

Морфологічні зміни пересадженого волосся при лікуванні рубцевої посттравматичної алопеції

О. А. Гиндич^{A,B,D,E,F}, І. М. Савицька^C

ДУ «Національний науковий центр хірургії та трансплантології імені О.О. Шалімова» НАМН України, Київ

A – концепція та дизайн дослідження; B – збір даних; C – аналіз та інтерпретація даних; D – написання статті; E – редагування статті; F – остаточне затвердження статті

Мета роботи – вивчення морфологічних змін у пересаджених волоссяних фолікулах для визначення ефективності методу FUE в умовах ішемізованих, рубцевих тканин.

Матеріали і методи. До групи дослідження входило 10 пацієнтів з рубцевою післятравматичною алопецією або відсутністю волосся внаслідок реконструктивних втручань. Лікування проводилось з використанням трансплантації волосся методом FUE (Follicular Unit Extraction) з DHI (Direct Hair Implantation). Вивчалися структурні особливості волоссяної сумки та волоссяної цибулини, ступінь васкуляризації пересадженого фолікулярного об'єднання (графта). Отримані результати порівнювались з даними при дослідженні здорових фолікулів.

Результати. При порівнянні на мікроскопічному рівні здорового та пересадженого волосся доведена збереженість графта та його приживлення в місці трансплантації, що свідчить про високий рівень адаптації фолікулів у змінених тканинах. При клінічній оцінці пацієнти відмітили відмінний (80 %) та добрий (20 %) результати. Ступінь приживлення становив в середньому 90 % від пересадженої кількості графтів. Таким чином, при дотриманні усіх правил техніки виконання пересадки волосся методом DHI ми не відзначали підвищеного ризику втрати волоссяних фолікулів через їх пошкодження.

Висновки. Трансплантація волосся після ексцизії може бути успішно використана для відновлення волоссяного покриву, для маскування розрізів на волосистій частині голови або для відновлення передньої лінії росту волосся. Пересадку волосся методом FUE з імплантацією DHI можна вважати найбільш безпечним та перспективним методом для збереження життєздатності волоссяних фолікулів, особливо в умовах ішемізованих рубцевих тканин.

Ключові слова:
рубцева алопеція,
пересадка волосся,
FUE, графт,
волоссяний фолікул.

Патологія. 2025.
Т. 22, № 3(65).
С. 239-244

Morphological changes in transplanted hair in the treatment of cicatricial post-traumatic alopecia

O. A. Hyndych, I. M. Savytska

The aim is to study the morphological changes in transplanted hair follicles to determine the effectiveness of the FUE method under conditions of ischemic and scar tissue.

Materials and methods. The study included 10 patients diagnosed with cicatricial post-traumatic alopecia or alopecia resulting from reconstructive surgical procedures. All patients underwent hair transplantation using the follicular unit extraction (FUE) technique combined with direct hair implantation (DHI). The structural characteristics of the hair follicle and hair bulb, as well as the degree of vascularization of the transplanted follicular units (grafts), were examined. The obtained results were compared with data from healthy hair follicles, serving as controls.

Results. Microscopic examination revealed that the transplanted grafts maintained their structural integrity and demonstrated successful engraftment at the recipient sites, indicating a high level of follicular adaptation within the altered (ischemic or scarred) tissues. During clinical assessment, patients reported excellent (80 %) and good (20 %) results. The degree of engraftment was on average 90 % of the transplanted number of grafts. Thus, when all the rules of the DHI hair transplant technique were followed, we did not observe an increased risk of hair follicle loss due to their damage.

Conclusions. Hair transplantation after extraction can be successfully used to restore the hair cover, to mask incisions on the scalp or to restore the anterior hairline. FUE hair transplantation with DHI implantation can be considered the safest and most promising method for preserving the viability of hair follicles, especially in conditions of ischemic scar tissue.

Keywords:
alopecia cicatricial,
hair transplantation,
FUE, graft, hair
follicle.

Pathologia.
2025;22(3):239-244

Методика відновлення волоссяного покриву була запропонована у 1959 році (N. Orentreich) для лікування андрогенетичної алопеції, і відтоді метод став надзвичайно популярним [1,2]. На сьогодні галузь трансплантації волосся швидко розвивається, методика може стати ефективним способом відновлення росту волосся в зонах рубцевих алопецій, а також після реконструктивних операцій в області скальпу [2,3,4,5,6].

При реконструкції шкіри голови трансплантація фолікулярних одиниць може бути виконана на загеному рубці від опіку та навіть на клаптях та штучній дермі [3]. Таким чином, трансплантація волосся може значно покращити загальний вигляд після реконструктивних процедур.

Описано низку методів забору фолікулярних одиниць [7]. Найпоширенішим методом був забір смужки

потиличної частини шкіри голови (FUT) та первинне закриття дефекту [8]. Пізніші спроби мінімізувати захворюваність донорської ділянки призвели до покращення технології екстракції фолікулярних одиниць, за допомогою якої окремі фолікулярні одиниці забираються безпосередньо зі шкіри голови, уникаючи розрізу, зокрема метод FUE (Follicular Unit Extraction). Пересадка волосся методом FUE – мініхірургічна процедура, у ході якої група волоссяних фолікулів (графт) вилучається та переміщується з донорської зони до зони alopecії шляхом мікротрансплантації [8,9,10,11]. Однак, цей метод залежить від техніки, тому існує підвищений ризик втрати життєздатних волоссяних фолікулів через значні показники перерізів, про які повідомлялося авторами [3,5,6,7,8].

Аналіз джерел літератури, які з'явилися в останні десятиріччя та присвячені лікуванню саме рубцевих alopecій, показав, що успіх пересадки волосся в рубцеву тканину визначався авторами на основі виключно клінічних спостережень та задоволеності пацієнтів від отриманого результату [9,10,11,12]. Переконливих даних про патоморфологічні зміни в процесі приживлення, які відбувалися з волоссяним фолікулом в умовах рубцевої тканини, знайти не вдалось, хоча це має принципове значення для визначення ефективності методу FUE та прогнозу успішності лікування [13,14].

Мета роботи

Вивчення морфологічних змін у пересаджених волоссяних фолікулах для визначення ефективності методу FUE в умовах ішемізованих, рубцевих тканин.

Матеріали і методи дослідження

Дослідження здійснювали, дотримуючись принципів Гельсінської декларації (протокол № 06.06.2025 р. засідання комісії з медичної етики Національного наукового центру хірургії та трансплантології ім. О.О. Шалімова НАМН України від 6 червня 2025 року). Всі обстежені надали письмову інформовану згоду на участь.

До групи дослідження увійшли 10 пацієнтів з рубцевою alopecією внаслідок травм та реконструктивних втручань, лікування проводилось з використанням трансплантації волосся методом FUE з DHI (Direct Hair Implantation).

Серед пацієнтів було 6 жінок та 4 чоловіки у віці 20-58 років. Етіологічними факторами alopecій в цій групі були: опіки (n = 4), травми (n = 2), закриття дефектів повношаровими шкірними трансплантатами (n = 4). Досліджувались морфологічні особливості пересаджених волоссяних графтів в зону alopecії через 1 рік після процедури (діаметр волоссяної цибулини, щільність судин гемоциркуляторного русла та площа адипоцитів) та порівнювалися з аналогічними показниками здорового волосся. Волоссяний графт – це невеликий фрагмент шкіри (0,6 – 1,2 мм) з волоссяними фолікулами (1 – 4 фолікули).

Пересадку волосся виконували під місцевим знеболенням розчином Кляйна. Як донорська зона в усіх випадках була використана потилична ділянка.

За один сеанс було пересаджено від 500 до 3200 фолікулярних об'єднань.

Після вилучення фолікули імплантувались безпосередньо в зону зрілих рубців або повношарових аутодермотрансплантатів через 1-2 роки після операції.

Імплантація графтів проводилась за методикою DHI з використанням ручки Choi для імплантації фолікулів у реципієнтну зону.

Через 1 рік після процедури кілька пересаджених графтів вилучались з зони пересадки та порівнювались з нативним волоссям пацієнта, вилученого зі здорової ділянки скальпу. В усіх випадках це була потилична ділянка.

Спочатку проводили суправітальне дослідження графтів з використанням 0,1 % розчину метиленового синього, яке дозволяло оцінити їхній прижиттєвий стан та взаємодію з навколишньою тканиною. Після цього матеріал фіксували у нейтральному забуференому 10 % розчині формальдегіду, ущільнювали у парафіні за загально прийнятою схемою та виготовляли зрізи товщиною 3 мкм, які забарвлювали гематоксиліном та еозинном.

Для гістологічних досліджень використовувався дослідницький оптичний мікроскоп Leica DM 500. Фотографування препаратів здійснювалось з використанням фотокамери Leica ICC50 HD. Морфометрична обробка даних проводилась за допомогою відеоаналізатора й комп'ютерної програми Paradise, розробленої науково-виробничою компанією «Єва». Порівняння між вимірами, здійсненими на препаратах здорового та пересадженого волосся, проводили за допомогою t-критерію Стьюдента. $P < 0,05$ вважалось статистично значущим.

Результати

При забарвленні 0,1 % розчином метиленового синього здорового волосся у волоссяній сумці навколо відзначалися функціонуючі судини гоміомікроциркуляторного русла. Волоссяний сосочок в деяких волосин був дещо згладжений (згладженість сосочка спостерігається у природно старіючого волосся). Епітеліальні клітини волоссяного фолікула містили гранули меланіну, візуально мали майже чорний колір (рис. 1).

У волоссяній сумці пересадженого волосся при забарвленні 0,1 % розчином метиленового синього від сосочка до верхньої частини лейки, тобто до шкірного покриву, щільність функціонально активних капілярів була дещо менша, ніж у сумці здорового. Волоссяний сосочок згладжувався, був менш виражений, ніж у здорового, колагенові волокна помірно набрякали, що свідчило про менш інтенсивне кровопостачання волоссяної цибулини. Клітини волоссяної цибулини також як в нормі містили гранули меланіну. Навколо волоссяної цибулини була помітна добре збережена волоссяна сумка типової будови, тобто без ознак рубцювання. Фіброцити та колагенові волокна, що її утворювали, були розташовані дещо ширшими прошарками ніж у здорового волосся. В нижній частині волосся навколо волоссяної сумки відзначалися збережені жирові клітини гіподерми типової будови (рис. 2).

Виміри площі адипоцитів, розташованих навколо

Таблиця 1. Порівняльні результати досліджень здорового та пересаженого волосся

Показник, одиниці вимірювання	Здорове волосся	Пересажене волосся
Щільність судин гемомікроциркуляторного русла, судин на 1 мм ²	20,7 ± 0,9*	18,5 ± 1,1
Діаметр волоссяної цибулини, ×10 ⁻⁶ м	141,70 ± 11,81*	130,02 ± 12,15
Площа адипоцитів, ×10 ⁻⁶ м ²	3646,85±144,88*	2984,04±164,35

*: $p < 0,05$ – вірогідність показників пересаженого волосся порівняно з показниками здорового.

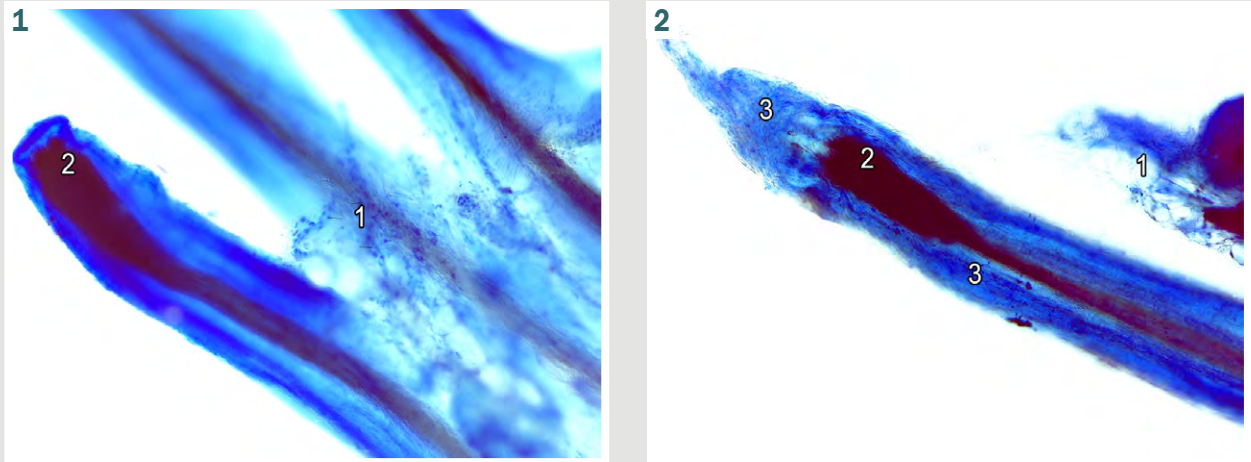


Рис. 1. Здорове волосся в зоні кореня. 1: кровоносні судини, 2: волоссяна цибулина. Суправітальний препарат. Забарвлення метиленовим синім. Збільшення ×100.

Рис. 2. Пересажене волосся. 1: навколо волоссяної сумки адипоцити гіподерми типової будови, 2: волоссяна цибулина, 3: волоссяна сумка. Суправітальний препарат. Забарвлення метиленовим синім. Збільшення ×100.

волоссяної цибулини, та діаметру волоссяних цибулин проводились на суправітальних препаратах, забарвлених 0,1 % розчином метиленового синього, через те, що тканини зазнавали значно меншого впливу, ніж після ущільнення у парафіні та виготовлення постійних препаратів.

При вимірах діаметру волоссяних цибулин була виявлена вірогідна відмінність тільки на суправітальних препаратах, виміри на постійних препаратах, забарвлених гематоксиліном та еозином, значущої різниці між здоровим волоссям та пересадженим не виявили.

Морфометричні дослідження показали, що в зоні пересаженого волосся дещо зменшується площа адипоцитів (табл. 1). В гіподермі здорового волосся середня площа клітин дорівнювала $((3646,85 \pm 144,88) \times 10^{-6} \text{ м}^2)$ ($n = 10$), варіація становила 12,56 %. Середня площа адипоцитів в гіподермі пересаженого волосся складала $((2984,04 \pm 164,35) \times 10^{-6} \text{ м}^2)$ ($n = 10$), варіація становила 17,42 %, тобто відхилення між мінімальною площею та максимальною було більшим у випадку пересаженого волосся, а середня площа меншою. Не зважаючи на виявлені розбіжності, наведені дані свідчать, що площа жирових клітин залишалася в межах допуску, обумовленого для жирових клітин в обох випадках [15].

На гістологічних препаратах, забарвлених гематоксиліном та еозином, здорове волосся мало типову будову, клітини волоссяної цибулини без особливостей (рис. 3). Навколо волоссяної цибулини та волоссяного сосочка були помітні адипоцити гіподерми, волоссяний сосочок добре виражений, його капіляри повнокровні (рис. 4, 5). В досліджених зразках здорового волосся,

судинна щільність навколо волоссяної сумки на 1 мм² складала $20,7 \pm 0,9$ ($n = 10$), n – кількість вимірів.

У волоссяній сумці пересаженого волосся були помітні відкриті функціонально активні капіляри (рис. 6). Колагенові волокна волоссяної сумки мали помірний набряк, більш виражений в нижній частині навколо волоссяної цибулини, що пов'язано зі зниженням кровообігу в судинах мікроциркуляторного русла цієї зони. Відзначалися помірні атрофічні зміни сальних залоз, що розташовувались навколо волосся та відкривалися у волоссяну ліжку, проте ці зміни суттєво не впливали на стан трансплантату (рис. 7). Дерма навколо графта була більш ущільнена порівняно з нативною, проте кількість кровоносних судин тут була значною, наближаючись майже до норми й складала $18,5 \pm 1,1$ судин на 1 мм² ($n = 10$), шари епітелію кореневої піхви та волоссяної ліжки мало чим відрізнялися від ліжки здорового волосся (рис. 8).

Обговорення

Таким чином, проведене дослідження показало, що пересажене волосся в нових умовах отримує достатню кількість поживних речовин для збереження повноцінного функціонування. Мікрооточення, що виникає в ділянці пересаженого волосся, дозволяє графтам зберігати свою життєдіяльність та навіть впливати на стан рубцевої тканини в зоні імплантації. В цій тканині у зоні розташування пересаджених графтів на час дослідження (через один рік після підсаджування) збільшувалась частка аморфної речовини, через що рубцева тканина ставала менш щільною, збільшува-

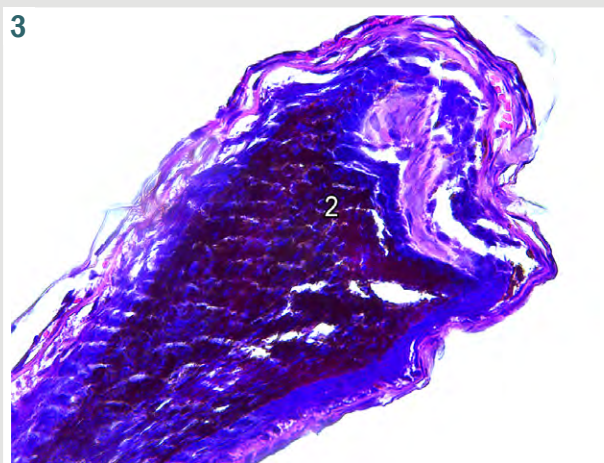


Рис. 3. Здорове волосся. 1: капіляри сосочка, 2: волоссяна цибулина. Забарвлення гематоксиліном та еозином. Збільшення $\times 400$.

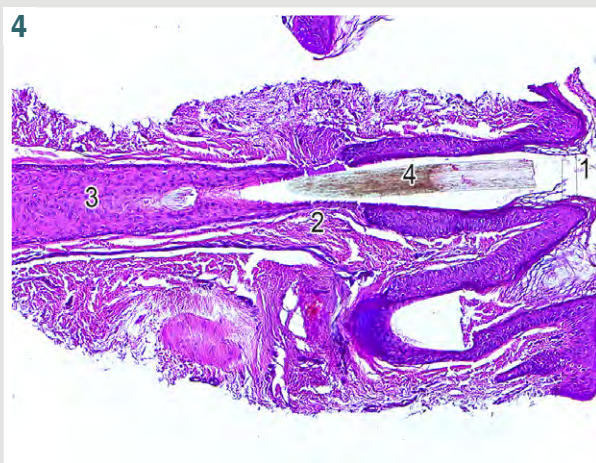


Рис. 4. Здорове волосся. 1: волоссяна цибулина та 2: середня частина зі стрижнем. Забарвлення гематоксиліном та еозином. Збільшення $\times 100$.

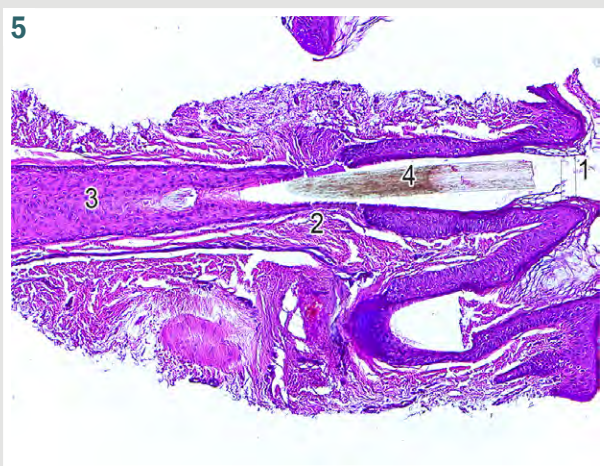


Рис. 5. Здорове волосся в зоні волоссяної лійки. 1: волоссяна лійка, 2: волоссяна сумка, 3: коренева піхва, 4: стрижень волосся. Забарвлення гематоксиліном та еозином. Збільшення $\times 100$.

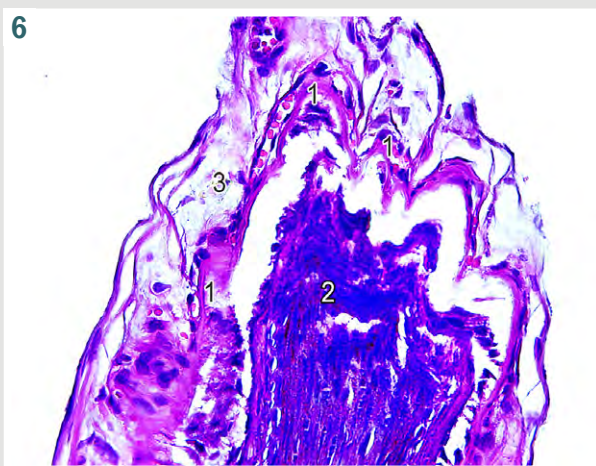


Рис. 6. Пересаджене волосся, з функціонально активними капілярами (1). 2: волоссяна цибулина, 3: ознаки набряку. Забарвлення гематоксиліном та еозином. Збільшення $\times 400$.

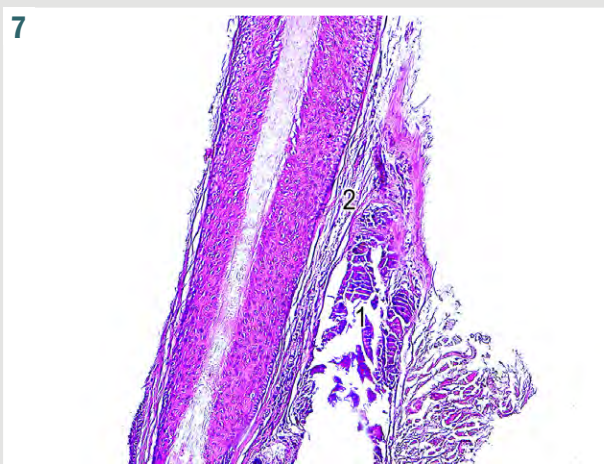


Рис. 7. Пересаджене волосся. Середня частина з атрофічно зміненою сальною залозою (1). Волоссяна сумка без ознак рубцювання (2). Забарвлення гематоксиліном та еозином. Збільшення $\times 100$.

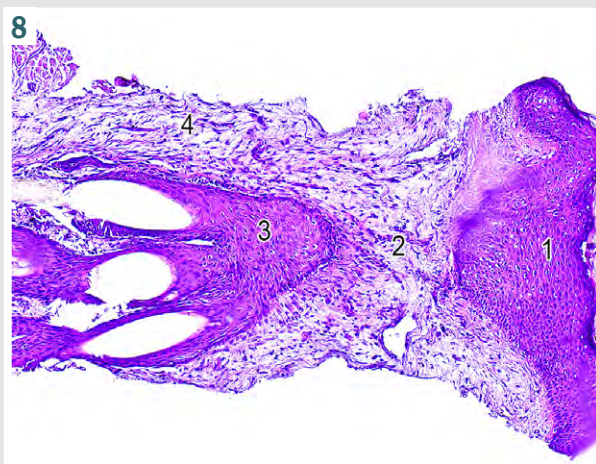


Рис. 8. Пересаджене волосся. Зона волоссяної лійки з потовщеним епідермісом (1), дещо ущільненою дермою (2) та судинами гемомікроциркуляторного русла (3), кореневою піхвою (4). Забарвлення гематоксиліном та еозином. Збільшення $\times 100$.

лась щільність судин гемомікроциркуляторного русла (табл. 1).

Отже, доведена збереженість графтів та їх приживлення в місці трансплантації, що свідчить про високий рівень адаптації волоссяних фолікулів у змінених тканинах.

При клінічній оцінці результату, пацієнти відзначили його як відмінний (80 %) та добрий (20 %). Ступінь приживлення становив в середньому 90 % від пересаженої кількості графтів. Отримані дані навіть дещо перевершили наші очікування, оскільки в літературі описані дані відсотку приживлення 77,4 – 87,9 % [5, 12]. Вважаємо, що основною причиною таких результатів могло стати застосування іншого методу забору графтів, зокрема strip-методу (FUT), де ушкодження волоссяних фолікулів, на наш погляд більш ймовірне, оскільки при правильному виконанні з використанням найсучасніших технічних пристроїв, трансекція трансплантатів за допомогою FUE залишається менше 4 % [14]. Саме делікатний забір фолікулярних одиниць для забезпечення життєздатності трансплантатів є важливим.

Таким чином, при дотриманні усіх правил техніки виконання пересадки волосся методом DHI, ми не відзначали підвищеного ризику втрати волоссяних фолікулів через їх пошкодження, як констатували автори попередніх досліджень [3, 5, 6, 7, 8]. Життєздатність графтів була підтверджена нами на мікроскопічному рівні.

Висновки

1. Пересадку волосся методом FUE з імплантацією DHI можна вважати найбільш безпечним та перспективним методом для збереження життєздатності волоссяних фолікулів, особливо в умовах ішемізованих рубцевих тканин.

2. Досліджені морфологічні особливості пересаджених графтів та їх приживлення в місці трансплантації, свідчать про високий рівень адаптації волоссяних фолікулів у змінених тканинах.

3. Пересажене волосся, повноцінно приживляючись, позитивно впливає на стан рубцевої тканини зони імплантації, зменшуючи її щільність та збільшуючи кровопостачання.

Перспективи подальших досліджень. Отримані результати при порівнянні на мікроскопічному рівні здорового та пересаженого волосся у пацієнтів з вторинними рубцевими алопеціями дозволяють впевнено констатувати факт приживлення та адаптації фолікулів у змінених ішемізованих тканинах, що дозволить широко використовувати метод пересадки волосся в хірургічній практиці. Проте в даній роботі розглядалися лише посттравматичні (в тому числі післяопікові) та післяопераційні алопеції, спричинені пересадкою неаваскуляризованих шкірних трансплантатів. Спектр реконструктивних операцій скальпу значно ширший, тому питання покращення естетичних результатів після вільної пересадки складних комплексів тканин з віддалених ділянок тіла без волоссяного покриву є актуальним, а отже вимагає подальших досліджень в напрямку визначення термінів та особливостей

приживлення волоссяних фолікулів в умовах вільної мікрохірургічної пересадки клаптів.

Фінансування

Дослідження виконано без фінансової підтримки

Конфлікт інтересів: відсутній.

Conflicts of interest: authors have no conflict of interest to declare.

Надійшла до редакції / Received: 12.06.2025

Після доопрацювання / Revised: 29.09.2025

Схвалено до друку / Accepted: 16.10.2025

Відомості про авторів:

Гиндич О. А., канд. мед. наук, науковий співробітник відділу мікросудинної, пластичної та відновлювальної хірургії, ДУ «Національний науковий центр хірургії та трансплантології імені О. О. Шалімова» НАМН України, м. Київ.

ORCID ID: 0000-0002-4606-1111

Савицька І. М., канд. мед. наук, старший науковий співробітник відділу експериментальної хірургії, ДУ «Національний науковий центр хірургії та трансплантології імені О. О. Шалімова» НАМН України, м. Київ.

ORCID ID: 0000-0002-2749-7825

Information about the authors:

Hyndych O. A., MD, PhD, Research Fellow of the Department of Microvascular, Plastic and Reconstructive Surgery, SI "National Scientific Center of Surgery and Transplantation named after O. O. Shalimov to National Academy of Medical Sciences of Ukraine", Kyiv.

Savitska I. M., MD, PhD, Senior Researcher of the Department of Experimental Surgery, SI "National Scientific Center of Surgery and Transplantation named after O. O. Shalimov to National Academy of Medical Sciences of Ukraine", Kyiv.



Ольга Гиндич (Olha Hyndych)

olgahyndych@gmail.com

References

- Kerure AS, Deshmukh N, Agrawal S, Patwardhan NG. Follicular Unit Extraction [FUE] – One Procedure, Many Uses. Indian Dermatol Online J. 2021;12(3):381-8. doi: 10.4103/idoj.IDOJ_522_20
- Memon R, Avram M. The pros and cons of follicular unit extraction (FUE) versus elliptical donor harvesting (FUT). J Cosmet Laser Ther. 2022;24(6-8):63-5. doi: 10.1080/14764172.2022.2088795
- Kumar AR, Ishii LE. Hair Transplantation for Scarring Alopecia. Facial Plast Surg Clin North Am. 2020;28(2):177-9. doi: 10.1016/j.fsc.2020.01.001
- Sand JP. Follicular Unit Transplantation. Facial Plast Surg Clin North Am. 2020;28(2):161-7. doi: 10.1016/j.fsc.2020.01.005
- Evin N, Guray Evin S. Camouflage of Postburn Scarring Alopecia Using Nanofat Grafting and Follicular Unit Hair Transplantation. Plast Reconstr Surg. 2024;154(1):207-15. doi: 10.1097/PRS.00000000000010759
- Dai JJ, Wang L, Qiu HY, Huang XY, Tian YX, Peng Q, et al. [Clinical effects of autologous follicular unit extraction transplantation in the treatment of small area secondary cicatricial alopecia after burns]. Zhonghua Shao Shang Yu Chuang Mian Xiu Fu Za Zhi. 2022;38(6):532-537. Chinese. doi: 10.3760/cma.j.cn501120-20210224-00064
- Gupta AK, Love RP, Harris JA. Old Friend or New Ally: A Comparison of Follicular Unit Transplantation and Follicular Unit Excision Methods in Hair Transplantation. Dermatol Surg. 2020;46(8):1078-83. doi: 10.1097/DSS.0000000000002373
- Huang YL, Lee MC, Chang SL, Hu S, Chang CS, Lin YF, et al. Harvested vs estimated follicular units in hair transplantation. J Cosmet Dermatol. 2019;18(3):902-7. doi: 10.1111/jocd.12740
- Park JH, You SH, Kim NR. Nonshaven Follicular Unit Extraction: Personal Experience. Ann Plast Surg. 2019;82(3):262-8. doi: 10.1097/SAP.0000000000001679
- Akdag O, Evin N, Karamese M, Tosun Z. Camouflaging Cleft Lip Scar Using Follicular Unit Extraction Hair Transplantation Combined with Autologous Fat Grafting. Plast Reconstr Surg. 2018;141(1):148-51. doi: 10.1097/PRS.0000000000003956

11. Jiang W, Wang M, Wang B. Clinical outcomes and technical tips for eyebrow restoration using single-follicular-unit hair transplantation: A case series review. *J Cosmet Dermatol*. 2020;19(8):2057-60. doi: [10.1111/jocd.13242](https://doi.org/10.1111/jocd.13242)
12. Lizardi JJ, Treger D, Braud SC, Boghosian T, Abd RE, Jabori SK, et al. The Most Influential Publications Regarding Hair Transplantation: A Bibliometric Review. *Aesthetic Plast Surg*. 2024;48(23):5189-99. doi: [10.1007/s00266-024-04049-3](https://doi.org/10.1007/s00266-024-04049-3)
13. Nuri T, Abe N, Sakamoto A, Tsushima A, Kasai Y, Narui Y, et al. Treatment of scarring alopecia from trauma and surgical procedures in young patients using follicular unit hair transplantation. *Pediatr Dermatol*. 2021;38(3):721-3. doi: [10.1111/pde.14553](https://doi.org/10.1111/pde.14553)
14. Epstein GK, Epstein J, Nikolic J. Follicular Unit Excision: Current Practice and Future Developments. *Facial Plast Surg Clin North Am*. 2020;28(2):169-76. doi: [10.1016/j.fsc.2020.01.006](https://doi.org/10.1016/j.fsc.2020.01.006)
15. Mylytsya KM, Sorokina IV, Myroshnychenko MS, Pliten OM. [Morphological features of adipose tissue of epiploon and subcutaneous fat cellular tissue of people with normal body mass index]. *Pathologia*. 2015;(3):90-4. Ukrainian. doi: [10.14739/2310-1237.2015.3.55612](https://doi.org/10.14739/2310-1237.2015.3.55612)