

## СРАВНИТЕЛЬНАЯ МОРФОЛОГИЧЕСКАЯ И МОРФОМЕТРИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ПЛЕВРАЛЬНЫХ СРАЩЕНИЙ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ТАЛКА И ПОЛИПРОПИЛЕНА



Ирисов Ортикали Тулаевич<sup>1</sup>, Абдалов Шавкат Умидович<sup>4</sup>, Собиров Нуриддин Абдуллаевич<sup>5</sup>, Садыков Рустам Абрарович<sup>2,3</sup>, Мардонов Жамшид Нормуротович<sup>2,3</sup>

1- Ташкентская медицинская академия, Республика Узбекистан, г. Ташкент;

2- ГУ «Республиканский специализированный научно-практический медицинский центр хирургии им. акад. В. Вахидова», Республика Узбекистан, г. Ташкент;

3- Ташкентский государственный стоматологический институт, Республика Узбекистан, г. Ташкент;

4- Хорезмский филиал Республиканского научного центра экстренной медицинской помощи, Республика Узбекистан, г. Ургенч;

5- Ургенчский филиал Ташкентской медицинской академии, Республика Узбекистан, г. Ургенч

### ТАЛК ВА ПОЛИПРОПИЛЕН ҚЎЛЛАНГАН ҲОЛДА ПЛЕВРА БИТИШМАЛАРИНИ МОРФОЛОГИК ВА МОРФОМЕТРИК СОЛИШТИРМА БАҲОЛАШ

Ирисов Ортикали Тулаевич<sup>1</sup>, Абдалов Шавкат Умидович<sup>4</sup>, Собиров Нуриддин Абдуллаевич<sup>5</sup>, Садыков Рустам Абрарович<sup>2,3</sup>, Мардонов Жамшид Нормуротович<sup>2,3</sup>

1 - Тошкент тиббиёт академияси, Ўзбекистон Республикаси, Тошкент ш.;

2 - “Академик В.Вохидов номидаги Республика ихтисослаштирилган хирургия илмий – амалий тиббиёт маркази” ДМ, Ўзбекистон Республикаси, Тошкент ш.;

3 - Тошкент давлат стоматология институти, Ўзбекистон Республикаси, Тошкент ш.;

4 - Республика шошилинч тез тиббий ёрдам илмий маркази Хоразм филиали,

Ўзбекистон Республикаси, Урганч ш.;

5 - Тошкент тиббиёт академияси Урганч филиали, Ўзбекистон Республикаси, Урганч ш.

### COMPARATIVE MORPHOLOGICAL AND MORPHOMETRIC ASSESSMENT OF PLEURAL ADHESIONS USING TALC AND POLYPROPYLENE

Irisov Ortikali Tulaevich<sup>1</sup>, Abdalov Shavkat Umidovich<sup>4</sup>, Sobirov Nuriddin Abdullaevich<sup>5</sup>, Sadykov Rustam Abrarovich<sup>2,3</sup>, Mardonov Jamshid Normurotovich<sup>2,3</sup>

1 - Tashkent Medical Academy, Republic of Uzbekistan, Tashkent;

2 - State Institution “Republican specialized scientific – practical medical center of surgery named after academician V.Vakhidov”, Republic of Uzbekistan, Tashkent;

3 - Tashkent State Dental Institute, Republic of Uzbekistan, Tashkent;

4 - Khorezm branch of the Republican Scientific Center for Emergency Medical Care. Republic of Uzbekistan, Urgench;

5 - Urgench branch of the Tashkent Medical Academy, Republic of Uzbekistan, Urgench

e-mail: [doctor\\_jamshid@inbox.ru](mailto:doctor_jamshid@inbox.ru)

**Резюме.** Олиб борилган экспериментал тадқиқотда талк ва полипропилен қўлланилишида плевра бўшилигида юзага келадиган морфологик ва морфометрик ўзгаришлар батафсил ўрганилди. Олинган натижалардан маълум бўлдики, ҳар иккала модда ҳам плевра битишмаларининг шаклланишига сабаб бўлади, бироқ уларнинг биологик агрессивлик ва фиброгенлик даражалари фарқ қилади. Талк кучли яллиғланиш-фиброз реакциясига сабаб бўлиб, кўпол коллаген фиброзининг ривожланиши, гиалинизация ва альвеолар тўқиманинг архитектурасини бузилишини келтириб чиқарди. Полипропилен эса, аксинча, юмшоқ ва назорат қилиниши мумкин бўлган фиброз реакциясини келтириб чиқарди, ўпка тўқимасининг структуравий яхлитлиги сақланди, кўпинча лимфомононуклеар инфилтратсия билан чекланди. Олинган маълумотлар торакал жарроҳлик амалиётида қўлланиладиган янги чандиқланишига қарши материаллар ва технологияларни ишлаб чиқиши ва синовдан ўтказишида муҳим амалий аҳамиятга эга.

**Калим сўзлар:** плевра битишмалари, талк, полипропилен, морфометрия, фиброз, эксперимент.

**Abstract.** The conducted experimental study made it possible to comprehensively analyze the morphological and morphometric changes in the pleural cavity under the influence of talc and polypropylene as inducing agents. The obtained results convincingly demonstrated that both materials contribute to the formation of pleural adhesions, but differ significantly in their degree of biological aggressiveness and fibrogenic activity. Talc caused an intense inflammatory-

*fibrous reaction with the development of coarse collagen fibrosis, hyalinization, and disruption of the alveolar architecture. In contrast, polypropylene induced a mild and controlled fibrous response while preserving the structural integrity of the lung parenchyma and exhibiting moderate cellular infiltration. The data obtained are of high practical significance for the development and testing of new anti-adhesive materials and technologies used in experimental and clinical thoracic surgery.*

**Keywords:** pleural adhesions, talc, polypropylene, morphometry, fibrosis, experimental.

**Введение.** Плевральные сращения представляют собой одно из наиболее частых и неблагоприятных последствий воспалительных, травматических и хирургических процессов в грудной полости. Формирование плеврального фиброза приводит к значительным ограничениям подвижности лёгких, развитию рестриктивных нарушений вентиляции, способствует хронизации воспалительного процесса и является одной из основных причин рецидивирования плевритов и плевральных выпотов. В клинической практике плевральные спайки часто сопровождают осложнённые формы пневмоний, туберкулёзных и гнойных процессов, а также являются следствием оперативных вмешательств на органах грудной полости и применяемых при этом средств для стимуляции плевродеза [1,2,4].

В торакальной хирургии остаётся актуальной задача поиска эффективных и одновременно безопасных методов профилактики и контроля образования плевральных сращений, а также необходимости разработки и верификации экспериментальных моделей, адекватно воспроизводящих различные сценарии адгезиогенеза. Это позволяет как объективизировать исследования по изучению механизмов воспалительно-репаративного процесса, так и тестировать новые противоспаечные материалы и технологии [3,5].

Среди средств, используемых для моделирования плевральных сращений в эксперименте и клинической практике, наиболее известными являются тальк и различные синтетические материалы, включая полипропилен. Тальк, благодаря выраженному раздражающему действию и способности вызывать плевродез, широко применяется при лечении рецидивирующих плевральных выпотов и злокачественных процессов. Однако его применение сопровождается рядом побочных эффектов, включая выраженный фиброз, гиалинизацию, нарушение архитектоники лёгочной паренхимы и потенциально фатальные осложнения [1,4].

Полипропилен, в свою очередь, является биологически инертным материалом, применяемым в хирургии как для механической стимуляции спаечного процесса, так и в качестве материала для пластики дефектов [5]. Однако сравнительная оценка биологических эффектов талька и полипропилена на морфологию и морфометрию плевры в условиях стандартизированного эксперимента остаётся недостаточно изученной, что определяет актуальность настоящего исследования.

Таким образом, **целью данного исследования явилось** изучение морфологических и морфометрических изменений в плевральной полости при применении талька и полипропилена с целью определения их биологической агрессивности и моделирования плеврального фиброза в условиях контролируемого эксперимента.

**Материалы и методы исследования. Дизайн исследования.** Настоящее экспериментальное исследование проведено на базе отдела экспериментальной хирургии ГУ «Республиканский специализированный

научно-практический медицинский центр хирургии имени академика В. Вахидова» в период с 2024 по 2025 гг. Работа выполнена в соответствии с принципами биоэтики, соблюдением международных стандартов добросовестного обращения с лабораторными животными, регламентированными Европейской конвенцией по защите позвоночных животных (Страсбург, 1986; пересмотр — 2006), а также с одобрением локального этического комитета.

**Экспериментальные животные.** В качестве биологических моделей использовали 34 половозрелых беспородных белых крыс обоего пола, массой тела от 220 до 250 г, возрастом 4–5 месяцев. Все животные содержались в стандартных условиях вивария с естественным световым режимом, свободным доступом к пище и воде, соблюдением санитарно-гигиенических норм.

**Распределение по группам.** Животные были случайным образом разделены на две основные группы:

- **Группа 1 (n=17)** — моделирование плевральных сращений путём инсуффляции мелкодисперсного стерильного талька.

- **Группа 2 (n=17)** — моделирование сращений посредством инсуффляции порошка полипропилена, полученного путём измельчения медицинской сетки «Эсфил» до фракции менее 500 мкм.

Учет динамики морфологических изменений проводился на 3, 7, 14, 21 и 30 сутки после вмешательства, с обязательным морфологическим и морфометрическим контролем.

**Методика оперативного вмешательства.** Все операции проводились под общей ингаляционной анестезией с использованием изофлюрана (5 %). Вводный наркоз осуществлялся методом помещения животного под стеклянный колокол, далее анестезия поддерживалась в масочном режиме с дозированной подачей паров изофлюрана. Для дополнительного обезболивания внутримышечно вводился фентанил в дозе 0,2 мл.

Торакотомию выполняли в правом 6–7 межреберье косым доступом длиной 2 см. Плевральную полость вскрывали биполярным коагулятором, после чего равномерно инсуффлировали порошок исследуемого материала (тальк или полипропилен) на площадь 1–2 см<sup>2</sup> поверхности висцеральной и париетальной плевры при помощи модифицированного распылителя с соплом диаметром 3 мм.

После завершения манипуляции торакотомная рана ушивалась послойно с обеспечением герметичности. Для удаления остаточного воздуха из плевральной полости использовали метод аспирации через катетер с последующим восстановлением вентиляции лёгкого.

**Морфологический и морфометрический анализ.** Забор биоптатов проводился с участков спаек, висцеральной и париетальной плевры. Фиксация осуществлялась в 10% нейтральном формалине в течение

24–48 часов. После стандартной гистологической проводки и парафинизации изготавливали срезы толщиной 4–5 мкм, окрашенные гематоксилин-эозином.

Микроскопическое исследование проводили с использованием светового микроскопа «DN-300M» с увеличением  $\times 100$ – $\times 400$ . Морфометрический анализ включал определение следующих показателей:

- Площадь сращений ( $\text{см}^2$ ).
- Толщина фиброзных тяжей (мкм).
- Плотность клеточной инфильтрации (число клеток/ $\text{мм}^2$ ).
- Количество сосудов на поле зрения.
- Степень гиалинизации (оценка по 4-балльной шкале).

Микрофотографии документировались с использованием цифровой камеры, сопряжённой с микроскопом, и обрабатывались с помощью стандартного программного обеспечения.

**Статистическая обработка.** Статистическую обработку данных проводили методами вариационной

статистики с использованием программных пакетов Microsoft Excel и Statistica 10.0. Результаты представлялись в виде среднего арифметического значения (M) и стандартного отклонения (SD). Сравнение между группами осуществляли с применением критерия Стьюдента (t-тест), различия считались статистически значимыми при уровне  $p < 0,05$ .

**Результаты исследования.** В процессе выполненного эксперимента выявлены выраженные различия в морфологических и морфометрических характеристиках плевральных сращений при применении талька и полипропилена на различных сроках наблюдения.

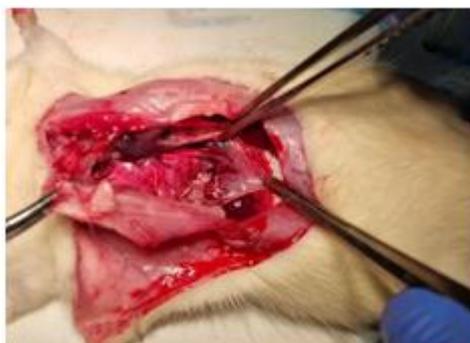
**Макроскопическая характеристика сращений. Группа талька.** У животных, подвергшихся инсуффляции талька, уже на 3 сутки вмешательства визуально определялись обширные сращения серовато-белого цвета, плотной консистенции, преимущественно в области нанесения порошка, с тенденцией к распространению на соседние участки плевры.



**Рис. 1.** Контроль 3 сут после операции после правосторонней торакотомии с введением талька в плевральную полость



**Рис. 2.** Контроль — 7-е сутки после введения талька в плевральную полость. Тяжистая спайка нижней доли правого лёгкого с париетальной плеврой. Имбиция тальком медиастинальной плевры и лёгкого



**Рис. 3.** Контроль. 30 суток. Состояние лёгких и плевральной полости после инсуффляции порошком талька



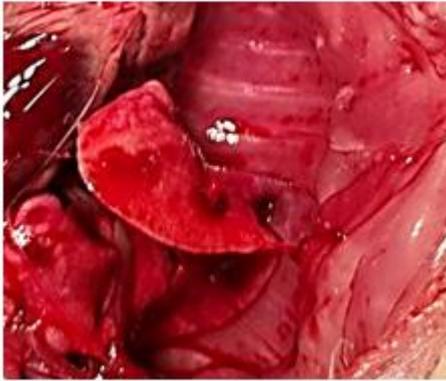
**Рис. 4.** Состояние торакотомной раны на 3-и сутки после правосторонней торакотомии. При вскрытии грудной клетки — выпота нет. Часть лёгкого (верхняя доля — 1, нижняя доля — 1) подпаяна к париетальной плевре в виде плоскостных спаек и тяжей

Спаечный процесс сопровождался выраженной гиперемией, отёком и наличием серозно-фибринозного экссудата в плевральной полости (рис.1).

К 7 суткам отмечалось дальнейшее уплотнение и увеличение площади сращений, спайки становились плотными, тугими, полностью фиксировали лёгкое к грудной стенке, формировались участки сращений с диафрагмой и междолевыми щелями (рис.2).

На 14 сутки площадь спаек достигала максимальных значений, их текстура становилась грубой, жёсткой, сплошной, наблюдалась полная иммобилизация висцеральной плевры, что сопровождалось ограничением дыхательной подвижности лёгкого и его частичным коллапсом.

К 21 и 30 суткам отмечалось окончательное формирование массивных, плотных спаек с участками выраженной гиалинизации, спаечные тяжи имели



**Рис. 5.** Опыт. 7-е сутки. Формирование плоскостных спаек нижней доли правого лёгкого с париетальной костальной плеврой после введения порошка полипропилена



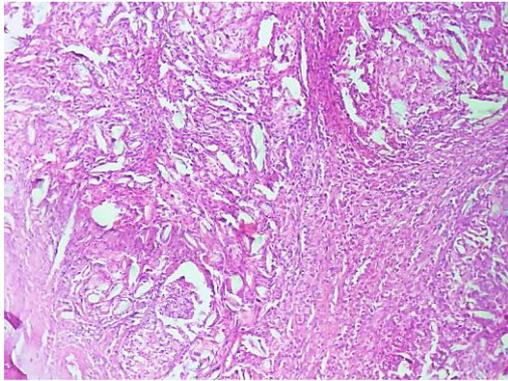
**Рис. 6.** Опыт. 30-е сутки. Спайка верхней доли правого лёгкого с париетальной костальной плеврой после введения порошка ПП



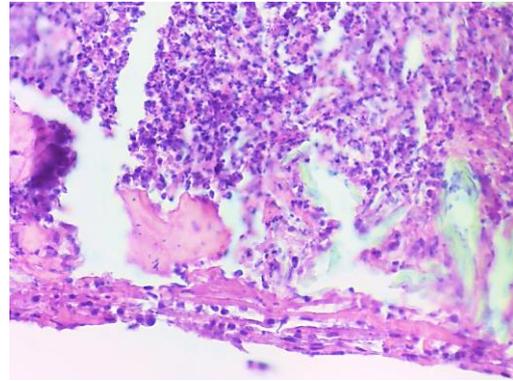
**Рис. 7.** Зона контакта талька с легочной тканью. Признаки острого воспалительного процесса: кристаллы талька, окруженные макрофагами. Контрольная группа, 3-е сутки эксперимента. СМ. Окраска Г-Э. 10×2



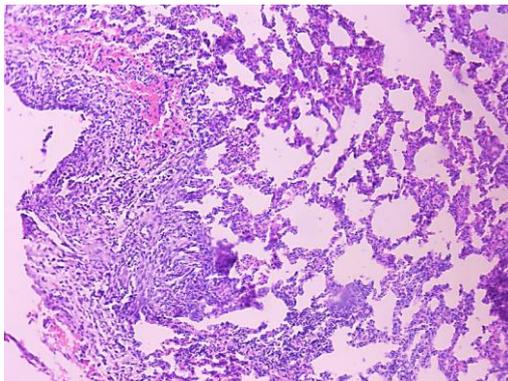
**Рис. 8.** Формирование грануляционной ткани и гигантские клетки инородных тел вокруг талька. Контрольная группа, 7-е сутки эксперимента. СМ. Окраска Г-Э. 10×3



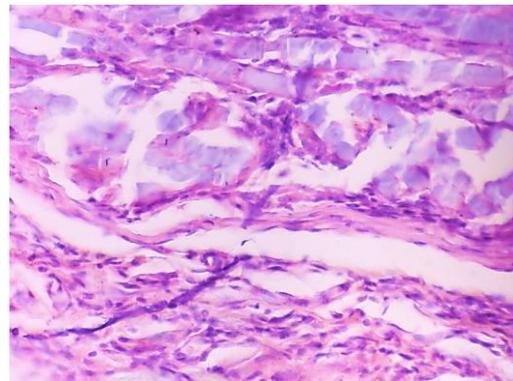
**Рис. 9.** Плотный фиброз с гиалинизацией и нарушением альвеолярной структуры. Контрольная группа, 21-е сутки эксперимента. СМ. Окраска Г-Э. 10×2



**Рис. 10.** Макрофаги вокруг частиц полипропилена. Опытная группа, 3-е сутки эксперимента. СМ. Окраска Г-Э. 10×3



**Рис. 11.** Грануляционная ткань с неоангиогенезом вокруг частиц полипропилена. Опытная группа, 7-е сутки эксперимента. СМ. Окраска Г-Э. 10×2



**Рис. 12.** Зрелая грануляционная ткань и коллагеновые волокна вокруг полипропилена. Опытная группа, 14-е сутки эксперимента. СМ. Окраска Г-Э. 10×2

бесструктурный, пластинчатый вид, охватывая до 80% плевральной поверхности (рис. 3).

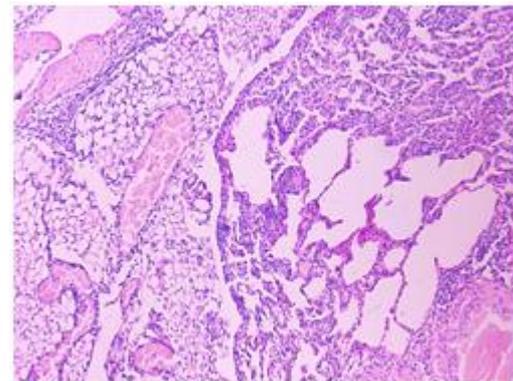
Группа полипропилена. В данной группе на 3 сутки визуализировались локальные, тонкие, эластичные сращения, преимущественно в зоне нанесения порошка. Спайки были полупрозрачными, слабо фиксировали плевральные листки, сохранялась подвижность лёгкого и целостность плевральной полости (рис.4).

К 7 и 14 суткам сращения увеличивались в размере, но сохраняли мягкую текстуру, отмечалась умеренная организация соединительной ткани без признаков сращения крупных участков плевры (рис. 5).

На 21 и 30 сутки спаечные тяжи становились тоньше, приобретали нежную структуру, имели тенденцию к спонтанной резорбции, легко отделялись при механическом воздействии без травматизации лёгочной ткани и париетальной плевры (рис. 6).

**Микроскопическая характеристика сращений. Группа талька.** Гистологический анализ на 3 сутки показал интенсивную воспалительную реакцию, представленную массивной нейтрофильной инфильтрацией, скоплением макрофагов, выраженным отёком интерстиция и отложением фибрина на поверхности плевры. Сосудистая сеть была расширена, определялась гиперемия и выраженная пролиферация эндотелия (рис.7).

На 7 сутки формировались грубые фиброзные тяжи, в которых преобладали грубоволокнистые коллагеновые структуры с очагами гиалинизации. Отмечалась редукция капиллярной сети и дегенеративные



**Рис. 13.** Зрелый мягкий фиброз вокруг частиц полипропилена. Опытная группа, 30-е сутки эксперимента. СМ. Окраска Г-Э. 10×2

изменения альвеолярной архитектуры с утратой её целостности (рис.8).

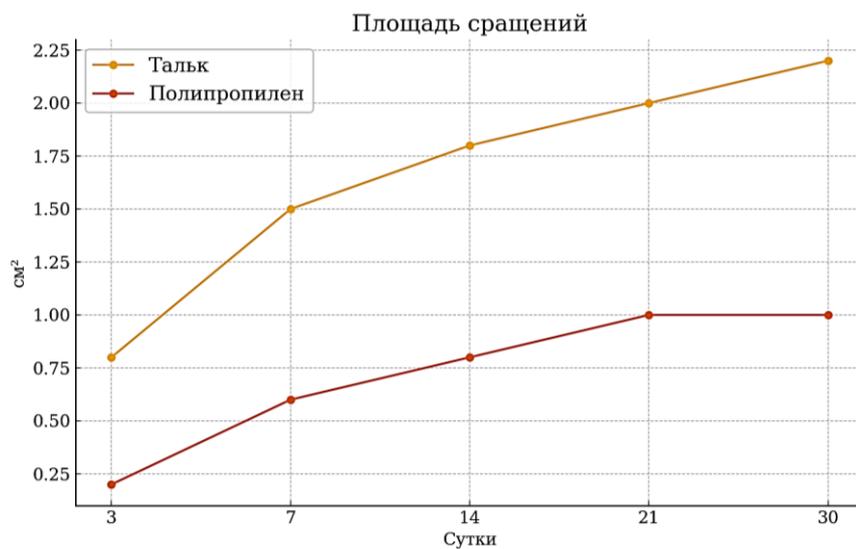
К 14–30 суткам в ткани сращений доминировала зрелая фиброзная ткань с наличием гиалинизированных участков (до 3–4 баллов), резкое уменьшение сосудистых элементов, практически полное исчезновение клеточной инфильтрации, признаки дегенерации окружающей паренхимы лёгкого (рис. 9).

**Группа полипропилена.** На 3 сутки инфильтрация носила умеренный характер, преобладали лимфоциты, макрофаги и единичные нейтрофилы, сосудистая сеть была сохранена, признаки отёка выражены слабо (рис.10). Видно, что уже на 7-е сутки в группе талька площадь спаек существенно превышала таковую в группе полипропилена.

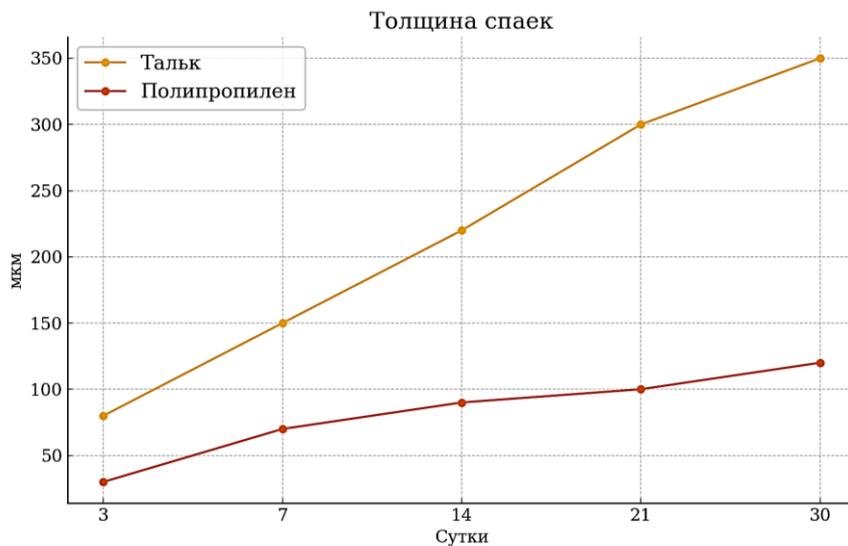
**Таблица 1.** Морфометрическая характеристика плевральных срощений у животных контрольной и опытной групп ( $M \pm \sigma$ )

| Показатель                                    | 3-е сутки | 7-е сутки | 14-е сутки | 21-е сутки | 30-е сутки |
|---|-----------|-----------|------------|------------|------------|
| Площадь срощений (см <sup>2</sup> )           |           |           |            |            |            |
| – контроль (тальк)                            | 0,8 ± 0,2 | 1,5 ± 0,3 | 1,8 ± 0,4  | 2,0 ± 0,5  | 2,2 ± 0,5  |
| – опыт (полипропилен)                         | 0,2 ± 0,1 | 0,6 ± 0,2 | 0,8 ± 0,2  | 1,0 ± 0,3  | 1,0 ± 0,2  |
| Толщина спаек (мкм)                           |           |           |            |            |            |
| – контроль                                    | 80 ± 10   | 150 ± 25  | 220 ± 30   | 300 ± 40   | 350 ± 50   |
| – опыт  | 30 ± 8    | 70 ± 15   | 90 ± 20    | 100 ± 25   | 120 ± 30   |
| Число сосудов на поле зрения                  |           |           |            |            |            |
| – контроль                                    | 6 ± 2     | 12 ± 3    | 10 ± 2     | 5 ± 2      | 3 ± 1      |
| – опыт  | 3 ± 1     | 7 ± 2     | 8 ± 1      | 7 ± 2      | 6 ± 2      |
| Клеточная плотность (клеток/мм <sup>2</sup> ) |           |           |            |            |            |
| – контроль                                    | 320 ± 30  | 220 ± 25  | 150 ± 20   | 90 ± 15    | 60 ± 10    |
| – опыт  | 180 ± 20  | 160 ± 15  | 120 ± 10   | 90 ± 10    | 70 ± 8     |
| Гиалинизация (баллы)                          |           |           |            |            |            |
| – контроль                                    | 0         | 1         | 2          | 3          | 4          |
| – опыт  | 0         | 0         | 1          | 1          | 1          |

Примечание: различия между контрольной и опытной группами статистически достоверны по всем показателям во все сроки наблюдения ( $p < 0,05$ , критерий Стьюдента).



**Рис. 14.** Динамика площади плевральных срощений у животных контрольной и опытной группы



**Рис. 15.** Сравнение толщины соединительнотканых спаек по срокам

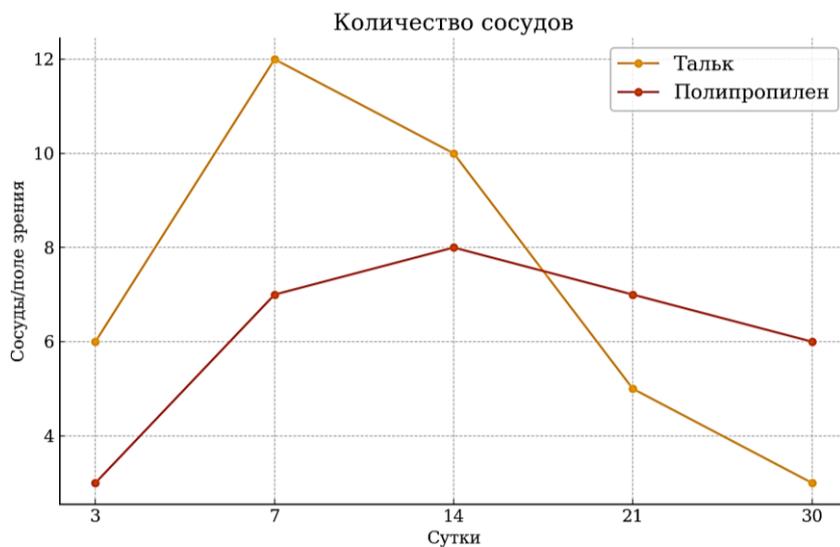


Рис. 16. Количество сосудов на поле зрения

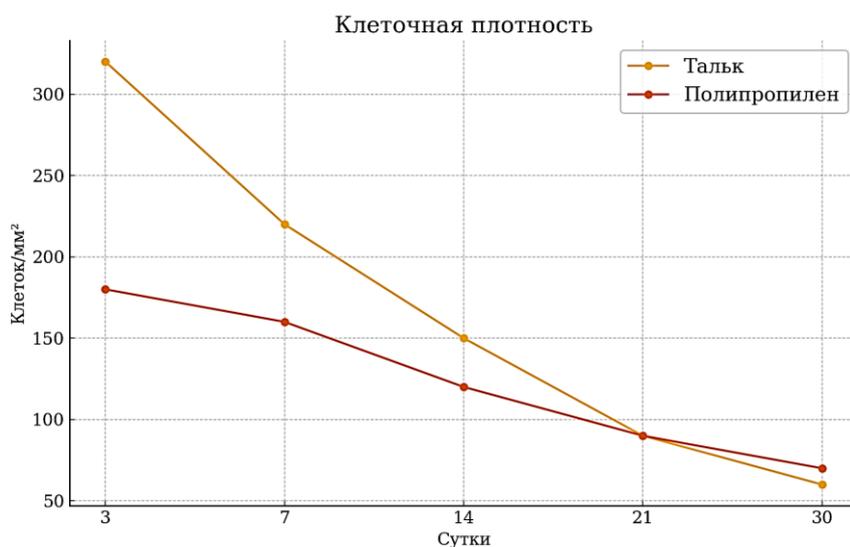


Рис. 17. Динамика клеточной плотности в соединительнотканых сращениях

На 7 и 14 сутки формировались тонкие соединительнотканые тяжи с преобладанием деликатных коллагеновых волокон, инфильтрация снижалась, васкуляризация сохранялась на уровне физиологической нормы (рис. 11 и 12).

На 21 и 30 сутки структура сращений стабилизировалась, сохранялась умеренная лимфоноуклеарная инфильтрация, гиалинизация отсутствовала или была минимальной (до 1 балла), капиллярная сеть оставалась выраженной, признаки ремоделирования альвеолярной структуры отсутствовали (рис. 13).

**Морфометрический анализ плевральных сращений в контрольной и опытной группах.** Для объективной количественной оценки характера и выраженности формирующихся плевральных сращений в контрольной (тальк) и опытной (полипропилен) группах проводился морфометрический анализ биоптатов, отобранных в разные сроки после оперативного вмешательства (3, 7, 14, 21 и 30 сутки).

Оценивались следующие параметры:

- площадь сращений (в см<sup>2</sup>);
- толщина соединительнотканых тяжей (в мкм);

- количество сосудов на одно поле зрения;
- плотность клеточной инфильтрации (число клеток/мм<sup>2</sup>);
- наличие признаков гиалинизации (оценивались балльно от 0 до 4).

Результаты представлены в таблице 1.

Морфометрический анализ подтвердил морфологические различия между группами. В группе талька наблюдалось прогрессирующее увеличение площади и толщины сращений, снижение клеточной инфильтрации и васкуляризации с переходом к зрелому фиброзу. Высокие баллы гиалинизации указывали на завершённую фазу ремоделирования соединительной ткани (табл. 1).

В опытной группе (полипропилен) параметры были ниже: сращения были тоньше, менее зрелыми, сосуды и клетки сохранялись дольше. Гиалинизация оставалась слабовыраженной, что свидетельствует о мягком типе воспаления и незрелом фиброзе (табл. 1).

Для более наглядной интерпретации различий между контрольной (тальк) и опытной (полипропилен) группами построены графики динамики ключевых морфометрических показателей (рис. 14-17).

Максимальные значения достигались к 30-м суткам, где наблюдалась почти двукратная разница между группами (рис. 14). В контрольной группе фиксировалось прогрессирующее утолщение фиброзных структур с максимальными значениями к 30-м суткам. В опытной группе изменения были менее выраженными и демонстрировали тенденцию к стабилизации (рис. 15).

Группа талька характеризовалась пиковой ангиогенетической активностью на 7-е сутки с последующим снижением, что отражает переход к зрелому фиброзу. В группе полипропилена васкуляризация оставалась более стабильной, что подтверждает незавершённость ремоделирования (рис. 16). В контрольной группе наблюдалось последовательное снижение клеточной инфильтрации, тогда как в опытной группе отмечалась относительная стабильность этого параметра, что согласуется с гистологической картиной незрелой соединительной ткани (рис. 17). Проведённый морфометрический анализ плевральных сращений между контрольной (тальк) и опытной (полипропилен) группами позволяет не только количественно охарактеризовать особенности фиброзного процесса, но и объективно подтвердить различия в механизмах тканевой реакции (рис. 14-17 и табл. 1). В группе талька уже на ранних сроках (3-е сутки) наблюдалось формирование спаек с относительно большой площадью ( $0,8 \pm 0,2 \text{ см}^2$ ) и значительной толщиной ( $80 \pm 10 \text{ мкм}$ ). Эти параметры прогрессивно увеличивались к 30-м суткам, достигая  $2,2 \pm 0,5 \text{ см}^2$  и  $350 \pm 50 \text{ мкм}$  соответственно (рис. 15 и табл. 1). Показатель клеточной плотности демонстрировал снижение от 320 до 60 клеток/ $\text{мм}^2$ , а васкуляризация сначала возрастала (до 12 сосудов), а затем снижалась до 3 к 30-м суткам. Баллы гиалинизации достигали 4, указывая на зрелый фиброз (рис. 16, 17 и табл. 1). В опытной группе площадь и толщина сращений оставались низкими, а клеточная и сосудистая активность сохранялась, гиалинизация не превышала 1 балл. Это свидетельствует о более мягком, незавершённом типе соединительнотканной трансформации (рис. 14 и табл. 1).

**Обсуждение.** Результаты проведённого исследования продемонстрировали значительные различия в характере и степени морфологических изменений плевральной полости при применении талька и полипропилена для моделирования спаечного процесса. Полученные данные подтверждают литературные сведения о высокой биологической агрессивности талька и его способности вызывать необратимые фиброзно-спаечные изменения [1, 2]. В то время как полипропилен, обладая инертными свойствами, индуцировал регулируемый и саморегулирующийся фиброз с минимальным повреждением прилежащих тканей [3-5].

Согласно данным Rahman N.M. и соавт. (2021), тальк остаётся наиболее широко используемым веществом для плевродеза при злокачественных выпотах, однако его применение связано с риском тяжёлых осложнений, таких как острый респираторный дистресс-синдром (ОРДС), эмболизация и системное воспаление, особенно при применении мелкодисперсного порошка [1]. Подобные данные подтверждаются в исследовании Xiao X. и

соавт. (2023), где также подчёркивается риск системной реакции даже при использовании стерильного талька [3]. Наши результаты полностью коррелируют с приведёнными исследованиями, демонстрируя агрессивную экссудативно-пролиферативную реакцию уже на 3 сутки с массивной нейтрофильной и лимфо-плазмоцитарной инфильтрацией и быстрым переходом к выраженному фиброзу с гиалинизацией и редукцией сосудистой сети на поздних сроках. Противоположную картину показала группа полипропилена. Полипропиленовые материалы, согласно Helgeson S. A. и соавт. (2021), являются перспективными биоинертными материалами для моделирования мягкого регулируемого фиброза в плевральной полости, обладая минимальным провоспалительным эффектом и высокой степенью биосовместимости [3]. В нашем исследовании подтверждены данные о мягком течении воспалительного ответа с ограниченным формированием соединительнотканых тяжелей, отсутствием грубого рубцевания и сохранением архитектоники плевры и паренхимы даже на 30 сутки. Данные находят поддержку и в обзоре Hopkins S. R. и Rahman N.M. (2021), подчёркивающих важность использования биосовместимых материалов для создания моделей спаек, адекватно имитирующих клиническую картину без риска искажения данных [1, 4, 5]. Морфометрические параметры, полученные в нашем исследовании, подтверждают агрессивный характер спаечного процесса при применении талька, сопровождающийся максимальными значениями площади ( $2,2 \pm 0,5 \text{ см}^2$ ) и толщины ( $350 \pm 50 \text{ мкм}$ ) сращений, значительным снижением клеточной плотности и редукцией сосудистой сети. В то же время полипропилен обеспечивал минимальную площадь спаек ( $1,0 \pm 0,2 \text{ см}^2$ ), толщину ( $120 \pm 30 \text{ мкм}$ ) и сохранение адекватной васкуляризации.

Таким образом, на основании проведённого анализа, а также современных литературных данных, можно утверждать, что тальк следует рассматривать как материал с высоким риском индукции неконтролируемого и необратимого фиброза, в то время как полипропилен может быть рекомендован для создания моделей управляемого адгезиогенного фиброза. Это открывает возможности его применения при разработке и тестировании новых противоспаечных материалов и методов профилактики плеврального спаечного процесса. Вместе с тем, следует отметить ограничения проведённого исследования, включающие использование крыс в качестве экспериментальных животных, что требует верификации полученных данных на более сложных и анатомически близких к человеку моделях. Кроме того, не проводилась оценка профиля цитокинов и иммунологических маркеров, что является перспективным направлением дальнейших исследований.

**Заключение.** Проведённое экспериментальное исследование позволило установить, что тальк и полипропилен обладают принципиально разной биологической активностью при введении в плевральную полость. Полученные данные подтверждают высокую фиброгенную активность талька, сопровождающуюся развитием выраженного и неконтролируемого фиброз-

ного процесса с формированием зрелых рубцов, гиалинизацией и редукцией сосудистой сети. Данные изменения, согласно литературным источникам, ассоциированы с риском системных осложнений и нарушением функции лёгочной паренхимы, что подчёркивает необходимость осторожного подхода к применению талька в клинической и экспериментальной практике [1, 2]. В противоположность этому, полипропилен, обладая биоинертными свойствами, индуцировал мягкий и регулируемый фиброз с минимальным повреждением тканей и сохранением адекватной васкуляризации и клеточной инфильтрации, что соответствует современным представлениям о свойствах биосовместимых материалов для моделирования спаечного процесса [3, 4].

Таким образом, полученные результаты свидетельствуют о высокой перспективности использования полипропилена для создания стандартных, контролируемых моделей плеврального фиброза, которые могут быть использованы для дальнейших исследований по изучению механизмов адгезиогенеза, а также для апробации и тестирования новых противоспаечных материалов и технологий.

#### **Практическая значимость:**

1. Впервые в условиях контролируемого эксперимента проведена сравнительная морфологическая и морфометрическая оценка плевральных сращений, индуцированных тальком и полипропиленом, с подтверждением их различий по биологической агрессивности и фиброгенной активности.

2. Показана возможность использования полипропилена в качестве безопасного и воспроизводимого агента для моделирования регулируемого плеврального фиброза, что позволяет:

- Создать стандартные экспериментальные модели спаечного процесса.
- Использовать данные модели для оценки эффективности противоспаечных материалов и технологий в торакальной хирургии.
- Снизить риск получения необратимых морфологических изменений, характерных для моделей с применением талька.

3. Полученные данные открывают перспективы для последующего внедрения разработанной модели в клинические и экспериментальные протоколы по исследованию механизмов развития и профилактики плеврального фиброза, а также для обучения специалистов в области торакальной хирургии и экспериментальной медицины.

#### **Выводы:**

1. Проведённое экспериментальное исследование продемонстрировало, что тальк и полипропилен индуцируют формирование плевральных сращений, однако проявляют различную биологическую агрессивность и фиброгенную активность.

2. Установлено, что тальк вызывает выраженную воспалительно-фиброзную реакцию с формированием необратимых рубцовых изменений, гиалинизацией и редукцией сосудистой сети, что делает его применение рискованным с позиции системных осложнений и деструктивного воздействия на лёгочную паренхиму.

3. Полипропилен индуцирует мягкий, регулируемый фиброз с сохранением архитектоники плевры и лёгочной ткани, без признаков гиалинизации, что

подтверждает его биоинертность и высокую степень биосовместимости.

4. Полученные результаты подтверждают возможность использования полипропилена в качестве оптимального агента для создания стандартной модели контролируемого плеврального фиброза, применяемой для оценки эффективности противоспаечных материалов и технологий в экспериментальной и клинической практике.

#### **Литература:**

1. Rahman N.M., Maskell N.A., West A. et al. Interventions for the management of malignant pleural effusions: a network meta-analysis. *Cochrane Database Syst Rev.* 2021;2(2):CD010529.
2. Helgeson S. A. et al. Cardiopulmonary exercise and the risk of aerosol generation while wearing a surgical mask // *Chest.* – 2021. – Т. 159. – №. 4. – С. 1567-1569.
3. Xiao X. et al. Anti-BCMA surface engineered biomimetic photothermal nanomissile enhances multiple myeloma cell apoptosis and overcomes the disturbance of NF- $\kappa$ B signaling in vivo // *Biomaterials.* – 2023. – Т. 297. – С. 122096.
4. Hopkins S. R. et al. Face masks and the cardiorespiratory response to physical activity in health and disease // *Annals of the American Thoracic Society.* – 2021. – Т. 18. – №. 3. – С. 399-407.
5. Shukhratovich, S. D., et al (2024). Physico-Chemical Properties of the New Domestic Mesh Implant «Niprocel»; *Central Asian Journal of Medical and Natural Science,* 5(2), 51-59.

#### **СРАВНИТЕЛЬНАЯ МОРФОЛОГИЧЕСКАЯ И МОРФОМЕТРИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ПЛЕВРАЛЬНЫХ СРАЩЕНИЙ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ТАЛЬКА И ПОЛИПРОПИЛЕНА**

*Ирисов О.Т., Абдалов Ш.У., Собиров Н.А., Садыков Р.А., Мардонов Ж.Н.*

**Резюме.** Проведённое экспериментальное исследование позволило детально изучить морфологические и морфометрические изменения в плевральной полости при использовании талька и полипропилена в качестве индуцирующих агентов. Полученные результаты убедительно продемонстрировали, что оба материала способствуют формированию плевральных сращений, однако характеризуются различной степенью биологической агрессивности и фиброгенной активности. Тальк вызывал интенсивную воспалительно-фиброзную реакцию с развитием грубого коллагенового фиброза, гиалинизацией и нарушением архитектоники альвеолярной ткани. В противоположность этому, полипропилен индуцировал мягкую регулируемую фиброзную реакцию с сохранением структурной целостности лёгочной паренхимы и умеренной клеточной инфильтрацией. Полученные данные имеют высокую практическую значимость для разработки и апробации новых противоспаечных материалов и технологий, применяемых в экспериментальной и клинической торакальной хирургии.

**Ключевые слова:** плевральные сращения, тальк, полипропилен, морфометрия, фиброз, эксперимент.