

УДК 616-002.43, 575.854, 616-018, 616-002.2, 616.5-089
EDN: RAQISD
<https://doi.org/10.15275/ssmj2201111>

Оригинальная статья

МОРФОЛОГИЧЕСКИЕ ИЗМЕНЕНИЯ ОКРУЖАЮЩИХ ТКАНЕЙ ПРИ МОДЕЛИРОВАНИИ ЛИПОФИЛИНГА И ПРИМЕНЕНИЯ ФИЛЛЕРОВ НА ОСНОВЕ ГИАЛУРОНОВОЙ КИСЛОТЫ

Э.А. Лаврентьева¹, А.Г. Королев¹, А.А. Цымбал², И.В. Кастыро¹, М.И. Баранник¹, А.Ф. Карташева¹,
П.В. Сарыгин¹, И.Б. Ганьшин¹

¹ФГАОУ ВО «Российский университет дружбы народов им. П. Лумумбы», Москва, Россия

²ФГАОУ ВО «Первый Московский государственный медицинский университет им. И.М. Сеченова» Минздрава России (Сеченовский Университет), Москва, Россия

MORPHOGENIC TRANSFORMATIONS OF SURROUNDING TISSUES DURING LIPOFILLING MODELING AND THE USE OF HYALURONIC ACID-BASED FILLERS

E.A. Lavrentieva¹, A.G. Korolev¹, A.A. Tsymbal², I.V. Kastyro¹, M.I. Barannik¹, A.F. Kartasheva¹, P.V. Sarygin¹,
I.B. Ganshin¹

¹Peoples' Friendship University of Russia named after Patrice Lumumba, Moscow, Russia

²Sechenov First Moscow State Medical University (Sechenov University), Moscow, Russia

Для цитирования: Лаврентьева Э.А., Королев А.Г., Цымбал А.А., Кастыро И.В., Баранник М.И., Карташева А.Ф., Сарыгин П.В., Ганьшин И.Б. Морфологические изменения окружающих тканей при моделировании липофилинга и применения филлеров на основе гиалуроновой кислоты. Саратовский научно-медицинский журнал. 2026; 22 (1): 111-116. EDN: RAQISD. <https://doi.org/10.15275/ssmj2201111>

Аннотация. *Цель:* оценить морфологические изменения окружающих тканей в реципиентном месте при моделировании липофилинга и применении филлеров на основе гиалуроновой кислоты. *Материал и методы.* Исследование выполнено на 50 половозрелых крысах линии Wistar. В 1-ю группу (интактные животные) включено 5 животных. Во 2-ю группу (однократное введение 0,9%-го раствора хлорида натрия в область холки) вошло 15 животных. Интрадермально в области холки в 3-й группе ($n=15$) вводили измельченный жир, а в 4-й группе ($n=15$) – гиалуроновый филлер. Через 30, 90 и 180 дней после эксперимента 5 животным во 2–4-й группах проводили эвтаназию и оценивали изменения реципиентных тканей. Срезы окрашивали по методу Маллори, гематоксилином и эозином. *Результаты.* На 30-й ($p<0,001$) и 180-й ($p=0,018$) дни в 3-й группе толщина клеточного эпидермиса была ниже, чем в 4-й группе. Толщина дермы была выше на 30-й день в 3-й группе и на 180-й день – в 4-й группе ($p<0,001$). Площадь сальных желез в 4-й группе на 90-й и 180-й дни увеличилась по сравнению с 30-м днем ($p=0,02$). Толщина жирового графта на 90-й день снизилась ($p=0,041$). В 4-й группе через 90 дней отмечена интеграция геля с окружающими тканями, а через 180 дней толщина геля варьировала, так как часто он распределялся не всегда равномерно – формировались полости. *Заключение.* Применение липофилинга по сравнению с гиалуроновым филлером приводит к более равномерному распределению жировой ткани, уменьшению площади сальных желез, которые способствуют увеличению толщины клеточного эпидермиса, толщины дермы.

Ключевые слова: липофилинг, гиалуроновая кислота, трансплантация жира, воспаление

For citation: Lavrentieva EA, Korolev AG, Tsymbal AA, Kastyro IV, Barannik MI, Kartasheva AF, Sarygin PV, Ganshin IB. Morphogenic transformations of surrounding tissues during lipofilling modeling and the use of hyaluronic acid-based fillers. *Saratov Journal of Medical Scientific Research*. 2026; 22 (1): 111-116. (In Russ.) EDN: RAQISD. <https://doi.org/10.15275/ssmj2201111>

Abstract. *Objective:* to evaluate morphogenic changes in surrounding tissues at the recipient site during lipofilling modeling and the use of hyaluronic acid-based fillers. *Material and methods.* The study was performed on 50 sexually mature Wistar rats. The group 1 (intact animals) included 5 animals. The group 2 (single injection of 0.9% sodium chloride solution in the withers area) included 15 animals. In the group 3 ($n=15$), minced fat was injected intradermally in the withers area, and in the group 4 ($n=15$), a hyaluronic filler was injected. After 30, 90, and 180 days, 5 animals in the groups 2 to 4 were euthanized and the changes in the recipient tissues were evaluated. The sections were stained using the Mallory method and hematoxylin and eosin. *Results.* On the 30th ($p<0.001$) and 180th ($p=0.018$) days in group 3, the thickness of the cellular epidermis was significantly lower than in group 4. The thickness of the dermis was significantly higher on the 30th day in group 3 (minced fat) and on the 180th day in group 4 (hyaluronic filler; $p<0.001$). The area of the sebaceous glands in group 4 on the 90th and 180th days increased compared to the 30th ($p=0,02$). Fat graft

thickness significantly decreased on the 90th postoperative day compared to day 30 ($p=0.041$). In group 4, gel integration with surrounding tissue was noted after 90 days, while after 180 days, the thickness of the implanted hyaluronic acid-based gel in this same group varied, as the gel was often unevenly distributed. Cavities frequently formed after gel implantation, which were not due to gel degradation. **Conclusion.** Thus, the use of lipofilling leads to a more uniform distribution of adipose tissue and a decrease in the area of sebaceous glands, compared to hyaluronic acid filler, which contributes to an increase in the thickness of the cellular epidermis and dermis.

Keywords: lipofilling, hyaluronic acid, fat transplantation, inflammation

Введение. Для эстетической или лечебной коррекции контуров лица и тела широко применяются филлеры различной природы и структуры. Наиболее изученными и природоподобными являются гиалуроновые филлеры [1]. Однако использование филлера на основе гиалуроновой кислоты в клинической практике может привести к развитию ряда критических осложнений, например к эмболизации сосудов, сдавлению сосудисто-нервных пучков, некрозу тканей и др. [2]. В связи с этим некоторые авторы отдают предпочтение липофиллингу с применением предварительно обработанного аутожира [3]. Между тем и хирургические вмешательства (хирургическая травма) могут приводить к развитию как локального асептического воспаления, так и запусту механизмов общего адаптационного синдрома, которые влияют на потенциал заживления ран и приживаемости имплантатов [1].

В настоящее время большинство исследований сосредоточены на изучении экспрессии иммуногистохимических маркеров (молекулы адгезии эндотелиальных клеток тромбоцитов 1 – platelet/endothelial cell adhesion molecule 1, или CD31; фактора роста эндотелия сосудов – vascular endothelial growth factor), стромально-васкулярной фракции (stromal vascular fraction) в месте аутотрансплантации жировой ткани (липофилинга) [4] и на оценке токсичности и безопасности различных вариантов филлеров на основе гиалуроновой кислоты [5]. Вместе с тем практически отсутствуют экспериментальные работы, направленные на гистологическую оценку окружающих тканей, в частности кожи и ее придатков при воздействии обоих методов коррекции дефицита тканей [6]. Подобные исследования могли бы более четко обозначить показания к применению тех или иных методов жирового графтинга и/или филлинга и улучшить клинический эффект при коррекции контуров тела.

Цель – оценить морфологические изменения окружающих тканей в реципиентном месте при моделировании липофилинга и применении филлеров на основе гиалуроновой кислоты.

Материал и методы. Исследование выполнено на 50 половозрелых крысах-самцах линии Wistar. В 1-ю группу – контрольную негативную (интактные животные) – включено 5 животных. Во 2-ю – контрольную позитивную группу с однократным введением в область холки 0,1 мл 0,9%-го раствора хлорида натрия – вошло 15 животных. У особей 3-й группы ($n=15$) жир забирали из паховой области под общим наркозом раствором «Золетил 100» (Virbac, Франция). Измельченный жир размером 1×2×1 мм вводили особям 3-й группы внутрикожно в области холки.

В 4-й группе крысам ($n=15$) имплантировали биодеградируемый препарат на основе гиалуроновой кислоты в концентрации 24 мг/мл, фосфатный буфер и 2%-й раствор лидокаина. Препарат имел гелеобразную консистенцию (гель). В экспериментальных группах аутожир и филлер вводили подкожно в область холки под общим наркозом раствором «Золетил 100». Через 30, 90 и 180 дней во 2, 3 и 4-й группах проводили эвтаназию животных и оценивали кожу и подкожные структуры холки в области введения препаратов

при помощи гистологического исследования. Срезы красили по стандартным протоколам гематоксилином и эозином, по методу Маллори. Препараты сканировали на микроскопе KFBIO 400 (Konfoong Biotech International Co., Ltd., КНР). Сканированные срезы анализировали при помощи программного обеспечения Aperio ImageScope v12.2.2.5015 (Leica Microsystems, Франция). Исследовали приживляемость жировых графтов, характер распределения филлера, реакцию окружающих тканей в реципиентном месте.

Статистическую обработку результатов проводили в программе Statistica 8.0 (StatSoft, США). Рассчитывали для выборки на каждом сроке для каждой группы среднее арифметическое значение (M) и его стандартную ошибку (SE). Для измерения толщины жирового графта оценивали медиану (Me) и 25 и 75 перцентили. Для оценки нормальности распределения применяли тест Колмогорова – Смирнова. Межгрупповые различия выявляли при помощи непараметрического U -критерия Манна – Уитни при не нормальном распределении или t -критерий Стьюдента – при нормальном распределении выборки, критический уровень значимости принимался равным 0,05.

Исследование одобрено локальным комитетом по этике Медицинского института ФГАОУ ВО «Российский университет дружбы народов им. Патриса Лумумбы» (протокол №02-24 от 20.02.2024).

Результаты. Толщина клеточного эпидермиса у животных 1-й и 2-й групп не различалась. После проведения липофилинга в 3-й группе через 30 дней ($p=0,003$) и в 4-й группе через 30 ($p=0,005$), 90 ($p=0,002$) и 180 ($p=0,005$) дней после введения препарата на основе гиалуроновой кислоты отмечено, что в 4-й группе толщина клеточного эпидермиса была выше, чем в обеих контрольных группах (рис. 1, а, табл. 1). На 30-й ($p<0,001$) и 180-й ($p<0,001$) дни в 3-й группе толщина клеточного эпидермиса была значимо ниже, чем в 4-й группе (рис. 2, а).

Толщина зернистого слоя между контрольными группами не различалась. Согласно критерию Манна – Уитни через 30 ($p=0,02$) и 180 ($p=0,012$) дней в 3-й группе, через 30 ($p=0,01$) и 180 ($p=0,004$) дней в 4-й группе толщина зернистого слоя была больше, чем в контрольных группах (см. рис. 1, б, табл. 1). Этот показатель ниже в 3-й группе на 90-й день по сравнению с 4-й группой ($p<0,001$). В группе жировых графтов толщина зернистого слоя на 90-й послеоперационной день снизился по сравнению с 30-м днем, но снова увеличился на 180-й день после операции ($p<0,001$). В группе гиалуронового филлера зернистый слой через 30 дней после манипуляции значимо ниже, чем через 90 и 180 дней после нее ($p<0,001$).

Толщина рогового слоя между контрольными группами не различалась. Согласно критерию Манна – Уитни толщина рогового слоя по сравнению с показателями контрольной негативной и контрольной позитивной групп выше только в 3-й группе через 30 дней после хирургического вмешательства ($p=0,005$). На 90-й день в группе гиалуронового филлера эта величина была выше, чем в группе липофилинга ($p=0,003$). В 3-й группе роговой слой значимо уменьшился на 90-й и 180-й дни по сравнению с 30-м днем ($p<0,001$; см. рис. 1, в, табл. 1).

Толщина дермы между контрольными группами не различалась. Толщина дермы согласно критерию

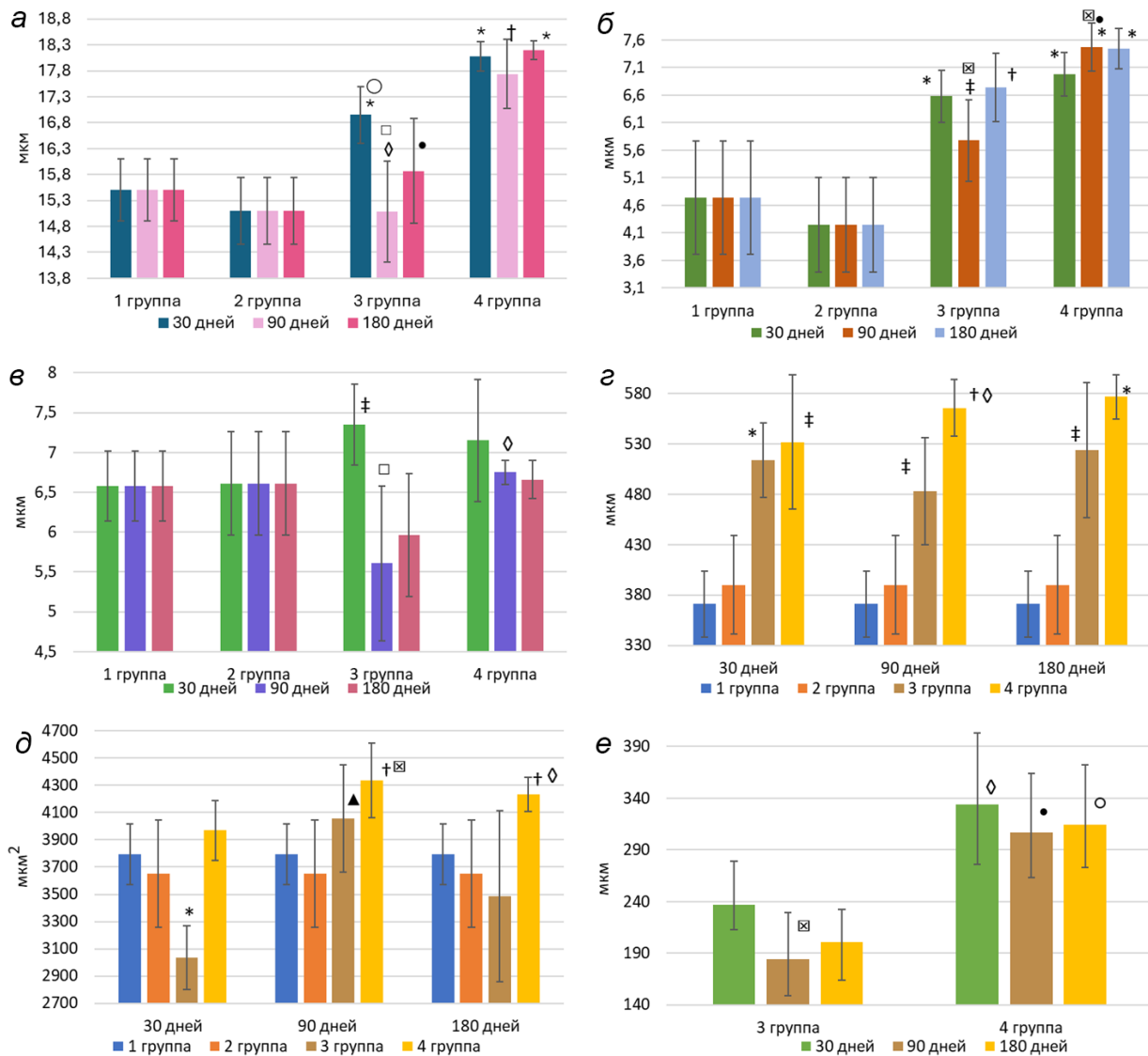


Рис. 1. Толщина клеточного эпидермиса (а), зернистого слоя (б), рогового слоя (в), дермы (г), площадь слюнных желез (д) после имплантации жировых графтов и введения филлера на основе гиалуроновой кислоты у крыс, толщина жирового графта (е). Различия между экспериментальными группами и контрольными группами: * $p < 0,001$; † $p < 0,01$; ‡ $p < 0,05$; различия между экспериментальными группами на каждом сроке: ° $p < 0,001$; • $p < 0,01$; ◊ $p < 0,05$; различия внутри групп между сроками: † $p < 0,001$; ‡ $p < 0,01$; † $p < 0,05$

Манна – Уитни была выше на 30-й день в 3-й группе (см. рис. 2, б) и на 180-й день – в 4-й группе ($p < 0,001$; см. рис. 2, в), а также через 90 и 180 дней в 3-й группе ($p = 0,018$) и через 30 ($p = 0,014$) и 180 ($p < 0,001$) дней – в 4-й группе (см. рис. 1, г, табл. 2).

Площадь слюнных желез между контрольными группами не различалась. Согласно критерию Манна – Уитни площадь слюнных желез по сравнению с контролем значительно снизилась только в 3-й группе на 30-й постоперационный день ($p < 0,001$). В 4-й группе, напротив, она возросла на 90-й и 180-й дни после введения филлера на основе гиалуроновой кислоты в сравнении с контрольными данными ($p = 0,02$). В 3-й группе отмечился рост этого показателя на 90-й день по сравнению со сроком 1 мес ($p < 0,001$), но через 180 дней площадь слюнных желез не отличалась от такового показателя на 30-й день. В 4-й группе на 90-й и 180-й дни отмечен стабильный рост площади слюнных желез по сравнению с 30-м днем после введения препарата на основе гиалуроновой кислоты ($p = 0,002$; см. рис. 1, д, табл. 2).

Согласно критерию Манна – Уитни толщина жирового графта значительно снизилась на 90-й постоперационный день по сравнению с 30-м днем ($p = 0,041$; см. рис. 1, а, б). Толщина геля в 4-й группе больше, чем в 3-й группе на 30-й ($p = 0,038$), 90-й ($p = 0,007$) и 180-й ($p < 0,001$; см. рис. 1, в) дни.

В 4-й группе через 90 дней после имплантации гиалуронового филлера отмечена интеграция геля с окружающими тканями (см. рис. 2, е). Имплантированный гель нередко имел пузырчатую или слоистую консистенцию. Через 180 дней в этой же группе толщина имплантируемого геля на основе гиалуроновой кислоты варьировала, поскольку гель часто распределялся не всегда равномерно, очагами (см. рис. 2, в), нередко после имплантации геля формировались полости (см. рис. 2, а), которые не являлись результатом деградации геля, так как визуализировались и на ранних сроках после имплантации. Через 180 дней после имплантации геля на основе гиалуроновой кислоты заметного уменьшения толщины введенного филлера по сравнению с показателями на более ранних сроках не наблюдалось (см. рис. 1, е).

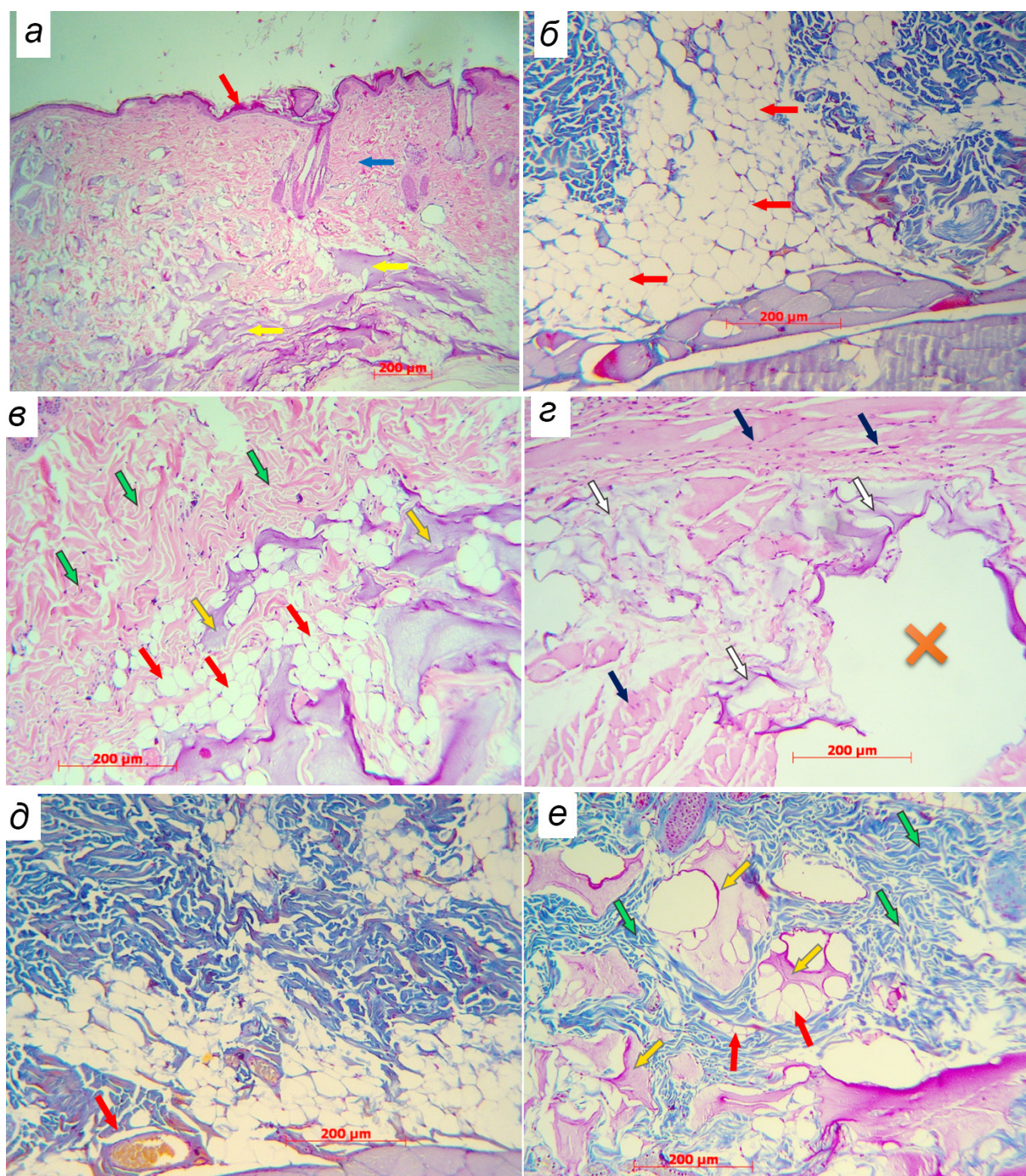


Рис. 2. Гистологические срезы: а – кожа животного 4-й группы на 30-й день, эпидермис обозначен красной стрелкой, дерма – синей стрелкой, гель – желтыми стрелками, окраска гематоксилином и эозином; б – дерма и гиподерма животного 3-й группы (30 дней), диффузное распределение жировой ткани (красные стрелки), окраска по Маллори; в – неравномерное распределение геля у животного 4-й группы (180 дней), волокна дермы (зеленые стрелки), жировые клетки (красные стрелки), гель (филлер) (желтые стрелки), окраска гематоксилином и эозином; г – полости в дерме после имплантации филлера (180 дней): полость (крест), волокна дермы (синие стрелки) и гель (белые стрелки), окраска гематоксилином и эозином; д – дерма и гиподерма у крысы из 3-й группы (90 дней): диффузное распределение жировой ткани (красные стрелки), сосуды микроциркуляторного русла (красная стрелка), окраска по Маллори; е – интеграция геля (желтые стрелки) с окружающими тканями в 4-й группе (90 дней): волокна дермы (зеленые стрелки), жировые клетки (красные стрелки), окраска по Маллори

Обсуждение. Эпидермис контрольных животных был тоньше, чем эпидермис особей опытных групп, а в базальных кератиноцитах крыс опытных групп наблюдалась более высокая митотическая активность. Показателем состояния активности кератинизации эпидермиса является количество рядов зернистых кератиноцитов и размер кератогиалиновых гранул в их цитоплазме [7]. Механизм утолщения эпидермиса

в экспериментальных группах заключается в стимуляции пролиферации тканей факторами роста из клеток стромально-васкулярной фракции, что подтверждается увеличением экспрессии белка Ki-67 в реципентном месте после трансплантации жира [8].

Необходимо отметить, что у всех животных контрольной группы отсутствовала подкожная жировая клетчатка. У крыс 3-й группы формировалась

Таблица 1

Изменения толщины тканей (мкм) в реципиентном месте после имплантации жировых графтов и введения филлера на основе гиалуроновой кислоты, $M \pm SE$

Срок, дни	Группа			
	1-я	2-я	3-я	4-я
Толщина клеточного эпидермиса				
30			16,9±0,5	18,1±0,2
90	15,5±0,6	15,1±0,6	15,1±0,9	17,7±0,6
180			15,8±1	18,2±0,1
Толщина зернистого слоя				
30			6,5±0,4	6,9±0,3
90	4,7±1,1	4,2±0,8	5,7±0,7	7,4±0,4
180			6,7±0,6	7,4±0,3
Толщина рогового слоя				
30			7,3±0,5	7,1±0,7
90	6,5±0,4	6,6±0,6	5,6±0,9	6,75±0,1
180			5,9±0,7	6,6±0,2

Таблица 2

Изменения толщины дермы (мкм) и площади сальных желез (мкм²) в реципиентном месте после имплантации жировых графтов и введения филлера на основе гиалуроновой кислоты, $M \pm SE$

Группа	Срок наблюдения, дни		
	30	90	180
Толщина дермы			
1-я	371±33		
2-я	390±49		
3-я	514±37	483±53	524±67
4-я	532±67	566±28	577±22
Площадь сальных желез			
1-я	3794±224		
2-я	3653±394		
3-я	3036±235	4055±395	3486±628
4-я	3968±218	4336±274	4234±125

подкожная жировая основа, что, вероятно, было вызвано активацией перидермиса в гиподерме их дифференцировкой в адипоциты [9]. При этом только у некоторых особей 4-й группы отмечены очаги жировой ткани в гиподерме. Согласно экспериментальным данным некоторых авторов, отмечено, что гиалуроновые филлеры могут стимулировать образование жировой ткани [10], что подтверждается настоящим исследованием. Филлер на основе гиалуроновой кислоты выявлен на всех сроках после проведения эксперимента, но через 30 и 90 дней он распределялся в коже не всегда равномерно, что затрудняло измерение его толщины; это подтверждается данными других авторов [11]. Кроме того, филлер на основе гиалуроновой кислоты способен препятствовать липолизу [12].

Измельченный аутологичный жир и гиалуроновый филлер хорошо интегрируют с окружающими тканями кожи, способствуют образованию новых микрососудов. В нашем недавнем исследовании показано, что аутотрансплантация жировой ткани стимулирует экспрессию фактора роста эндотелия сосудов А, что, в свою очередь, способствует лучшему приживлению жира и стимуляции неогенеза и адипогенеза [13]. По данным многих авторов, измельченный жир содержит стромально-васкулярную фракцию [12], из которой дифференцируются клетки будущих эндотелиоцитов, фибробластоподобные предшественники, которые способны накапливать липиды и приобретать морфологию жировых клеток [3, 14]. В группе трансплантации аутожира в настоящем исследовании сохранение жировой ткани к 30-му дню после эксперимента можно объяснить выбросом медиаторов воспаления, которые инициируют как активность стромально-васкулярной фракции [14], так и стресс-реализующие механизмы. В противоположность этому гиалуроновая кислота не является в коже чужеродной, поскольку входит в состав межклеточного вещества (гликозаминогликаны) и не вызывает иммунологических реакций при имплантации [15, 16], при этом иногда стимулируя образование очагов жировой ткани у некоторых животных 4-й группы, что подтверждается некоторыми исследованиями [10].

Предпочтение использования того или иного имплантата в значительной степени зависит от поставленных клинических целей. Имплантируемый жир

успешно приживается в реципиентной зоне, может обеспечить долгосрочный результат восполнения объема мягких тканей, однако есть данные о деформирующем эффекте жирового имплантата в случае коррекции выступающих рубцов, что может привести к видимой деформации кожи [2]. Несмотря на свою эффективность, липофилинг в визуально доступных областях следует проводить с осторожностью [17], в том числе и из-за возможных местных осложнений: эритемы, отека и гематомы в месте забора жира или зоны трансплантации [18].

Имплантация гиалуронового геля характеризуется более предсказуемым результатом [19], поскольку гиалуроновая кислота как компонент межклеточного вещества распределяется равномерно, не вызывая реакций и осложнений. Некоторые авторы отмечают, что длительность ее клинического и эстетического эффектов значительно короче, чем трансплантируемых жировых графтов [20].

Заключение. Патогенетически обоснована необходимость оценки морфологических изменений окружающих тканей в реципиентном месте при моделировании липофилинга и применении филлеров на основе гиалуроновой кислоты. Так, в эксперименте при применении трансплантации аутожира наблюдается более равномерное распределение жировой ткани, уменьшение площади сальных желез по сравнению с препаратами на основе гиалуроновой кислоты. Гиалуроновые филлеры способствуют увеличению толщины клеточного эпидермиса, в том числе и за счет роста зернистого слоя, толщины дермы и самого филлера в подкожном пространстве по сравнению с липофилингом.

Следует отметить, что выбор конкретного типа имплантата определяется прежде всего спецификой решаемых клинических задач, при этом рекомендуется учитывать обнаруженные изменения окружающих тканей и механизмы, их вызвавшие.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Вклад авторов. И.В. Кастыро, А.Г. Королев, А.А. Цымбал – дизайн исследования; Э.А. Лаврентьева, А.Г. Королев – проведение эксперимента; А.Г. Королев, Э.А. Лаврентьева – статистический анализ; Э.А. Лаврентьева, А.Г. Королев, И.В. Кастыро – написание

статии; И.Б. Ганьшин, М.В. Баранник, П.В. Сарыгин, А.А. Цымбал – редактирование статьи.

Источник финансирования. Авторы декларируют отсутствие внешнего финансирования для проведения исследования и публикации статьи.

Соблюдение правил биоэтики. Исследование выполнено в соответствии с этическими нормами обращения с животными, принятыми Европейской конвенцией по защите позвоночных животных, используемых для исследовательских и иных научных целей.

References (Список источников)

1. Quartey A, Ezekwe U, Callender V. Hyaluronic acid delayed filler complications: A racial group analysis and call to action. *Arch Dermatol Res.* 2025;317(1):690. DOI:10.1007/s00403-025-04125-x
2. Nalci Baytaroglu H, Hoşal MB. Complications of peri-orbital cosmetic hyaluronic acid filler injections: A major review. *Turk J Ophthalmol.* 2025;55(5):276-86. DOI:10.4274/tjo.galenos.2025.45213
3. Bora P, Majumdar AS. Adipose tissue-derived stromal vascular fraction in regenerative medicine: A brief review on biology and translation. *Stem Cell Res Ther.* 2017;8(1):145. DOI:10.1186/s13287-017-0598-y
4. Zheng Z, Lei X, Yang Y, et al. Changes in human fat injected alongside hyaluronic acid in the backs of nude mice. *Aesthet Surg J.* 2021;41(6):NP631-42. DOI:10.1093/asj/sjaa351
5. Qu Z, Koga H, Tsuji K, et al. Hyaluronic acid sheet transplantation attenuates infrapatellar fat pad fibrosis and pain in a rat arthritis model. *J Orthop Res.* 2023;41(11):2442-54. DOI:10.1002/jor.25580
6. Fanian F, Deutsch JJ, Bousquet MT, et al. A hyaluronic acid-based micro-filler improves superficial wrinkles and skin quality: A randomized prospective controlled multicenter study. *J Dermatolog Treat.* 2023;34(1):2216323. DOI:10.1080/09546634.2023.2216323
7. Hooper JK, Eggink LL. The discovery and function of filaggrin. *Int J Mol Sci.* 2022;23(3):1455. DOI:10.3390/ijms23031455
8. Moroz SE, Lavrentieva EA, Khlystalo MV, et al. Pathomorphological changes in tissues with various methods of transplantation of adipose tissue (experimental study). *Head and neck. Russian Journal.* 2024;12(4):41-9. (In Russ.) Мороз С.Е., Лаврентьева Э.А., Хлысталов М.В. и др. Патоморфологические изменения в тканях при различных методах трансплантации жировой ткани (экспериментальное исследование). *Head and neck. Голова и шея. Российский журнал.* 2024;12(4):41-9. DOI:10.25792/HN.2024.12.4.41-49
9. Shi Z, Xiong S, Hu R, et al. The Notch-PDGFRA axis suppresses brown adipocyte progenitor differentiation in early post-natal mice. *Dev Cell.* 2024;59(10):1233-51.e5. DOI:10.1016/j.devcel.2024.03.012
10. Crowley JS, Kream E, Fabi S, Cohen SR. Facial rejuvenation with fat grafting and fillers. *Aesthet Surg J.* 2021;41(Suppl. 1):S31-8. DOI:10.1093/asj/sjab014
11. Nadra K, André M, Marchaud E, et al. A hyaluronic acid-based filler reduces lipolysis in human mature adipocytes and maintains adherence and lipid accumulation of long-term differentiated human preadipocytes. *J Cosmet Dermatol.* 2021;20(5):1474-82. DOI:10.1111/jocd.13794
12. Ehlinger-David A, Gorj M, Braccini F, et al. A prospective multicenter clinical trial evaluating the efficacy and safety of a hyaluronic acid-based filler with Tri-Hyal technology in the treatment of lips and the perioral area. *J Cosmet Dermatol.* 2023;22(2):464-72. DOI:10.1111/jocd.15169
13. Khlystalo MV, Kastyro IV, Popadyuk VI, Ganshin IB. Hemocapillary diameter after fat grafting at late stages in biological objects. *Head and Neck. Russian Journal.* 2026;14(1):91-7. (In Russ.) Хлысталов М.В., Кастыро И.В., Попадюк В.И., Ганьшин И.Б. Диаметр гемокapилляров после аутоотрансплантации жира в отдаленные сроки у биологических объектов. *Head and neck. Голова и шея. Российский журнал.* 2026;14(1):91-7. DOI:10.25792/HN.2026.14.1.91-97
14. Gandolfi S, Pileyre B, Drouot L, et al. Stromal vascular fraction in the treatment of myositis. *Cell Death Discov.* 2023;9(1):346. DOI:10.1038/s41420-023-01605-9
15. Marinho A, Nunes C, Reis S. Hyaluronic acid: A key ingredient in the therapy of inflammation. *Biomolecules.* 2021;11(10):1518. DOI:10.3390/biom11101518
16. Wu GT, Kam J, Bloom JD. Hyaluronic acid basics and rheology. *Clin Plast Surg.* 2023;50(3):391-8. DOI:10.1016/j.cps.2022.12.004
17. Klingenstein A, Garip-Kuebler A, Muth DR, Hintschich C. A prospective randomized pilot study evaluating the scar outcome after gluteal dermis fat graft with and without kinesiotaping. *Int Ophthalmol.* 2022;42(8):2563-71. DOI:10.1007/s10792-022-02304-7
18. Le JM, Bosworth JW, Honeywell B, et al. Adipose grafting for volume and scar release. *Ann Plast Surg.* 2021;86(6S Suppl. 5):S487-90. DOI:10.1097/SAP.0000000000002873
19. Salwowska NM, Bebenek KA, Żądło DA, Wcisło-Dziadecka DL. Physicochemical properties and application of hyaluronic acid: A systematic review. *J Cosmet Dermatol.* 2016;15(4):520-6. DOI:10.1111/jocd.12237
20. Tabassum N, Chowdary Jasthi V, Al Salem A, Kumar SM. Perspectives and challenges in lip rejuvenation: A systematic review. *Eur Rev Med Pharmacol Sci.* 2023;27(19):9043-9. DOI:10.26355/eurev_202310_33929

Статья поступила в редакцию 17.02.2026; одобрена после рецензирования 02.03.2026; принята к публикации 06.03.2026. The article was submitted 17.02.2026; approved after reviewing 02.03.2026; accepted for publication 06.03.2026.

Информация об авторах:

Элина Автандиловна Лаврентьева – аспирант кафедры пластической хирургии Медицинского института, laveelina@ya.ru, ORCID 0000-0002-1641-5863; **Алексей Геннадьевич Королев** – ассистент кафедры нормальной физиологии Медицинского института, korolev-ag@rudn.ru, ORCID 0000-0003-0828-7715; **Александр Александрович Цымбал** – заместитель директора Института цифрового биодизайна и искусственного интеллекта в медицине Сеченовского Университета, профессор кафедры патологической физиологии, доцент, доктор медицинских наук, tsymbal_a_a@staff.sechenov.ru, ORCID 0000-0002-2928-1067; **Игорь Владимирович Кастыро** – профессор кафедры пластической хирургии, профессор кафедры клинической физиологии и нелекарственных методов терапии Медицинского института, доктор медицинских наук, ikastyro@gmail.com, ORCID 0000-0001-6134-3080; **Михаил Иванович Баранник** – профессор кафедры пластической хирургии Медицинского института, доктор медицинских наук, barannik_mi@pfur.ru, ORCID 0000-0002-6540-3252; **Алла Федоровна Карташева** – профессор кафедры пластической хирургии Медицинского института, профессор, доктор медицинских наук, Kartasheva_af@pfur.ru, ORCID 0000-0002-8533-301X; **Павел Валерьевич Сарыгин** – профессор кафедры пластической хирургии Медицинского института, доктор медицинских наук, sarygin_pv@pfur.ru, ORCID 0000-0003-3787-2147; **Игорь Борисович Ганьшин** – заведующий кафедрой пластической хирургии Медицинского института, профессор, доктор медицинских наук, gibdoc@yandex.ru, ORCID 0000-0001-5766-9416.

Information about the authors:

Elina A. Lavrentyeva – Post-graduate Student of the Department of Plastic Surgery of the Medical Institute, laveelina@ya.ru, ORCID 0000-0002-1641-5863; **Aleksei G. Korolev** – Instructor of the Department of Normal Physiology of the Medical Institute, korolev-ag@rudn.ru, ORCID 0000-0003-0828-7715; **Aleksander A. Tsymbal** – Deputy Director of the Institute of Digital Biodesign and Artificial Intelligence in Medicine of the Sechenov University, Professor of the Department of Pathological Physiology, Associate Professor, DSc, tsymbal_a_a@staff.sechenov.ru, ORCID 0000-0002-2928-1067; **Igor V. Kastyro** – Professor of the Department of Plastic Surgery, Professor of the Department of Clinical Physiology and Non-drug Therapy of the Medical Institute, ikastyro@gmail.com, ORCID 0000-0001-6134-3080; **Mikhail I. Barannik** – Professor of the Department of Plastic Surgery of the Medical Institute, DSc, barannik_mi@pfur.ru, ORCID 0000-0002-6540-3252; **Alla F. Kartasheva** – Professor of the Department of Plastic Surgery of the Medical Institute, Professor, DSc, Kartasheva_af@pfur.ru, ORCID 0000-0002-8533-301X; **Pavel V. Sarygin** – Professor of the Department of Plastic Surgery of the Medical Institute, DSc, sarygin_pv@pfur.ru, ORCID 0000-0003-3787-2147; **Igor B. Ganshin** – Head of the Department of Plastic Surgery of the Medical Institute, Professor, DSc, gibdoc@yandex.ru, ORCID 0000-0001-5766-9416.