерименті супроводжується найбільшою травматизацією тканин, таке поєднання дозволяє досягти найкращого морфологічно підтвердженого відновлення передньої черевної стінки дослідних тварин.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: ліпосакція; абдомінопластика; гідроксипролін; експеримент; естетичні дефекти передньої черевної стінки.

Вступ. Всесвітня організація охорони здоров'я та Світова федерація ожиріння синхронно констатують невпинний та стрімкий ріст глобальної поширеності цієї патології: 2000 рік – 8,7 % глобальної популяції, [1], 2020 рік – 38 %, а вже до 2035 року від ожиріння страждатиме 50 % населення світу [2]. Що ж до України, станом на 2016 рік стандартизована за віком поширеність ожиріння складала 24,1 % серед дорослих [1], а його щорічний ріст, відповідно до прогнозів, дорівнюватиме 1,6 % [2].

Окрім підвищення ризику виникнення таких системних проблем зі здоров'ям як артеріальна гіпертензія, метаболічний синдром, дисліпідемія, резистентність до інсуліну та діабет 2-го типу [3], ожиріння призводить і до менш очевидних наслідків, як от стійке зниження якості життя [4] і поява естетичних дефектів передньої черевної стінки (ПЧС) [3], які неможливо усунути зміною режи-

му фізичної активності та харчування [5], а єдиний спосіб їх радикальної корекції – хірургічний – супроводжується рівнем післяопераційних ускладнень аж до 46,5 % [6], що свідчить на користь необхідності його глибшого дослідження.

Однак багатоцентрове сліпе рандомізоване порівняльне проспективне вивчення оперативних втручань, особливо в естетичній медицині, супроводжується величезною кількістю процесуальних, фінансових та етичних проблем [7], у зв'язку з чим науковці часто обирають експериментальні моделі, об'єктами в яких виступають гризуни [8].

Дані моделі, в силу анатомічної схожості ПЧС гризунів і людей [7, 9], дають можливість не тільки виконати оперативні втручання із застосуванням загальноприйнятої клінічної оперативної техніки [10], а й провести «польове тестування» комбінації різних операцій [9, 10] із вивченням їх фізіологічних, біохімічних та патоморфологічних

наслідків, аналіз яких дозволить наблизитись до наукового обґрунтування оптимального методу корекції естетичних дефектів ПЧС.

Мета – вивчити морфофункціональні особливості передньої черевної стінки після проведення ліпосакції та абдомінопластики в експерименті та оцінити біохімічні маркери за таких умов.

Матеріал і методи дослідження. Для досягнення кінцевої мети було сплановано триетапний експеримент, який передбачав моделювання ожиріння, проведення оперативних втручань та забір біологічного матеріалу з його наступним морфологічним і біохімічним дослідженням.

На першому етапі було відібрано 98 статевозрілих самок білих безпородних щурів віком 120 днів, з яких сліпим методом сформовано 2 групи: інтактна (n=7, забезпечене збалансоване харчування) та експериментальна (n=91). Тварин одноосібно утримували в спеціалізованому приміщенні, обладнаному для проведення експериментів. Протягом всіх етапів було строго дотримано основних принципів Конвенції Ради Європи про охорону хребетних тварин, які використовуються в експериментах та інших наукових цілях [11].

Моделювання ожиріння проводили шляхом заміни питної води впродовж 8 тижнів 60 % розчином фруктози в поєднанні зі збалансованою дієтою із наступним введенням в тверді корми насичених жирів у вигляді свинячого сала в об'ємі 45 %. [12] Вимірювання та обрахунок антропометричних параметрів виконували кожні 4 тижні.

На другому етапі, ґрунтуючись на запланованих втручаннях, з дослідних тварин експериментальної групи сліпим методом було сформовано 7 груп: група 1 – ліпосакція, n=14; група 2 – абдомінопластика, n=14; група 3 – одномоментна ліпосакція з абдомінопластиком, n=14; група 4 – ліпосакція та відтермінована абдомінопластика через 3 дні, n=14; група 5 – ліпосакція та відтермінована абдомінопластика через 6 днів, n=14; група 6 – ліпосакція та відтермінована абдомінопластика через 12 днів, n=14; група 7 – контрольна група, в якій не проводили жодних інтервенцій, n=7. Кожну з груп 1–6 ділили на 2 рівні підгрупи, одна з яких отримувала пероральну терапію комплексним фармакологічним препаратом із вмістом макро- і мікроелементів «ВІТРУМ® ЕНЕРДЖИ» (дозволений до використання наказом про державну реєстрацію лікарських засобів №412 від 17.08.2005) [13] і маркували літерою «а», а інша – не отримувала жодної медикаментозної терапії, її маркували літерою «б».

Для можливості умовної екстраполяції результатів усі оперативні втручання проводили за загальноприйнятими методиками у людей. Після визначення анатомічних орієнтирів та видалення

шерсті, ПЧС маркували та трічі обробляли розчином бетадину для забезпечення стерильності операційного поля. Проведення абдомінопластики розпочинали із горизонтального розрізу на ПЧС між крайніми латеральними точками гомілкових складок таким чином, щоб він знаходився на 1 см вище місця розташування отвору уретри. За допомогою ножиць і пінцета мобілізували шкірний клапоть до реберних дуг та мечоподібного відростка із подальшим виконанням поперечної абдомінопластики та видалення шкірного клаптя в наступних межах: верхня крайня точка – попередньо маркована середина відстані між дистальним краєм мечоподібного відростка та вихідним отвором уретри, нижня крайня точка – горизонтальний розріз, із якого починали абдомінопластику. Завершували оперативне втручання накладанням пошарових швів. Ліпосакцію ПЧС починали з її інфільтрації розчином Кляйна в об'ємі 10 % від ваги дослідної тварини. Для введення канюлі виконували два розрізи довжиною 5 мм на 1 см медіальніше від крайніх латеральних точок гомілкових складок (рис. 1).

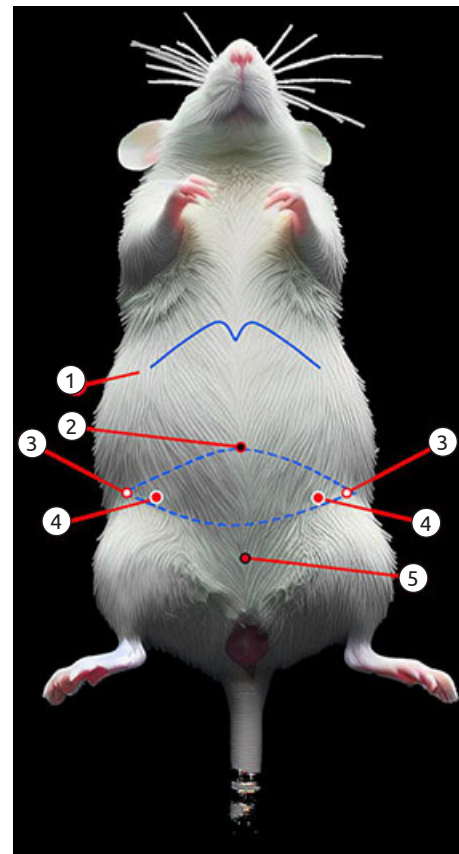


Рис. 1. Орієнтири при проведенні оперативних втручань: 1 – край мечоподібного відростка та реберні дуги; 2 – середина відстані між отвором уретри та дистальним краєм мечоподібного відростка; 3 – межі шкірного клаптя під час висікання; 4 – локалізація вхідних отворів для ліпосакції; 5 – вихідний отвір уретри.

З метою зниження травматизації довколишніх тканин проводили мінімальну дисекцію. Аспірація жирової тканини відбувалась із використанням тупокінцевої гладкої канюлі діаметром 4 мм та портативного медичного аспілятора. Оперативне втручання завершували ушиванням ран нерозсмоктувальним шовним матеріалом.

На третьому етапі проводили забір біологічного матеріалу після виконання евтаназії шляхом передозування ефірного наркозу на 3, 6 та 12 післяопераційну добу.

Як біохімічний маркер динаміки метаболізму сполучної тканини було використано гідроксипролін, що широко застосовується вченими як індикатор метаболізму колагену під час процесів регенерації тканин, а також відіграє важливу роль у стабілізації його потрійної спіралі [14] та є золотим стандартом для оцінки стану колагену. [15] Дослідження показують, що під час загоєння ран і запалення підвищується активність 4-пролілгідроксилази, яка гідроксилує пролін та призводить до прискорення швидкості біосинтезу колагену у фібробластах, який, своєю чергою, є основним структурним волокнистим нерозчинним білком у позаклітинному матриксі всіх ссавців [14].

Кількісне визначення вмісту вільного гідроксипроліну в сироватці крові проводили за допомогою фотоелектроколориметра [16].

Ін'єктування кровоносного русла проводилося через черевну аорту розчином ефірно-хлороформної суміші паризької синьої.

При заборі матеріалу для морфологічного дослідження (шматочки попередньо депільованої шкіри зі сполучнотканинно-м'язовим комплексом ПЧС у ділянці оперативного втручання) дотримувалися загальноприйнятих правил швидкості висікання й атравматичності.

З досліджуваного матеріалу, який фіксували у 10 % розчині формаліну з наступною парафінізацією, на санному мікротомі виготовляли гістологічні зрізи. Їх фарбували гематоксиліном і еозином та за Масоном [17].

Фотодокументування мікропрепаратів здійснювали за допомогою мікроскопа MICROS MC300 (XT) (Австрія), цифрової камери TourCam 5,1M UNCCD C-Mount Sony, адаптера Adapter AMA075 у програмі TourTek TourView (V3.7.1398).

Статистичну обробку даних, які були отримані на кожному з етапів експерименту, проводили за допомогою програмного забезпечення Microsoft Excel 365 із пакетом надбудов XrealstatsX. Для визначення нормальності розподілу виконували тести d'Agostino-Pearson та Shapiro-Wilk для $\alpha=0,05$. Відповідно до результатів виконаного аналізу, у більшості вибірок спостерігався розподіл, відмінний від нормального, у зв'язку з чим застосовано

методи непараметричної статистики. Для визначення достовірності різниці між однаковими даними в різні терміни дослідження застосовувався Wilcoxon Signed-Rank Test для залежних вибірок, а для різних даних в однакові терміни – за допомогою двобічного U-критерію Mann-Whitney. Достовірною вважали різницю при $p<0,05$ [18].

Результати й обговорення. Результатом першого етапу в експериментальній групі стала констатація ожиріння у 100 % дослідних тварин, яка ґрунтується на значеннях антропометричних показників та додатково підтверджується наявністю статистично достовірної різниці з інтактною групою ($p<0,001$).

На другому етапі внаслідок проведення запланованих оперативних втручань було отримано статистично достовірне зменшення ваги ($p<0,05$) дослідних тварин в групах V та VI, а також зменшення обводу живота у всіх групах, підтвержене наявністю статистично достовірної різниці.

При аналізі результатів морфологічного дослідження на третьому етапі було отримано наступні дані.

У групі 1a на 3 добу після оперативних втручань гіподерма деструктурована, фібробласти зосереджені паравазально, сполучнотканинні волокна фрагментовані, а в окремих полях зору – тонкофібрилярні. Помітні локуси оптичного просвітлення. На 6 добу в усіх складових ПЧС спостерігаються набряково-дистрофічні зміни, що супроводжуються оптичним просвітленням гіподерми з острівцями тонкофібрилярної сітки та набряклих тяжів сполучнотканинних волокон. Складно візуалізуються кровоносні судини, ін'єковані фрагменти яких, разом із набряклими пучками колагенових волокон із лімфоцитарною інфільтрацією основної речовини, виявляються на 12 добу. Водночас, у гіподермі та сполучнотканинно-м'язовому комплексі ПЧС дослідних тварин групи 1b на 3 добу після оперативного втручання спостерігаються поодинокі кровоносні судини, нерівномірно заповнені ін'єкційною масою, та лімфоцитарна інфільтрація, яка зберігається на 6 добу, супроводжуючись просвітленими сполучнотканинними волокнами, які розшаровані набряклим аморфним основним компонентом. Набряк у сітчастому шарі дерми та гіподерми спостерігається і на 12 добу, а сполучнотканинні волокна деструктуровані (рис. 2).

Отримані дані корелюють із результатами біохімічного дослідження, згідно з якими в групі 1a на 3 добу внаслідок масивного травмувального чинника у вигляді проведеного оперативного втручання, яке призвело до збільшення показників гідроксипроліну в 3,4 раза порівняно із контрольною групою, із наступним їх динамічним зменшенням, що свідчить про спад активності метаболізму

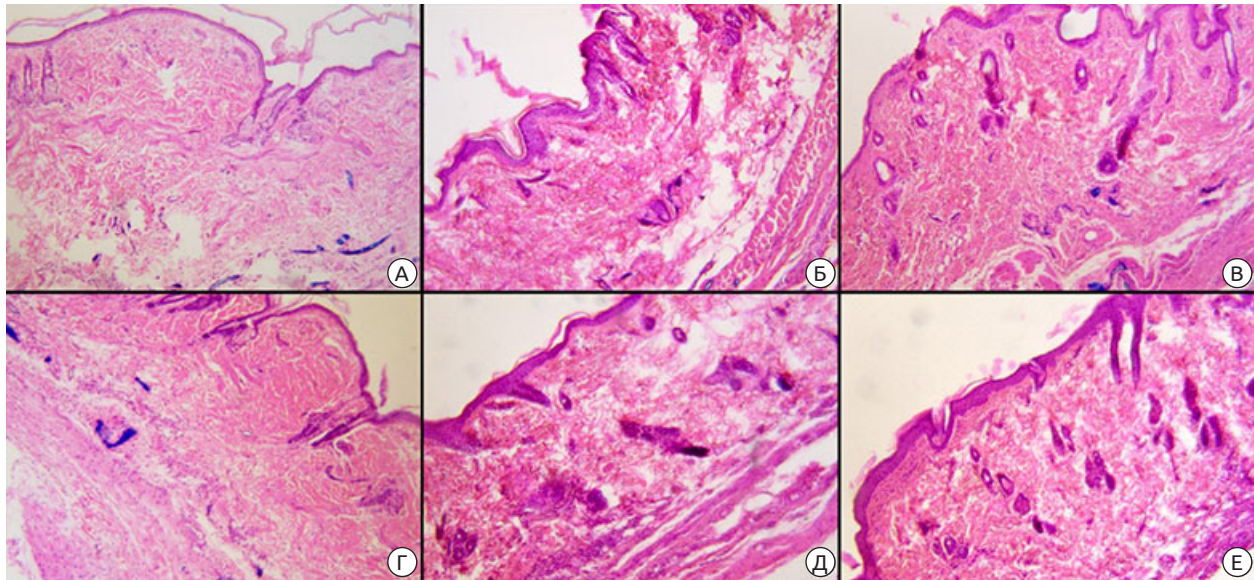


Рис. 2. Гістоструктура передньої черевної стінки.

А – група 1а, 3 доба; Б – група 1а, 6 доба; В – група 1а, 12 доба; Г – група 1б, 3 доба; Д – група 1б, 6 доба; Е – група 1б, 12 доба;
Забарвлення гематоксиліном і еозином. Зб.: $\times 100$, А, Д, Е – $\times 40$.

колагену. На відміну від цього, на 3 добу в групі 1б показники гідроксипроліну перевищували результати контрольної групи на 87 % із наявною тенденцією до динамічного росту, що можна розглядати як адаптивний механізм обміну колагену.

У групі 2а у глибоких шарах шкіри на 3 добу після оперативного втручання спостерігаються кровоносні судини із явищами стазу. Пучки колагенових волокон візуалізуються на межі з м'язовими елементами ПЧС, а у гіподермі помітні тонкофібрилярні структури й грануляції. На 6 добу гіподерма стоншена, формує несучільний шар, в якому є ділянки сполучнотканинних волокон із поодинокими кровоносними судинами, та ділянки з одним або двома-трьома шарами адипоцитів, згрупованих у ланцюжки. Поодинокі кровоносні судини візуалізуються у гіподермі й на 12 добу, однак вони знаходяться у сполучнотканинних прошарках між адипоцитами. Є острівці невеликих округлих адипоцитів, які чергуються з оптично просвітленими локусами, що змінюються тяжами кількох згрупованих великих адипоцитів. На відміну від цього, в групі 2б гіподерма на 3 добу не має чіткої структурованості. В окремих полях зору помітні ізольовані та згруповані по кілька клітин адипоцити. Сполучнотканинно-м'язовий компонент ПЧС деформований та едематозно змінений. Виявляються кровоносні судини із паравазальною інфільтрацією, які на 6 добу формують різноформні сітки та сплетення в дермі й сполучнотканинному комплексі на межі із м'язами ПЧС. У гіподермі в цей час помітна фрагментарність судинної сітки – окремі тонкі петлі в оточенні інфільтрованої набряклої

основної речовини. На 12 добу сполучнотканинно-м'язовий компонент ПЧС все ще едематозно змінений. Ангіоархітектоніка складно візуалізується. Гіподерма має вигляд нерівномірного шару, в якому ділянки стоншення чергуються з ділянками розширення. Адипоцити витягнутої форми, різнокаліберні, знаходяться в оточенні інфільтрованих сполучнотканинних прошарків (рис. 3).

При аналізі показників, отриманих у результаті біохімічного дослідження зразків крові дослідних тварин із групи 2а, було виявлено збільшення рівня гідроксипроліну в 2 рази із наступним «плато» на 6 та 12 доби, що може бути зумовлено значно меншою травматизацією тканин унаслідок проведення абдомінопластики, порівняно із ліпосакцією, та особливостями анатомічної будови ПЧС гризунів, зокрема, більшою еластичністю шкіри та меншим ступенем її адгезії до глибших структур. Натомість у групі 2б на 3 добу рівень гідроксипроліну вищий від показників у контрольній групі в 3 рази й знаходиться на одному рівні із групою 2а на 12 добу, що може бути наслідком виснаження адаптивного синтезу колагену.

Дермально-гіподермальні шари шкіри ПЧС в групі 3а на 3 добу після оперативного втручання представлені множинними тонкими фібрилами колагенових волокон та дифузно розсіяними їх пучками. Добре прослідковуються численні веретеноподібно витягнуті фібробласти із відростками. На 6 добу спостерігається структурованість дерми із чіткою візуалізацією кровоносних судин, які формують петлі та сітки. У гіподермі адипоцити не прослідковуються, набряклі розшаровані

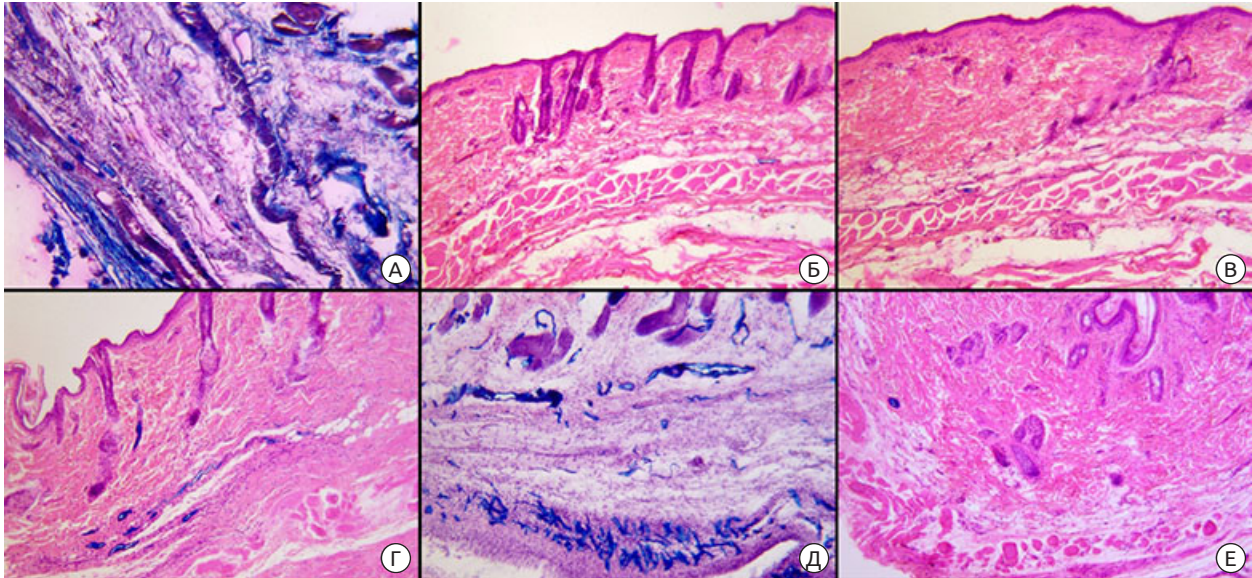


Рис. 3. Гістоструктура передньої черевної стінки.

А – група 2а, 3 доба; Б – група 2а, 6 доба; В – група 2а, 12 доба; Г – група 2б, 3 доба; Д – група 2б, 6 доба; Е – група 2б, 12 доба;

Забарвлення гематоксилином і еозином, А, Д – за Масоном. Зб.: ×100, Б, В, Г – ×40.

сполучнотканинні волокна, фібробласти та дифузна інфільтрація лімфоцитами. На 12 добу гіподерма пронизана численними кровоносними судинами та тяжами тонких сполучнотканинних волокон. Водночас, на 3 добу в групі IIIb кровоносні судини гіподерми розширені. Виразені паравазальна інфільтрація та набряк складових ПЧС. Уже на 6 добу спостерігаються грануляції, а численні фібробласти знаходяться в оточенні сітки тонких колагенових волокон і дифузно розміщених широкопросвітних кровоносних судин. У підлеглому шарі дерми,

на межі зі сполучнотканинно-м'язовим компонентом ПЧС, адипоцити не візуалізуються, однак яскраво виражена ангіоархітектоніка – ін'єктовані паризькою синьою кровоносні судини формують широкопетлисте сплетення. Помітні островці гемосидерину. М'язи ПЧС набрякли. Виразені набрякові зміни на межі дермально-сполучнотканинно-м'язового комплексу спостерігаються на 12 добу. Адипоцити не прослідковуються, виражена лімфоцитарна інфільтрація та фрагментарність наповнення кровоносних судин ін'єкційною масою (рис. 4).

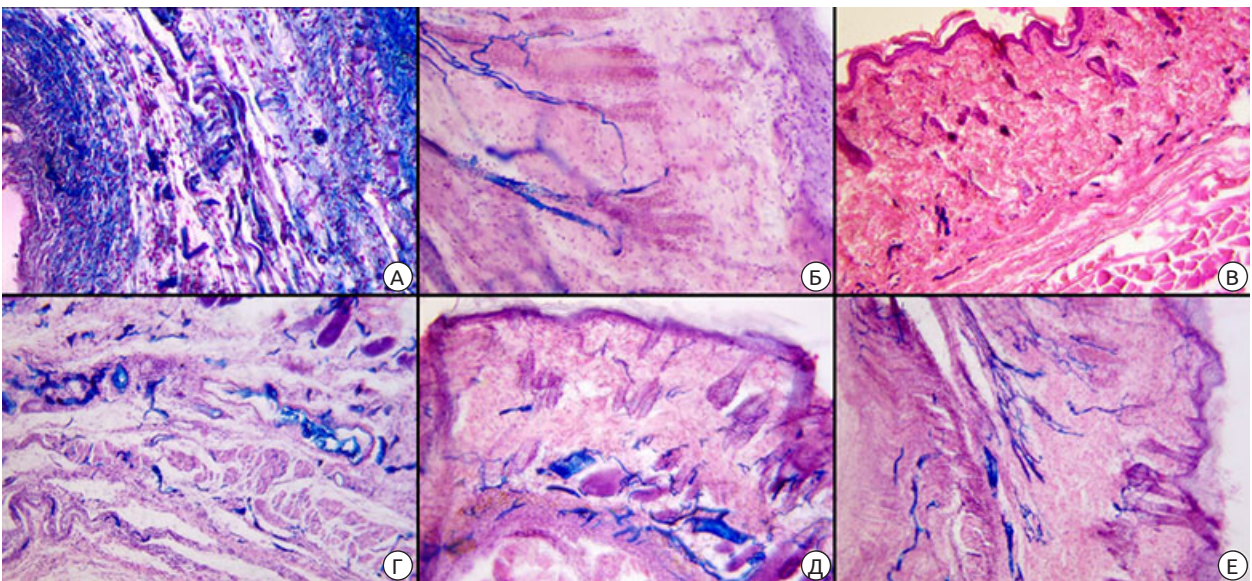


Рис. 4. Гістоструктура передньої черевної стінки.

А – група 3а, 3 доба; Б – група 3а, 6 доба; В – група 3а, 12 доба; Г – група 3б, 3 доба; Д – група 3б, 6 доба; Е – група 3б, 12 доба;

Забарвлення за Масоном, В – гематоксилін і еозин. Зб.: ×100, А, Б – ×200, В – ×40.

Біохімічні показники обміну колагену в 3 групі характеризуються значним збільшенням (в 3,5-раза) рівня оксипроліну, порівняно із контрольною групою тварин), що можна розглядати як реакцію – відповідь організму дослідних тварин на стрес, зумовлений значною травматизацією тканин, яка спричинена симультанним оперативним втручанням із наступним динамічним зниженням інтенсивності метаболізму сполучної тканини, що є природним перебігом реакції організму.

У групі 4а на 3 добу після оперативного втручання у різко стоншеній гіподермі наявні кровоносні судини із форменими елементами в просвіті, а також поодинокі овальної форми адипоцити, що місцями згруповані в поодинокі невеликі островці та на 6 добу утворюють нерівномірний шар, в якому в окремих полях зору виявляються поодинокі клітини жирової тканини, а в окремих є їх скупчення, особливо біля волосяних фолікулів. Візуалізується багато кровоносних судин. На від-

міну від цього, в групі 4b на 3 добу спостерігаються набряково-дистрофічні зміни в шарах шкіри та підлеглому сполучнотканинно-м'язовому компоненті ПЧС. набряк епідермісу та деструктурованість дерми, фрагментарність заповнення ін'єкційною масою кровоносних судин. набряк та розшарованість просвітленою аморфною речовиною сполучнотканинних волокон і шарів м'язів. набряково-запальні зміни у шкірі та сполучнотканинно-м'язових складових ПЧС спостерігаються і на 6 добу. Стінка кровоносних судин едематозно змінена, є паравазальний набряк. У гіподермі виражена лімфоцитарна інфільтрація, набряк сполучнотканинних волокон, в оточенні яких виявляються островці невеликих округлої форми адипоцитів. В окремих полях зору гіподерма складається із різноформних невеликих адипоцитів. Кровоносні судини прослідковуються в глибоких шарах на межі зі сполучнотканинно-м'язовими складовими ПЧС (рис. 5).

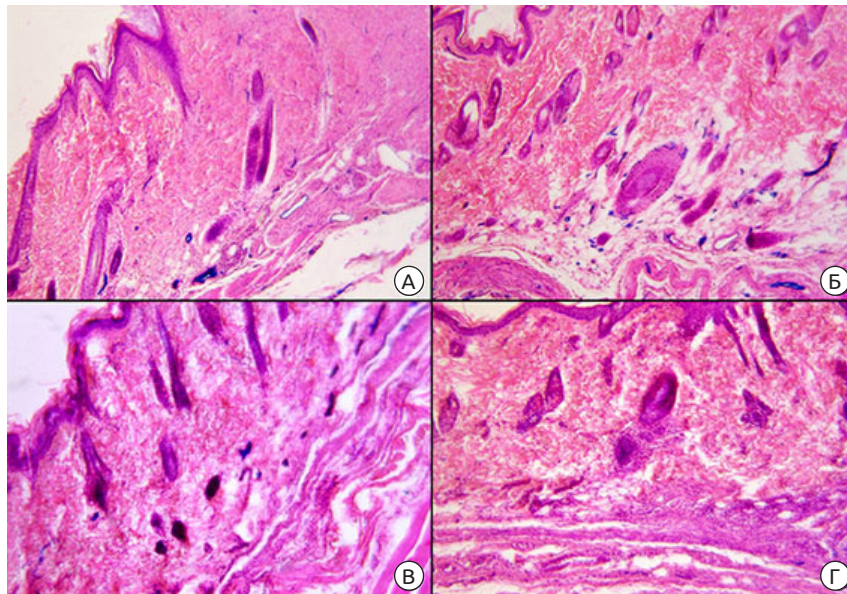


Рис. 5. Гістоструктура передньої черевної стінки.

А – група 4а, 3 доба; Б – група 4а, 6 доба; В – група 4b, 3 доба; Г – група 4b, 6 доба.
Забарвлення гематоксиліном і еозином. 3б.: $\times 100$, А – $\times 40$.

Біохімічні маркери метаболізму колагену в групі IV характеризуються динамічним ростом, що є наслідком процесів рубцювання, які виступають як компенсаторна відповідь організму на повторне оперативне втручання.

У групі 5а на 3 добу після оперативного втручання адипоцити мають округло-овальну форму, між ними тонкі волокна сполучної тканини. Зосереджені вони біля волосяних фолікулів і в оточенні добре вираженої судинної сітки. На 6 добу гіподерма добре васкуляризована. У тонких сполучнотканинних прошарках між адипоцитами помітні дрібні кровоносні судини. Адипоцити фор-

мують невеликі кластери, а в окремих полях зору розміщуються поодинокі. Водночас, на 3 добу в групі 5b у гіподермі виявляються різноформні адипоцити округлої форми. Вони згруповані в островці та тяжі поблизу волосяних фолікулів. У тонких сполучнотканинних прошарках між ними прослідковуються ін'єктовані кровоносні судини. Сполучнотканинно-м'язові складові ПЧС набрякли та лімфоцитарно інфільтровані. В деяких полях зору в дермально-гіподермальних шарах спостерігаються грануляції – численні широкопросвітні тонкостінні кровоносні судини, тонкі різноспрямовані колагенові волокна. Фібробласти

дифузно розсіяні. Помітні острівці адипоцитів, які на 6 добу в гіподермі характеризуються невеликим розміром та округлою формою, згрупо-

вані в маленькі острівці та тяжі, між якими виявляються тонкі волокна сполучнотканинного каркаса (рис. 6).

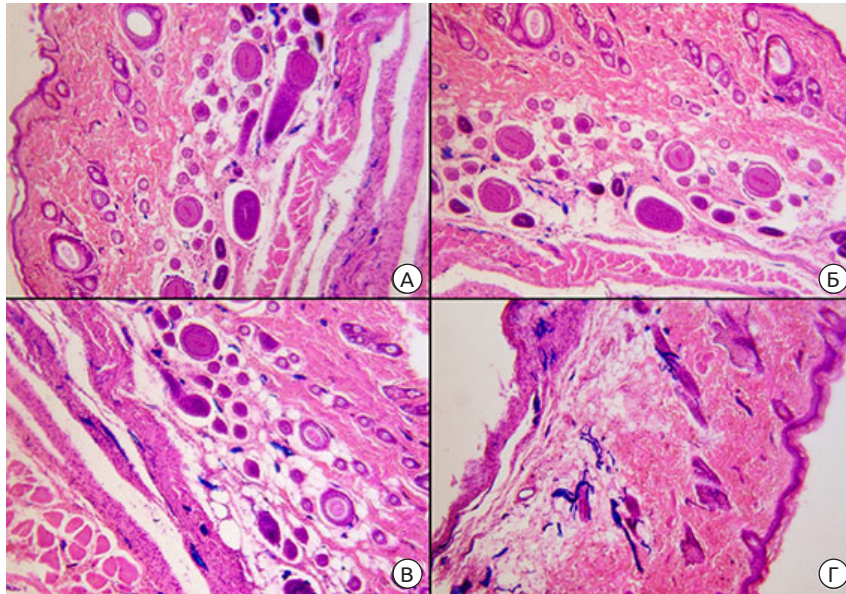


Рис. 6. Гістоструктура передньої черевної стінки.

А – група 5а, 3 доба; Б – група 5а, 6 доба; В – група 5б, 3 доба; Г – група 5б, 6 доба
Забарвлення гематоксилином і еозином. Зб.: $\times 100$.

При аналізі показників, отриманих у результаті біохімічного дослідження зразків крові дослідних тварин із групи 5а, спостерігається їх динамічний ріст, що можна розглядати як наслідок процесів рубцювання. На відміну від цього, в групі 5б рівень гідроксипроліну знижується, що може бути пов'язано з виснаженням білково-синтезувального апарату.

В групі 6а на 3 добу після оперативного втручання ПЧС лімфоцитарно інфільтрована. Адипоцити різноформні та різнокаліберні. Між ними тонкі прошарки сполучної тканини. Помітні ін'єктовані кровоносні судини. Аналогічний стан спостерігається і на 6 добу, за винятком адипоцитів, які характеризуються невеликим розміром та округлою формою. На відміну від цього, в групі 6б на 3 добу гіподерма набрякла. Тут складно диференціюються кровоносні судини. Є локуси дифузного оптичного просвітлення, які чергуються з ділянками поодиноких, розміщених невеликими ланцюжками адипоцитів. Сполучнотканинно-м'язові складові ПЧС набрякли та лімфоцитарно інфільтровані. Вже на 6 добу адипоцити в гіподермі здебільшого округлої форми, невеликі. В окремих полях зору межі клітин завуальовані, що візуалізується обширними ліпідними острівцями, розмежованими тонкими прошарками сполучнотканинних волокон. Судинний малюнок прослідковується. М'язи ПЧС едематозно змінені, розширені набряклими волокнами сполучної ткани-

ни. У деяких полях зору візуалізуються ін'єктовані паризькою синьою кровоносні судини в дермально-гіподермальному шарі шкіри. Добре помітні кровоносні судини в складі тонких сполучнотканинних прошарків, що оточують адипоцити. При цьому шар гіподерми має вигляд оптично просвітленої пластинки (рис. 7).

При аналізі показників, отриманих у результаті біохімічного дослідження зразків крові дослідних тварин із групи 6, було отримано дані, зіставні з даними групи 5: спостерігається їх динамічний ріст у групі 6а внаслідок процесів рубцювання та динамічне зниження в групі 6б у зв'язку із виснаженням білково-синтезувального апарату.

Також було встановлено підвищений рівень вмісту гідроксипроліну в усіх дослідних групах на всіх післяопераційних термінах. Ці дані повністю корелюють із результатами групи дослідників під керівництвом Amit Kumar Srivastava [14] та свідчать, що підвищення вмісту гідроксипроліну є показником посиленого обміну колагену в процесі загоєння.

Висновки. 1. Отримані дані морфофункціональних змін в організмі дослідних тварин в динаміці демонструють ефективність запропонованих моделей для експериментального вивчення ліпосакції та абдомінопластики.

2. Кореляція результатів морфологічного та біохімічного дослідження дозволяє стверджувати, що підвищення вмісту гідроксипроліну є

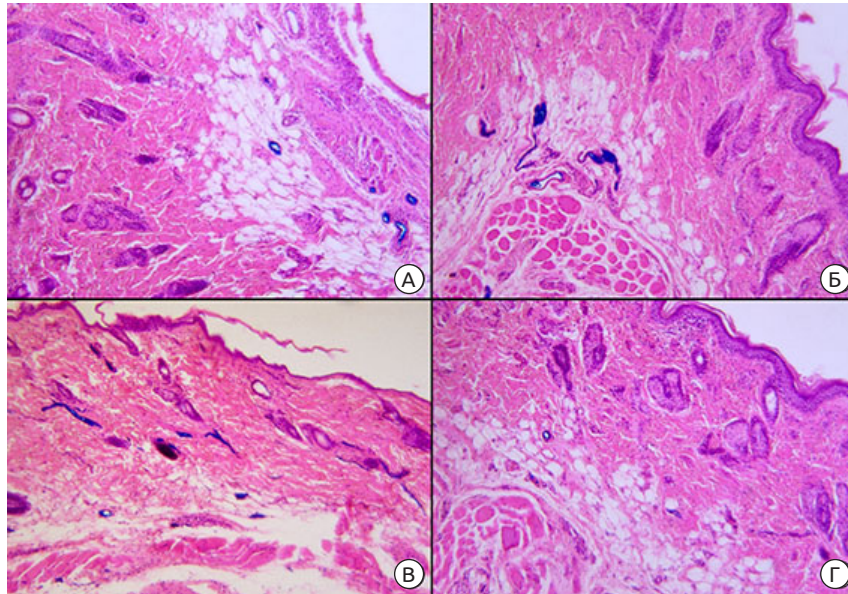


Рис. 7. Гістоструктура передньої черевної стінки.

А – група 6а, 3 доба; Б – група 6а, 6 доба; В – група 6б, 3 доба; Г – група 6б, 6 доба.
Забарвлення гематоксилином і еозином. Зб.: ×100.

показником посиленого обміну та може слугувати маркером процесів загоєння у післяопераційному періоді.

3. Попри те, що симультанне виконання ліпосакції та абдомінопластики в експерименті супроводжується найбільшою травматизацією тканин (рівень гідроксипроліну на 3 добу після оперативного втручання – 98,63 ммоль/л), таке поєднання дозволяє досягти найкращого морфологічно підтвердженого відновлення передньої черевної

стінки дослідних тварин (вираження процесів неоангіогенезу та метаболізму сполучної тканини).

Перспективи подальших досліджень.

Отримані морфологічні та біохімічні параметри динаміки змін у дослідних тварин дозволяють запланувати дослідження можливості умовної екстраполяції цих показників як маркерів процесів відновлення стану передньої черевної стінки в пацієнтів після проведення корекції її естетичних дефектів.

ЛІТЕРАТУРА

1. World health statistics 2023: monitoring health for the SDGs, sustainable development goals [Electronic resource] // World Health Organization (WHO). – Mode of access: <https://www.who.int/publications/i/item/9789240074323> (date of access: 22.04.2024).

2. World Obesity Day Atlases | Obesity Atlas 2023 [Electronic resource] // World Obesity Federation Global Obesity Observatory. – Mode of access: <https://data.worldobesity.org/publications/?cat=19>(date of access: 22.04.2024).

3. The Impact of Obesity on Plastic Surgery Outcomes: A Systematic Review and Meta-analysis [Electronic resource] / Lucas Goldmann Bigarella [et al.] // *Aesthetic Surgery Journal*. – 2021. – Mode of access: <https://doi.org/10.1093/asj/sjab397>(date of access: 22.04.2024).

4. Quality of Life and Mental Health in Older Adults with Obesity and Frailty: Associations with a Weight Loss Intervention [Electronic resource] / M. E. Payne [et al.] // *The journal of nutrition, health & aging*. – 2018. – Vol. 22, no. 10. – P. 1259–1265. – Mode of access: <https://doi.org/10.1007/s12603-018-1127-0>(date of access: 22.04.2024).

5. Medium Definition Liposuction Abdominoplasty [Electronic resource] / Giuliano Borille [et al.] // *Plastic and Reconstructive Surgery - Global Open*. – 2022. – Vol. 10, no. 5. – P. e4053. – Mode of access: <https://doi.org/10.1097/gox.0000000000004053>(date of access: 22.04.2024).

6. Experience of abdominoplasty and analysis of the risk factors [Electronic resource] / Barbara Montesanti, Edward Kahhaleh, Albert De Mey // *Acta Chirurgica Belgica*. – 2021. – Vol. 122, no. 1. – P. 1–6. – Mode of access: <https://doi.org/10.1080/00015458.2021.2014034>(date of access: 22.04.2024).

7. TULUA: Effects of Flap Undermining and Type of Wall Plicature in a Rat Model Abdominoplasty [Electronic resource] / Francisco Villegas-Alzate [et al.] // *Aesthetic Plastic Surgery*. – 2021. – Mode of access: <https://doi.org/10.1007/s00266-021-02501-2>(date of access: 22.04.2024).

8. Bring Back the Rat! [Electronic resource] / Christy S. Carter [et al.] // *The Journals of Gerontology: Series A*. – 2020. – Vol. 75, no. 3. – P. 405–415. – Mode of access: <https://doi.org/10.1093/gerona/glz298>(date of access: 22.04.2024).

9. Nitro-Oleic Acid (NO₂-OA) Release Enhances Regional Angiogenesis in a Rat Abdominal Wall Defect Model [Electronic resource] / Antonio D'Amore [et al.] // *Tissue Engineering Part A*. – 2018. – Vol. 24, no. 11-12. – P. 889–904. – Mode of access: <https://doi.org/10.1089/ten.tea.2017.0349>(date of access: 22.04.2024).

10. Vertical and transverse plication lipoabdominoplasty. Experimental study in rats / F. J. Villegas [et al.] // *Revista Colombiana de Cirugía Plástica y Reconstructiva*. – 2017. – No. 23(2). – P. 9–32.

11. European Convention for the Protection of Vertebrate Animals used for Experimental and Other Scientific Purposes [Electronic resource] // <https://rm.coe.int/168007a67b>. – Mode of access: <https://rm.coe.int/168007a67b>(date of access: 22.04.2024).

12. Тромбола О. Моделювання ожиріння в експерименті [Електронний ресурс] / Олег Тромбола // Прикарпатський вісник наукового товариства імені Шевченка ПУЛЬС. – 2023. – № 20. – С. 69–76. – Режим доступу: [https://doi.org/10.21802/2304-7437-2023-20\(70\)-69-76](https://doi.org/10.21802/2304-7437-2023-20(70)-69-76) (дата звернення: 22.04.2024).

13. ВІТРУМ® ЕНЕРДЖИ, інструкція, застосування препарату ВІТРУМ® ЕНЕРДЖИ Таблетки, вкриті оболонкою, № 10 у блистерах; № 30, № 60 у флаконах [Електронний ресурс] // Нормативно-директивні документи МОЗ

України. – Режим доступу: <https://mozdocs.kiev.ua/likiview.php?id=8309>(дата звернення: 22.04.2024).

14. Hydroxyproline: A Potential Biochemical Marker and Its Role in the Pathogenesis of Different Diseases [Electronic resource] / Amit Kumar Srivastava [et al.] // *Current Protein & Peptide Science*. – 2016. – Vol. 17, no. 6. – P. 596–602. – Mode of access: <https://doi.org/10.2174/1389203717666151201192247>(date of access: 22.04.2024).

15. Collagen constitutes about 12 % in females and 17 % in males of the total protein in mice [Electronic resource] / Katharina Tarnutzer [et al.] // *Scientific Reports*. – 2023. – Vol. 13, no. 1. – Mode of access: <https://doi.org/10.1038/s41598-023-31566-z>(date of access: 22.04.2024).

16. Практикум з біологічної хімії : навч. посіб. / Д. П. Бойків [та ін.] ; ред. О. Склярів. – Київ : Здоров'я, 2002.

17. Методики морфологічних досліджень: монографія : монографія / М. Багрій [та ін.] ; ред. : М. Багрій, В. Діброва. – Вінниця : Нова Кн., 2016. – 328 с.

18. le Cessie S. Who is afraid of non-normal data? Choosing between parametric and non-parametric tests [Electronic resource] / Saskia le Cessie, Jelle J. Goeman, Olaf M. Dekkers // *European Journal of Endocrinology*. – 2020. – Vol. 182, no. 2. – P. E1–E3. – Mode of access: <https://doi.org/10.1530/eje-19-0922>(date of access: 22.04.2024).

REFERENCES

1. World Health Organization. (2023). World health statistics 2023: Monitoring Health for the sdgs, sustainable development goals. Retrieved from <https://www.who.int/publications/i/item/9789240074323>

2. World Obesity Federation Global Obesity Observatory. (2023). World obesity day atlases: Obesity Atlas 2023. Retrieved from <https://data.worldobesity.org/publications/?cat=19>

3. Bigarella, L.G., Ballardini, A.C., Couto, L.S., de Ávila, A.C., Ballotin, V.R., Ingracio, A.R., & Martini, M.P. (2021). The impact of obesity on Plastic Surgery Outcomes: A systematic review and meta-analysis. *Aesthetic Surgery Journal*, 42(7), 795–807. <https://doi.org/10.1093/asj/sjab397>

4. Payne, M.E., Porter Starr, K.N., Orenduff, M., Mulder, H.S., McDonald, S.R., Spira, A.P., Pieper, C.F., & Bales, C.W. (2018). Quality of life and mental health in older adults with obesity and frailty: Associations with a weight loss intervention. *The Journal of Nutrition, Health and Aging*, 22(10), 1259–1265. <https://doi.org/10.1007/s12603-018-1127-0>

5. Borille, G., Pereira Filho, G., Zancanaro, M., Giannini, R., Reynosso, L., Avalos, V., & Nahas, F. (2022). Medium definition liposuction abdominoplasty. *Plastic and Reconstructive Surgery - Global Open*, 10(5). <https://doi.org/10.1097/gox.0000000000004053>

6. Montesanti, B., Kahhaleh, E., & De Mey, A. (2021). Experience of abdominoplasty and analysis of the risk factors. *Acta Chirurgica Belgica*, 122(1), 1–6. <https://doi.org/10.1080/00015458.2021.2014034>

7. Villegas-Alzate, F., Caycedo-García, D.J., Malaver-Acero, R., Hidalgo-Ibarra, S.A., Cardona, V.A., & Villegas-Mesa, J.D. (2021). Tuluá: Effects of flap undermining and type of wall plication in a rat model abdominoplasty. *Aesthetic*

Plastic Surgery, 46(1), 456–467. <https://doi.org/10.1007/s00266-021-02501-2>

8. Carter, C. S., Richardson, A., Huffman, D. M., & Austad, S. (2020). Bring back the rat! *The Journals of Gerontology: Series A*, 75(3), 405–415. <https://doi.org/10.1093/geron/glz298>

9. D'Amore, A., Fazzari, M., Jiang, H.-B., Luketich, S.K., Luketich, M.E., Hoff, R., Jacobs, D.L., Gu, X., Badylak, S.F., Freeman, B.A., & Wagner, W.R. (2018). Nitro-oleic acid (NO₂-OA) release enhances regional angiogenesis in a rat abdominal wall defect model. *Tissue Engineering Part A*, 24(11–12), 889–904. <https://doi.org/10.1089/ten.tea.2017.0349>

10. Villegas, F.J., Caycedo, D.J., Meza, L.E., Malaver, J.R., Hidalgo, S.A., & Cardona, V.A. (2017). Vertical and transverse plication lipoabdominoplasty. Experimental study in rats. *Revista Colombiana de Cirugía Plástica y Reconstructiva*, 23(2), 9–32. [in Spanish]

11. European Convention for the protection of vertebrate animals used for Experimental and Other Scientific Purposes. (1986). Retrieved from <https://rm.coe.int/168007a67b>

12. Trombola, O.V. (2023). Modeliuvannia ozhyrinnia v eksperymenty [Modeling obesity in experiments]. *Prykarpatskyi Visnyk Naukovoho Tovarystva Imeni Shevchenka PULS - Carpathian Herald of the Shevchenko Scientific Society PULSE*, (20), 69–76. [https://doi.org/10.21802/2304-7437-2023-20\(70\)-69-76](https://doi.org/10.21802/2304-7437-2023-20(70)-69-76) [in Ukrainian]

13. MOZ Ukrayiny [Ministry of Health of Ukraine] (2005). *Farmakopeia: VITRUM® ENERDZhY*. Normatyvnydyrektyvni dokumenty MOZ Ukrainy [Pharmacopoeia: VITRUM® ENERGY. Normative and directive documents of the Ministry of Health of Ukraine]. Retrieved from <https://mozdocs.kiev.ua/likiview.php?id=8309> [in Ukrainian]

14. Kumar Srivastava, A., Khare, P., Kumar Nagar, H., Raghuvanshi, N., & Srivastava, R. (2016). Hydroxyproline: A potential biochemical marker and its role in the pathogenesis of different diseases. *Current Protein & Peptide Science*, 17(6), 596–602. <https://doi.org/10.2174/1389203717666151201192247>
15. Tarnutzer, K., Siva Sankar, D., Dengjel, J., & Ewald, C.Y. (2023). Collagen constitutes about 12 % in females and 17 % in males of the total protein in mice. *Scientific Reports*, 13(1). <https://doi.org/10.1038/s41598-023-31566-z>
16. Boikiv, D.P., Ivankiv, O.L., Kobylinska, L.I., Konyk, U.V., Makarenko, T.M., Svystun, Y.D., Skliarov, O.Y., Sol-skiy, Y., Terletska, O.I., Tomashevskaya, M.F., Fartushok, N.V., Fedevych, Y.M., & Fedorovych, I.D. (2002). *Praktykum z biolo-hichnoi khimii [Workshop on biological chemistry]*. Kyiv: Zdorov'ya. [in Ukrainian]
17. Bahrii, M.M., Dibrova, V.A., Popadymets, O.H., & Hryshchuk, M.I. (2016). *Metodyky morfolohichnykh doslid-zhen: monohrafiia [Methods of morphological research: monograph]*. Vinnytsya: Nova Knyha. [in Ukrainian]
18. le Cessie, S., Goeman, J.J., & Dekkers, O.M. (2020). Who is afraid of non-normal data? choosing between parametric and non-parametric tests. *European Journal of Endocrinology*, 182(2). <https://doi.org/10.1530/eje-19-0922>

MORPHOFUNCTIONAL FEATURES OF THE ANTERIOR ABDOMINAL WALL AFTER LIPOSUCTION AND ABDOMINOPLASTY IN AN EXPERIMENT

©O. V. Trombola, O. H. Popadynets

Ivano-Frankivsk National Medical University

SUMMARY. According to the forecasts, the annual increase in the prevalence of obesity in Ukraine will be 1.6 % by 2035. One of its consequences that cannot be eliminated by lifestyle changes are aesthetic defects of the anterior abdominal wall. Randomized, comparative, prospective trials of correction of these complications in humans are very rare, expensive, and have many ethical problems. Experimental models characterized by stability, reproducibility, diversity of the spectrum of possible studies and their informativeness can be a way to solve this situation, which allows to achieve a significant understanding of changes and methods of influence of various methods of correction.

The aim – to study the morphofunctional features of the anterior abdominal wall after liposuction and abdominoplasty in an experiment and to evaluate biochemical markers under such conditions.

Materials and Methods. To achieve the final goal, a three-stage experiment was planned, which involved simulation of alimentary obesity, liposuction, abdominoplasty and various methods of their combination, as well as the collection of biological material (tissues of the anterior abdominal wall and blood of experimental animals) and its subsequent morphological and biochemical study.

Results. After the completion of the first stage, 100 % of experimental animals were found to be obese. The result of surgical interventions performed at the 2nd stage was a statistically significant decrease in abdominal circumference in all groups. An increased level of hydroxyproline content was also found in all experimental groups at all postoperative times. The dermal-hypodermal layers of the skin of the anterior abdominal wall on the 3rd day after the simultaneous performance of liposuction and abdominoplasty are represented by multiple thin fibrils of collagen fibers and diffusely scattered bundles of them. Numerous spindle-shaped elongated fibroblasts with appendages are well observed. On the 6th day, the structure of the dermis is observed with a clear visualization of blood vessels that form loops and nets. In the hypodermis, adipocytes are not observed, swollen stratified connective tissue fibers, fibroblasts and diffuse infiltration by lymphocytes. On the 12th day, the hypodermis is permeated with numerous blood vessels and strands of thin connective tissue fibers.

Conclusions. 1. The proposed models have demonstrated effectiveness for the experimental study of liposuction and abdominoplasty. 2. Correlation of the results of morphological and biochemical research allows us to state that an increase in the content of hydroxyproline is an indicator of enhanced collagen metabolism and can serve as a marker of healing processes in the postoperative period. 3. Despite the fact that the simultaneous performance of liposuction and abdominoplasty in the experiment is accompanied by the greatest traumatization of tissues, this combination makes it possible to achieve the best morphologically confirmed recovery of the anterior abdominal wall of experimental animals.

KEY WORDS: liposuction; abdominoplasty; hydroxyproline; experiment; aesthetic defects of the anterior abdominal wall.

Отримано 24.05.2024

Електронна адреса для листування: oropadynets@ifnmu.edu.ua