

Особливості функціонального стану шкіри та підшкірної жирової клітковини у пацієнтів із метаболічним синдромом

О.І. Плегуца, А.А. Гриневич, Д.В. Ілюшин

Державна наукова установа «Центр інноваційних медичних технологій НАН України», Київ;
e-mail: grinevic.md9@gmail.com

Метаболічний синдром (МС) поєднує абдомінальне ожиріння, інсулінорезистентність, дисліпідемію та артеріальну гіпертензію, що призводить не лише до кардіометаболічних ускладнень, а й до хронічних порушень мікроциркуляції, запалення та ремоделювання сполучної тканини. Тому вивчення функціонального стану шкіри та підшкірної жирової клітковини у хворих із МС має важливе значення для оптимізації передопераційної підготовки, вибору обсягу втручання та тактики післяопераційного ведення. Метою нашого дослідження була оцінка функціонального стану шкіри та підшкірної жирової клітковини у 49 пацієнтів віком 27–82 років із МС, які звернулися за хірургічною допомогою з приводу косметичних дефектів шкіри та підшкірної жирової клітковини передньої черевної стінки. Обстежено дві групи пацієнтів, до першої, контрольної групи увійшло 24 практично здорових осіб, до другої групи – 25 з МС, який верифікували на підставі антропометричних та лабораторних критеріїв. Функціональний стан шкіри вивчали комплексними неінвазивними методами за допомогою аналізатора вологості та жирності шкіри (SK-92), вакуумаспіраційною еластометрією, оцінкою тривалості відлущування рогового шару та нейтралізації подразнювального агента. Додатково проаналізовано якісні показники шкіри (гідратація, м'якість, жирність) у стандартних анатомічних зонах (плече, живіт, стегно) залежно від терміну після операції (≤ 6 , 6–12, ≥ 12 міс) та наявності МС. У пацієнтів із МС порівняно з контролем виявлено достовірне подовження тривалості відлущування рогового шару ($3,11 \pm 0,15$ щодо $2,10 \pm 0,17$ діб) та часу нейтралізації подразнювального агента ($6,70 \pm 0,16$ щодо $5,40 \pm 0,13$ хв), що свідчить про зниження швидкості поділу базальних кератиноцитів і погіршення бар'єрної функції шкіри. Еластометричний показник був вищим у групі з МС ($6,13 \pm 0,08$ щодо $4,20 \pm 0,06$ мм), що відображає зниження еластичності та зміну механічних властивостей шкіри. У період до 6 міс після пластичної операції у хворих з МС відзначали гіршу гідратацію та менш сприятливі механічні характеристики шкіри, особливо в абдомінальній ділянці; у проміжку 6–12 міс та ≥ 12 міс показники покращувалися в обох групах, але у пацієнтів із МС нормалізація була неповною, із збереженням нижчої гідратації та відносно вищої жирності шкіри живота. Виявлені зміни пояснюють підвищений ризик порушення репарації та ускладнень загоєння ран у цієї категорії хворих і обґрунтовують необхідність персоналізованого підходу до передопераційної підготовки та післяопераційного ведення пацієнтів із МС.

Ключові слова: метаболічний синдром; шкіра; підшкірна жирова клітковина; гідратація шкіри; еластичність шкіри; загоєння ран.

ВСТУП

Метаболічний синдром (МС), також відомий як синдром X, є патологічним станом, який за класифікацією ВООЗ характеризується абдомінальним ожирінням, інсулінорезистентністю, гіпертензією, а

також порушеннями ліпідного обміну, зокрема гіпер- та дисліпідемією [1]. Згідно з визначенням АНА/NHLBI (2009), для діагностики МС використовуються такі критерії: вміст глюкози натще $\geq 5,6$ ммоль/л, тригліцеридів $\geq 1,7$ ммоль/л, ліпопротеїдів високої щільності (ЛПВЩ) менше ніж 1,0

ммоль/л у чоловіків та менше ніж 1,3 ммоль/л у жінок, рівень артеріального тиску $\geq 130/85$ мм рт. ст. У багатьох країнах світу МС став новим неінфекційним захворюванням, яке становить серйозну загрозу для здоров'я сучасного населення. Згідно з даними різних досліджень, поширеність МС варіюється від 10 до 84%, залежно від статі, віку, етнічної приналежності та критеріїв діагностики, при цьому найвища частота спостерігається в економічно розвинених країнах. Відповідно до даних, опублікованих у 2017 р., приблизно 30,2 млн дорослих осіб віком від 18 років і старше, або 12,2% дорослого населення США, страждали на цукровий діабет 2-го типу. При цьому близько чверті з них (23,8%) не були обізнані про наявність захворювання. Захворюваність на діабет 2-го типу зростала з віком, сягаючи 25,2% серед людей похилого віку (65 років і старше) у США. Поширеність переддіабету або МС була в тричі вищою.

МС значно підвищує ризик розвитку серцево-судинних захворювань, зокрема ішемічної хвороби серця, цукрового діабету, хронічних захворювань нирок та інших патологій [2]. Особливу увагу заслуговують дослідження, які вказують на те, що метаболічні порушення негативно впливають на процеси загоєння ран, підвищуючи ймовірність хронізації ранового процесу [3, 4]. Актуальність таких досліджень значно зросла на тлі війни, яку росія веде проти України, оскільки велика кількість поранених серед військових та цивільних мають ознаки МС. Серед показників, що характеризують стан шкіри, але не були достатньо досліджені, важливими є тривалість відлущування рогового шару, еластометричні властивості шкіри та тривалість загоєння ран.

Мета нашого дослідження вивчити особливості функціонального стану шкіри та підшкірної жирової клітковини у пацієнтів із МС.

МЕТОДИКА

Було обстежено 49 пацієнтів від 27 до 82 років, які звернулися за хірургічною допомогою

з приводу косметичних дефектів шкіри та підшкірної жирової клітковини передньої черевної стінки. До контрольної групи увійшли 24 практично здорових людей, до дослідної – 25 пацієнтів з МС діагноз яких було підтверджено на основі антропометричних та лабораторних досліджень. Вивчення функціонального стану шкіри здійснювали комплексними неінвазивними методами. Досліджені еластометричні властивості шкіри, тривалість відлущування епідермісу та час нейтралізації подразнюючого агента у стандартній анатомічній ділянці з чіткою топографічною прив'язкою (у середині відстані між акроміоном лопатки та найбільш виступаючою частиною ліктьового відростка ліктьової кістки). Обрання цієї зони ґрунтується на даних попередніх досліджень [1], які продемонстрували подібність функціональних змін шкірного покриву в анатомічно несуміжних ділянках як у нормі, так і за умов патології. Інтенсивність проліферації базальних кератиноцитів визначали за методом Кожевнікова, а нейтралізуючу здатність шкіри – колориметричним способом за часом (у хвиликах) зникнення яскраво-малинового забарвлення. Еластометричні показники шкірного покриву досліджували вакуумаспіраційним методом із застосуванням прикладної кювети діаметром 20 мм при негативному тиску 20 кПа. Функціональний стан шкіри та підшкірної жирової клітковини вивчали за допомогою комплексного неінвазивного обстеження у стандартних анатомічних зонах (плече, живіт, стегно) з використанням аналізатора вологості та жирності шкіри (SK-92).

Пацієнтів розподіляли за терміном після операції (≤ 6 , 6–12, ≥ 12 міс) і наявністю МС. У трьох зонах (плече, живіт, стегно) визначали такі показники, як гідратація, м'якість і жирність шкіри, оцінюючи в балах від 1 до 5. Порівняння проводили між групами в межах кожного періоду спостереження.

У дослідженні взяли участь пацієнти з ознаками інсулінорезистентності серед яких

27 (55,1%) становили жінки та 22 (44,9%) чоловіки; 7 (14,3%) з них страждали на цукровий діабет 2-го типу, 31 (63,3%) мали порушення толерантності до глюкози (при нормальному рівні глікемії натщесерце; 36 (73,4%) пацієнтів мали рівень артеріального тиску $\geq 140/90$ мм рт. ст. Середнє значення індексу маси тіла (ІМТ) становило $40,6 \pm 13,6$ кг/м², а відношення об'єму талії до об'єму стегон було більшим за 0,8. У 33 (67,3%) пацієнтів вміст тригліцеридів перевищив 1,8 ммоль/л, а ЛПВЩ був меншим 1,1 ммоль/л.

Це дослідження схвалено Комісією з питань дотримання біоетики при проведенні експериментальних та клінічних досліджень при Державній науковій установі «Центр інноваційних медичних технологій Національної академії наук України» (протокол № 4 від 26 жовтня 2023 р.). Усі пацієнти, які брали участь у дослідженні, надали письмову інформовану згоду.

Результати оброблено методами варіаційної статистики із використанням програмного забезпечення Statistica 8.0. Результати перевіряли на нормальність розподілу за допомогою тесту Шапіро–Уїлка. За умов нормального розподілу для міжгрупового порівняння застосовували критерій t Стьюдента. У разі відхилення гіпотези нормальності показник вірогідності (P) визначали за допомогою рангового непараметричного критерію Манна–Уїтні. Статистично значущими

вважали відмінності при рівні значущості понад 95% ($P < 0,05$).

РЕЗУЛЬТАТИ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

Встановлено, що у контрольній групі тривалість відлущування рогового шару шкіри була $2,08 \pm 0,16$ доби у жінок та $2,13 \pm 0,18$ доби у чоловіків. За наявності МС цей показник зростав до $3,05 \pm 0,14$ доби у жінок та $3,18 \pm 0,16$ доби у чоловіків, що на 46,6 та 49,3% відповідно більше порівняно з контролем ($P < 0,01$). Отримані результати свідчать про зниження швидкості поділу базальних епідермоцитів за умов розвитку МС.

У контрольній групі показник буферних властивостей шкіри щодо лугів сягав $5,38 \pm 0,12$ хв у жінок та $5,42 \pm 0,14$ хв у чоловіків, тоді як у пацієнтів із МС нейтралізація подразнюючого агента тривала $6,60 \pm 0,15$ хв у жінок і $6,82 \pm 0,17$ хв у чоловіків, що на 22,7 та 25,8% відповідно повільніше ($P < 0,01$). Це вказує на зниження реактогенних властивостей шкіри в осіб із ознаками МС (таблиця).

Крім того, у пацієнтів із МС зафіксовано підвищення еластометричного показника на 29,8% у жінок та на 33,4% у чоловіків ($P < 0,001$), що відображає зміни тинкторіальних властивостей шкіри, зумовлені обмінною деструкцією колагену. Таким чином, результати дослідження функціонального стану шкіри

Порівняння функціональних показників шкіри пацієнтів з та без метаболічного синдрому

Функціональний показник шкіри	Контрольна група		Дослідна група	
	жінки	чоловіки	жінки	чоловіки
Тривалість відлущування рогового шару шкіри, доба	$2,08 \pm 0,16$	$2,13 \pm 0,17$	$3,05 \pm 0,14$ *	$3,18 \pm 0,08$ *
Нейтралізація подразнюючого агента (лугів), хв	$5,38 \pm 0,12$	$5,42 \pm 0,14$	$6,60 \pm 0,15$ *	$6,82 \pm 0,08$ *
Еластометричний показник, мм	$4,18 \pm 0,05$	$4,23 \pm 0,06$	$5,43 \pm 0,07$ **	$5,64 \pm 0,08$ **

* $P < 0,01$, ** $P < 0,001$

при МС свідчать про зменшення проліферативної активності базальних кератиноцитів, погіршення еластометричних показників та зниження її реактогенності.

У період до 6 міс після операції в групі з МС середня гідратація шкіри становила 1,67 бала; середня м'якість – 1,39 бала, а жирність – 1,89 бала. У групі без МС середня гідратація шкіри становила 1,75 бала, м'якість – 2,1 бала та жирність – 1,83 бала. Отже, в цей часовий проміжок наявність МС асоціюється з гіршою гідратацією та менш сприятливими механічними властивостями шкіри (рис. 1).

У проміжку 6–12 міс у пацієнтів з МС середня гідратація шкіри становила 1,67 бала; середня м'якість – 2,1 бала, а жирність – 1,34 бала. У групі без МС середня гідратація шкіри сягала 2,33 бала, м'якість – 2,59 бала та жирність – 1,25 бала. Такі зміни відображають поступове відновлення бар'єрних і механічних характеристик шкіри на тлі часткової стабілізації метаболічних порушень, із одночасним помірним зниженням жирності шкіри (рис. 2).

У термін ≥ 12 міс у осіб дослідної групи МС середня гідратація шкіри становила 1,89 бала; середня м'якість – 1,83 бала, а жирність – 2 бали. У групі без МС гідратація

шкіри сягала 1,67 бала, м'якість – 2,1 бала та жирність – 1,2 бала. У віддалений післяопераційний період міжгрупові відмінності загалом зменшуються, однак у пацієнтів із МС зберігається відносно нижча гідратація шкіри живота (рис. 3).

Наші результати підтверджують наявність порушень гідратації, еластичності та реактивності шкіри у пацієнтів з МС навіть після хірургічного лікування ожиріння, що узгоджується з уявленням про шкіру як мішень хронічного запалення, інсулінорезистентності та дисфункції адипоцитів [2, 4–6, 8].

Хронічна гіперглікемія, оксидативний стрес і накопичення кінцевих продуктів глікації порушують проліферацію кератиноцитів, баланс цитокінів і послідовність фаз ранового процесу, спричиняючи повільніше загоєння [4, 6]. У нашому дослідженні це проявлялося подовженням відлущування рогового шару та сповільненням регенерації епідермісу. Зниження буферної здатності й підвищення часу нейтралізації подразників свідчать про порушення бар'єрної функції шкіри, що пов'язують із дисфункцією клітин запалення, мікроангіопатією та тканинною гіпоксією [3, 6, 8–10].

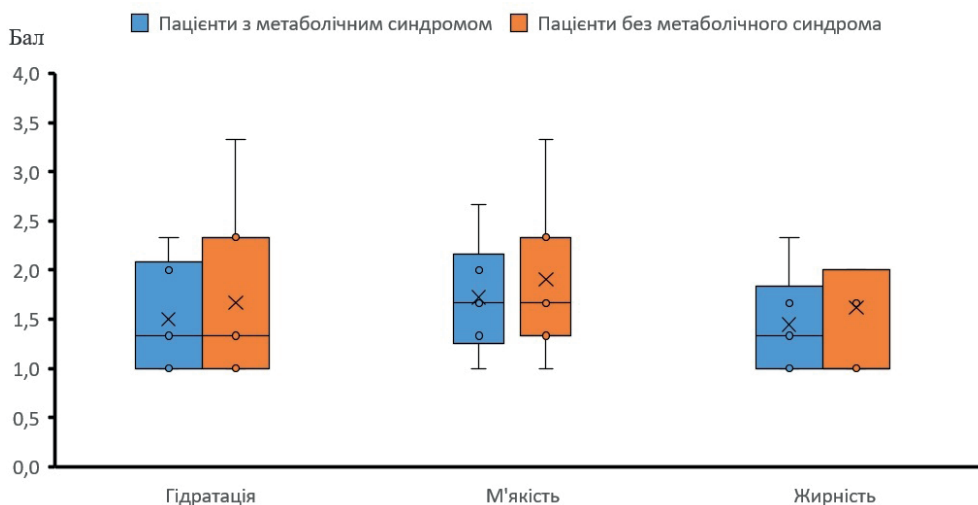


Рис. 1. Показники функціонального стану шкіри та підшкірної жирової клітковини пацієнтів з та без метаболічного синдрому за період до 6 міс після операції

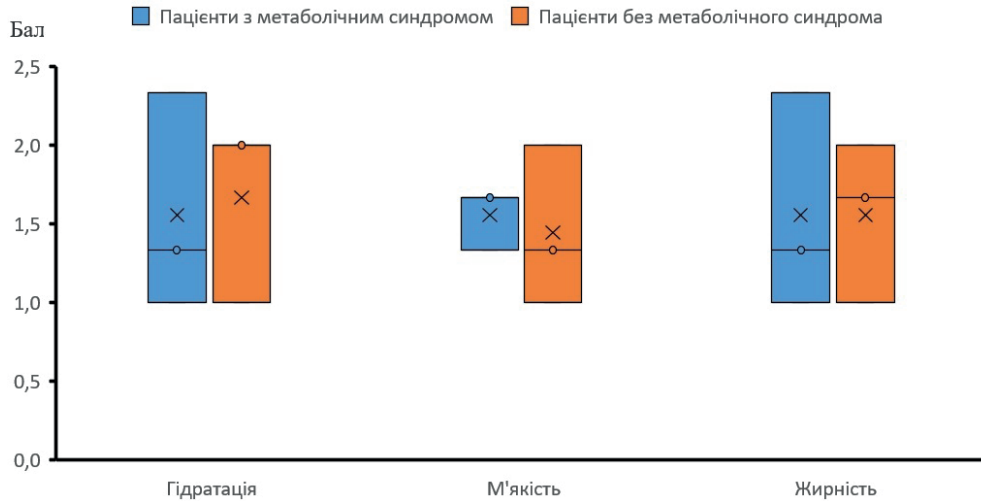


Рис. 2. Показники функціонального стану шкіри та підшкірної жирової клітковини пацієнтів з та без метаболічного синдрому за період 6–12 міс після операції

Зростання еластометричних показників відображає зниження пружності та ремоделювання дермального матриксу під впливом оксидативного стресу, гіперурикемії та деградації колагену й еластину [1, 7, 11]. До 6 міс після операції в досліджуваних ділянках зберігалися гірша гідrataція й механічні властивості, що узгоджується з даними про регіональні відмінності впливу ожиріння та більшу вразливість зон тертя [1, 12].

У період 6–12 міс частково покращувалися

показники, однак у пацієнтів із МС нормалізація відбувалася повільніше через персистуючі зміни дермального матриксу та підшкірної жирової клітковини [1, 9, 12]. Навіть у віддаленому періоді зберігалися нижча гідrataція та вища жирність шкіри живота, що може відображати тривалу дисфункцію адипозної тканини та локальне запалення [7–9].

Клінічно це має важливе значення, оскільки пацієнти з ожирінням і МС частіше мають інфекції, сероми, дегісценцію та

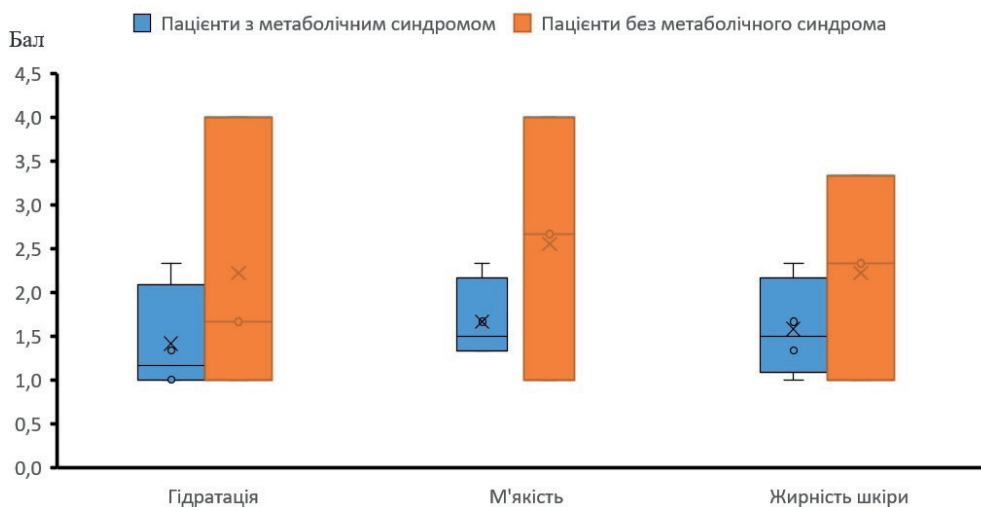


Рис. 3. Показники функціонального стану шкіри та підшкірної жирової клітковини пацієнтів з та без метаболічного синдрому за період ≥ 12 міс після операції

некроз країв рани через поєднання гіпоксії, системного запалення та зниженої васкуляризації підшкірної жирової клітковини [10, 13]. Наші результати свідчать, що локальні властивості шкіри можуть залишатися компрометованими, підвищуючи ризик ускладнень після реконструктивних втручань. Це узгоджується з даними досліджень, які демонструють неповне відновлення еластичності шкіри після бариатричних операцій [12].

Отже, пацієнтів із МС доцільно розглядати як групу підвищеного хірургічного ризику з позиції якості шкірно-жирового покриву. Передопераційна підготовка має включати оптимізацію глікемії, корекцію дисліпідемії, зниження маси тіла та заходи для покращення стану шкіри, а після операції – розширені протоколи локального догляду й контроль факторів, що погіршують загоєння [1, 4, 6–8, 10–12].

Таким чином, у пацієнтів із МС функціональні характеристики шкіри відновлюються повільніше, ніж метаболічні показники, що потребує ретельнішої передопераційної оцінки та персоналізованої тактики ведення. Комплексні порушення шкірного гомеостазу, пов'язані із системним запаленням і віковими змінами, ймовірно, лежать в основі уповільненого загоєння та менш сприятливих хірургічних результатів.

ВИСНОВКИ

1. У пацієнтів із МС відзначаються суттєві порушення функціонального стану шкіри порівняно зі здоровими особами: зниження швидкості поділу базальних кератиноцитів, погіршення здатності до адаптації й відновлення та зниження реактогенності шкіри.

2. За якісними показниками шкіри у пацієнтів із МС нижча гідратація порівняно з особами без ознак метаболічних порушень, що клінічно проявляється більшою схильністю до сухості, подразнення та повільнішого відновлення бар'єрної функції.

3. Сукупність виявлених змін у пацієнтів

з МС пояснює вищу ймовірність порушення репарації та затримки загоєння після операцій і обґрунтовує персоналізовану стратегію хірургічної тактики й післяопераційного ведення.

4. У дослідженні не виявлено статистично значущого впливу статі на результати досліджень показників функціонального стану шкіри та підшкірної жирової клітковини.

Робота є частиною досліджень, що проводяться відділенням ендокринної та метаболічної хірургії Державної наукової установи «Центр інноваційних медичних технологій Національної академії наук України» за темою: «Естетична та реконструктивна хірургія дефектів і деформацій черевної стінки», державний реєстраційний номер 0123U103218.

The authors of this study confirm that the research and publication of the results were not associated with any conflicts regarding commercial or financial relations, relations with organizations and/or individuals who may have been related to the study, and interrelations of co-authors of the article.

O.I. Plehutsa, A.A. Hrynevych, D.V. Pyshyn

FEATURES OF THE FUNCTIONAL STATE OF THE SKIN AND SUBCUTANEOUS ADIPOSE TISSUE IN PATIENTS WITH METABOLIC SYNDROME

State Scientific Institution 'Centre for Innovative Medical Technologies of the National Academy of Sciences of Ukraine', Kyiv; e-mail: grinevic.md9@gmail.com

Metabolic syndrome (MS) combines abdominal obesity, insulin resistance, dyslipidemia, and hypertension, leading not only to cardiometabolic complications but also to chronic microcirculation disorders, inflammation, and connective tissue remodelling. Therefore, studying the functional state of the skin and subcutaneous adipose tissue in patients with MS is important for optimising preoperative preparation, selecting the scope of intervention, and postoperative management. The aim of our study was to assess the functional state of the skin and subcutaneous adipose tissue in 49 patients aged 27-82 years with MS who sought surgical help for cosmetic defects of the skin and subcutaneous adipose tissue of the anterior abdominal wall. Two groups of patients were examined. The

first group, the control group, comprised 24 practically healthy individuals. The second group comprised 25 patients with MS, which was verified based on anthropometric and laboratory criteria. The functional state of the skin was studied using comprehensive non-invasive methods: a skin moisture and oiliness analyzer (SK-92), vacuum aspiration elastometry, assessment of the duration of stratum corneum exfoliation, and neutralisation of the irritant. In addition, skin quality indicators (hydration, softness, oiliness) were analysed in standard anatomical areas (shoulder, abdomen, thigh) depending on the time after surgery (≤ 6 , $6-12$, ≥ 12 months) and the presence of MS. In patients with MS, compared with the control group, a significant prolongation of the duration of exfoliation of the stratum corneum (3.11 ± 0.15 vs. 2.10 ± 0.17 days) and the time of neutralization of the irritant (6.70 ± 0.16 vs. 5.40 ± 0.13 min) was found, which indicates a decrease in the rate of basal keratinocyte division and a deterioration in the barrier function of the skin. The elastometric index was higher in the MS group (6.13 ± 0.08 vs. 4.20 ± 0.06 mm), indicating a reduction in elasticity and altered mechanical properties of the skin. In the period up to 6 months after plastic surgery, patients with MS had worse hydration and less favorable mechanical characteristics of the skin, especially in the abdominal area; between 6-12 months and ≥ 12 months, the indicators improved in both groups, but in patients with MS, normalization was incomplete, with lower hydration and relatively higher abdominal skin oiliness remaining. The changes identified explain the increased risk of impaired repair and wound healing complications in this category of patients and justify the need for a personalised approach to preoperative preparation and postoperative management of patients with MS.

Key words: metabolic syndrome; skin; subcutaneous adipose tissue; skin hydration; skin elasticity; wound healing.

REFERENCES

1. Hu Y, Zhu Y, Lian N, Chen M, Bartke A, Yuan R. Metabolic syndrome and skin diseases. *Front Endocrinol (Lausanne)*. 2019 Nov 20;10:788. doi:10.3389/fendo.2019.00788.
2. Hrytsevykh NR, Nikitina NS, Vereshchaka VV. Features of the peripheral hemomicrocirculatory system of women with metabolic syndrome. *Fiziol Zh*. 2025; 71(5): 74-81.
3. Patel S, Srivastava S, Singh MR, Singh D. Mechanistic insight into diabetic wounds: Pathogenesis, molecular targets and treatment strategies to pace wound healing. *Biomed Pharmacother*. 2019;112:108615. doi:10.1016/j.biopha.2019.108615.
4. Wilkinson HN, Hardman MJ. Wound healing: cellular mechanisms and pathological outcomes. *Open Biol*. 2020;10(9):200223. doi:10.1098/rsob.200223.
5. Vereshchaka VV. Physical, mechanical, and chemical properties of the skin in practically healthy people of different ages and individuals with signs of senile facial skin laxity: clinical and morphological parallels, research methodology. *Dermatol Venereol*. 2008;39(1):20-33.
6. Yanai H, Adachi H, Hakoshima M, Katsuyama H. Molecular biological and clinical understanding of the pathophysiology and treatments of hyperuricemia and its association with metabolic syndrome, cardiovascular diseases and chronic kidney disease. *Int J Mol Sci*. 2021 Aug 26;22(17):9221. doi:10.3390/ijms22179221.
7. Yosipovitch G, DeVore A, Dawn A. Obesity and the skin: skin physiology and skin manifestations of obesity. *J Am Acad Dermatol*. 2007;56(6):901-20. doi:10.1016/j.jaad.2006.12.004.
8. Pérez L, Muñoz-Durango N, Riedel CA, et al. Endothelial-to-mesenchymal transition: Cytokine-mediated pathways that determine endothelial fibrosis under inflammatory conditions. *Cytokine Growth Factor Rev*. 2017;33:41-54. doi:10.1016/j.cytogfr.2016.09.002.
9. Cotterell A, Griffin M, Downer MA, Parker JB, Wan D, Longaker MT. Understanding wound healing in obesity. *World J Exp Med*. 2024 Mar 20;14(1):86898. doi:10.5493/wjem.v14.i1.86898.
10. Makrantonaki E, Kostaras S, Zouboulis CC. Bacterial cutaneous infections in diabetes mellitus and treatment. *Dermatologie (Heidelb)*. 2025;76(1):9-14. doi:10.1007/s00105-024-05441-5.
11. Triwatcharikorn J, Itthipanichpong Y, Washrawirul C, et al. Skin manifestations and biophysical changes following weight reduction induced by bariatric surgery: A 2-year prospective study. *J Dermatol*. 2023;50(12):1635-9. doi:10.1111/1346-8138.16951
12. Pierpont YN, Dinh TP, Salas RE, et al. Obesity and surgical wound healing: a current review. *ISRN Obes*. 2014 Feb 20;2014:638936. doi:10.1155/2014/638936.

*Матеріал надійшов
до редакції 09.01.2026*