



ПАТОМОРФОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА РЕЗУЛЬТАТОВ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО СПОСОБА ЛАЗЕРНОГО ПЛЕВРОДЕЗА У КРЫС

¹Хмара А.Д., ¹Мудрак Д.А., ¹Капралов С.В., ²Полиданов М.А., ¹Данилов А.Д.,
¹Волков К.А., ²Петрунькин Р.П.

¹Саратовский государственный медицинский университет имени В.И. Разумовского, Саратов,
²Университет РЕАВИЗ, Санкт-Петербург, Россия, e-mail: maksim.polidanoff@yandex.ru

Для цитирования:

Хмара А.Д., Мудрак Д.А., Капралов С.В., Полиданов М.А., Данилов А.Д., Волков К.А., Петрунькин Р.П. Патоморфологическая оценка результатов экспериментального способа лазерного плевродеза у крыс. *Морфологические ведомости*. 2025.33(1).916. [https://doi.org/10.20340/mv-mn.2025.33\(1\).916](https://doi.org/10.20340/mv-mn.2025.33(1).916)

Резюме. Стандартная торакотомия более эффективна в плане предупреждения рецидивов заболеваний легких и плевры и ее экспериментальное моделирование остается достаточно актуальной. Целью исследования стала патоморфологическая оценка результатов экспериментального способа лазерного плевродеза у крыс при моделировании оперативного вмешательства в объеме атипичной резекции легкого по поводу буллезной эмфиземы. Опыты были проведены на белых крысах-самцах породы «Стандарт» в количестве 80 штук, массой 200±50 г. Все экспериментальные животные были разделены на две группы по 40 крыс в каждой. В первую группу входили экспериментальные животные, которым осуществлялся лазерный плевродез париетального листка плевры. Во вторую группу входили животные, которым осуществлялся лазерный плевродез как висцерального, так и париетального листка плевры. Плевродез осуществлялся излучением твердотельного лазера инфракрасного диапазона длиной волны 1064 нм и экспериментально подобранной оптимальной мощности 7-8 Вт. Препараты участков плевродеза выведенных из эксперимента крыс для проведения гистологического исследования фиксировали в 12% формалине и готовили стандартные парафиновые срезы. Срезы толщиной 6 мкм окрашивались гематоксилином и эозином для оценки общей гистологической картины. В ходе исследования было выяснено, что в плевральных полостях обеих групп лабораторных животных отмечается формирование рыхлых соединительнотканых спаек. По данным гистологического исследования препаратов первой группы животных можно констатировать факт адгезии висцерального и париетального листков плевры лишь на локальных участках воздействия. Во второй группе животных воспалительный процесс в участках плевродеза был более выражен и кроме листков плевры в процесс вовлечена ткань легкого, за счет чего, вероятно, была достигнута лучшая адгезия после завершения формирования спаечных грубых и плотных пучков соединительной ткани. Во втором случае также достигается более плотное и более обширное склерозирование адгезивных участков плевры.

Ключевые слова: плевра, спаечная болезнь, патоморфология, плевродез, инфракрасный лазер

Статья поступила в редакцию 02 декабря 2024

Статья принята к публикации 20 марта 2025

THE MORPHOLOGICAL ASSESSMENT OF THE EXPERIMENTAL METHOD OF LASER PLEURODESIS RESULTS IN RATS

¹Khmara AD, ¹Mudrak DA, ¹Kapralov SV, ²Polidanov MA, ¹Danilov AD, ¹Volkov KA,
²Petrun'kin RP

¹Razumovsky Saratov State Medical University, Saratov,

²REAVIZ Private University, Saint-Petersburg, Russia, e-mail: maksim.polidanoff@yandex.ru

For the citation:

Khmara AD, Mudrak DA, Kapralov SV, Polidanov MA, Danilov AD, Volkov KA, Petrun'kin RP. The morphological assessment of the experimental method of laser pleurodesis results in rats. *Morfologicheskie Vedomosti – Morphological newsletter*. 2025.33(1).916. [https://doi.org/10.20340/mv-mn.2025.33\(1\).916](https://doi.org/10.20340/mv-mn.2025.33(1).916)

Summary. Standard thoracotomy is more effective in terms of preventing relapses of pleural and lungs diseases and its experimental modeling remains quite relevant. The aim of the study was the pathomorphological assessment of the results of the experimental method of laser pleurodesis in rats when modeling surgical intervention in the volume of atypical lung resection for bullous emphysema. The experiments were carried out on 80 white male rats of the «Standard» breed, weighing 200±50 g. All experimental animals were divided into two groups of 40 rats each. The first group included experimental animals that underwent laser pleurodesis of the parietal pleura. The second group included animals that underwent laser pleurodesis of both the visceral and parietal pleura. Pleurodesis was performed using a solid-state infrared laser with a wavelength of 1064 nm and an experimentally selected optimal power of 7-8 W. The preparations of the pleurodesis areas of the rats taken out of the experiment were fixed in 12% formalin for histological examination, and standard paraffin sections were prepared. Sections 6 μm thick were stained with hematoxylin and eosin to assess the overall histological picture. The study revealed that loose connective tissue adhesions were formed in the pleural cavities of both groups of laboratory animals. According to the histological examination of the preparations of the first group of animals, the fact of adhesion of the visceral and parietal pleura can be stated only in local areas of exposure. In the second group of animals, the inflammatory process in the pleurodesis areas was more pronounced and, in addition to the pleural sheets, the lung tissue was involved in the process, due to which, probably, better adhesion was achieved after the completion of the formation of adhesive coarse and dense bundles of connective tissue. In the second case, denser and more extensive sclerosis of the adhesive areas of the pleura is also achieved.

Keywords: pleura, adhesive disease, pathology, pleurodesis, infrared laser

Article received 02 December 2024

Article accepted 20 March 2025

Введение. Малоинвазивные методы оперативного лечения патологии органов грудной полости являются наиболее востребованными, совмещая в себе полноценную визуализацию, лучший косметический эффект, минимализацию болевого синдрома, при этом они исключают высокую травматичность, присущую стандартной торакотомии [1-2]. Эти методы в настоящий момент являются ведущими для оперативного вмешательства, что подтверждается литературными данными [3]. Однако, по мнению многих авторов, последовательная ревизия плевральной полости и легкого осуществима только при традиционной торакотомии, а частота рецидивов заболеваний при этом меньше в 2-4 раза [4]. Внедрение в практику видеоторакоскопических вмешательств сокращает протяженность операции, нахождение пациента в состоянии наркоза, послеоперационный период и, как следствие, общие сроки пребывания пациентов в стационаре. Значительное снижение болевого синдрома позволяет уменьшить объем и частоту применения обезболивающих препаратов в послеоперационном периоде. Минимальное количество осложнений в интра- и послеоперационном периоде указывают на высокую эффективность этого метода и возможность широкого его применения в торакальной хирургии.

Независимо от метода оперативного лечения, последнее условно разделено на три этапа: ревизия, резекция пораженного участка легкого и проведение манипуляций, направленных на стимуляцию процесса облитерации плевральной полости. Объем оперативного пособия при буллезной патологии легкого чаще всего ограничивается краевой или атипичной резекцией [5]. Торакотомия при этой патологии подразумевает тот же объем оперативного лечения. Однако, недостатком последней является частота возникновения осложнений – до 25-30% случаев. Это связано с широким воздействием на костно-мышечный каркас грудной стенки, вследствие чего возникает дыхательная недостаточность на достаточно длительный период времени.

Методы резекции легкого представлены не только ручными способами, но и методами с использованием специальных сшивающих аппаратов. Аппараты УО-40, УО-60, TLC-80 и TLC-100, осуществляют прошивание легочной ткани специальными скобками. Расположение скобочного шва бывает в виде прямой линии или в шахматном порядке [7]. Аппарат имеет рабочую часть, в которую заводится пораженный участок легкого, фиксируется и прошивается путем сведения рабочих поверхностей, после чего отсекается. Эти аппараты известны, просты в эксплуатации и удобны в использовании. Однако они не всегда обеспечивают герметичность резецированной эмфизематозной ткани. Это обусловлено силой натяжения висцеральной плевры при процессе прошивания. При расправлении легкого в местах прошивания могут возникать микро-разрывы, приводящие к образованию свищей.

Цель исследования: патоморфологическая оценка результатов экспериментального способа лазерного плевродеза у крыс при моделировании оперативного вмешательства в объеме атипичной резекции легкого по поводу буллезной эмфиземы.

Материалы и методы исследования. В соответствии с целью экспериментального исследования в оперативном блоке кафедры факультетской хирургии и онкологии Саратовского государственного медицинского университета имени В.И. Разумовского были проведены серии экспериментов на белых крысах-самцах породы «Стандарт» в количестве 80 штук, массой 200 ± 50 г. Все манипуляции и содержание животных было регламентировано этической комиссией Саратовского государственного медицинского университета имени В.И. Разумовского (протокол № 2 от 15.09.2023). Условия содержания в виварии лабораторных животных соответствовали регламенту РД-АПК 3.10.07.02-09 «Методические рекомендации по содержанию лабораторных животных в вивариях научно-исследовательских институтов и учебных заведений», приказом Министерства здравоохранения Российской Федерации от 01.04.2016 г. № 199н «Об

утверждении правил надлежащей лабораторной практики», ГОСТ 33216-2014 «Руководство по содержанию и уходу за лабораторными животными. Правила содержания и ухода за лабораторными грызунами и кроликами» (актуализированным от 01.01.2021). Все экспериментальные животные были разделены на две группы: по 40 крыс в каждой. В первую группу входили экспериментальные животные, которым осуществлялся плевродез париетального листка плевры. Во вторую группу входили экспериментальные животные, которым осуществлялся плевродез

висцерального и париетального листка плевры.

Общую анестезию лабораторных животных производили по стандартному методу. В асептических условиях выполняли торакотомию через 5-6 межреберья от околопозвоночной до среднеключичной линии. В дальнейшем на область легких воздействовали излучением твердотельного лазера (лазерным аппаратом Lasermed 1-10 ближнего инфракрасного диапазона) длиной волны 1064 нм и экспериментально подобранной оптимальной мощностью 7-8 Вт.

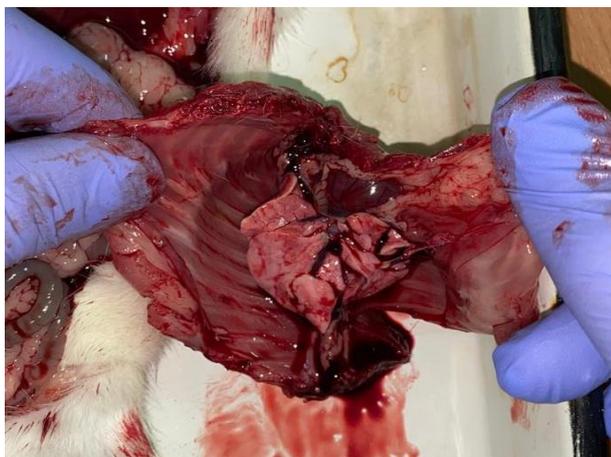


Рис. 1А. Фото макроскопической картины вскрытой грудной клетки крысы при лазерном плевродезе париетальной плевры

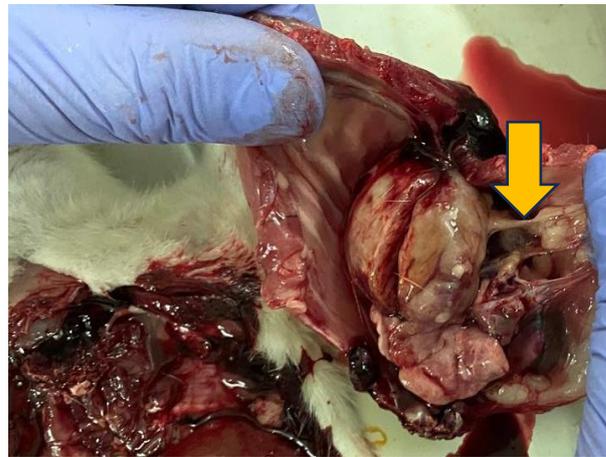


Рис. 1Б. Фото макроскопической картины вскрытой грудной клетки крысы при лазерном плевродезе обоих листков плевры. Спайки (указано стрелкой)

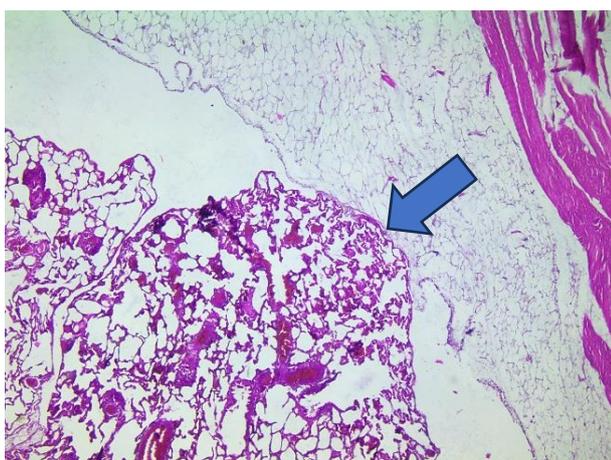


Рис. 2А. Микрофото гистологического препарата участка лазерного плевродеза париетальной плевры крысы (указано стрелкой). Окр. гематоксилином и эозином. Ув.: x100

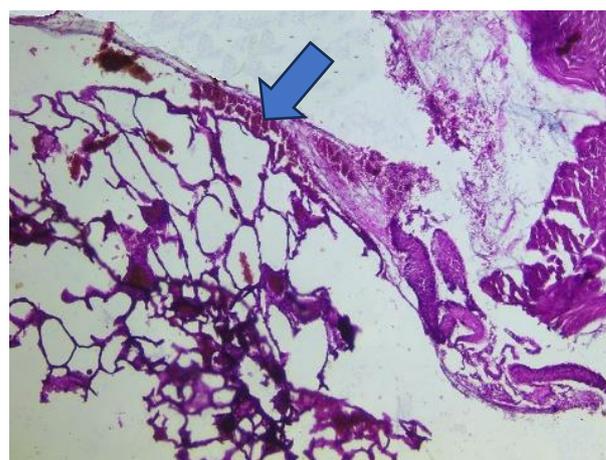


Рис. 2Б. Микрофото гистологического препарата участка лазерного плевродеза обоих листков плевры крысы (указано стрелкой). Окр. гематоксилином и эозином. Ув.: x200

Для проведения гистологического исследования легкого и участков воздействия кусочки тканей предварительно фиксировали в 12% формалине, подвергали стандартной проводке, заливали в парафин, после чего изготавливали стандартные гистологические срезы на микротоме. Срезы толщиной 6 мкм окрашивались гематоксилином и эозином для оценки общей гистологической картины.

Результаты и обсуждение. Макроскопически в плевральной полости лабораторных животных первой группы (осуществление лазерного плевродеза только на париетальный листок плевральной полости) на легком определялись рыхлые тканевые спайки в области нижней доли размерами 1x0,2 см с участками кровоизлияний (рис. 1А). Ткань легкого была обычной консистенции. В плевральной полости лабораторных животных второй группы, которым оказывалось воздействие на висцеральный и париетальный листки плевральной полости (рис. 1Б), определялись рыхлые наложения волокнистой ткани на покрывающих ребра плевре в виде узлов размерами 0,9x0,7 см с рыхлыми спайками, тянущимися к висцеральной плевре, висцеральная плевра на участке 1x1,5 см была белесоватого цвета. Ткань легкого при этом выглядела отечной.

При микроскопическом исследовании на 14 день после проведения оперативного вмешательства в области воздействия на париетальный листок плевральной полости лабораторных животных первой группы определяется формирование рыхлой волокнистой соединительной

ткани с признаками отека (рис. 2А). В области воздействия на висцеральный и париетальный листки плевральной полости лабораторных животных второй группы определяется формирование рыхлой волокнистой соединительной ткани с обширным участком кровоизлияния, воспалительной мононуклеарной инфильтрацией (рис. 2Б). В целом у экспериментальных животных второй группы по сравнению с первой группой наблюдался более ранний, выраженный и объемный спаечный процесс, что подтверждается результатами не только макроскопической патоморфологической картины, но и результатами гистологического исследования.

Заключение. Таким образом, в плевральных полостях обеих групп лабораторных животных отмечается формирование рыхлых соединительнотканых спаек [8]. Однако, по результатам гистологического исследования препаратов первой группы можно констатировать, что адгезия висцерального и париетального листков плевральной полости достигнута. Стоит отметить, что в плевральной полости лабораторных животных второй группы воспалительный процесс более выражен и кроме листков плевральной полости в процесс вовлекается ткань самого легкого, за счет чего, вероятно, обеспечивается лучшая адгезия после завершения формирования грубоволокнистой соединительной ткани и достигается более плотное и более обширное склерозирование при воздействии на оба листка плевральной полости.

Литература

References

1. Tschopp JM et al. ERS task force statement: diagnosis and treatment of primary spontaneous pneumothorax. *The European Respiratory Journal*. 2015;46(2):321-335
2. Desyaterik VI i dr. Videotorakoskopicheskie vmeshatel'stva pri lechenii spontannogo pnevmotoraksa. *Vestnik neotlozhnoy i vosstanovitel'noy meditsiny*. 2013;14(3):336-338. In Russian
3. Cardillo G et al. Primary spontaneous pneumothorax: time for surgery at first episode? *J Thorac Dis*. 2019;11(9):1393-1397
4. Akopov AL, Agishev AS. Videotorakoskopicheskaya kostal'naya pleurektomiya pri pervichnom i vtorighnom spontannom pnevmotorakse. *Khirurgiya. Zhurnal im. N.I. Pirogova*. 2012;11:15-18. In Russian
5. Vachev AN i dr. Optimizatsiya khirurgicheskoy taktiki pri lechenii bol'nykh so spontannym pnevmotoraksom. *Khirurgiya. Zhurnal im. N.I. Pirogova*. 2013;6:26-28. In Russian
6. Vagner EA, Tavrovskiy VM. Oshibki, opasnosti i oslozhneniya v legochnoy khirurgii. *Perm'*, 1977.- 262s. In Russian
7. Cooper JD, Patterson GA et al. Results of 150 consecutive bilateral lung volume reduction procedures in patients with severe emphysema. *J Thorac Cardiovasc Surg*. 1996;112:1319-1330
8. Khmara AD, Kapralov SV, Polidanov MA i dr. Sposob stimulyatsii spaechnogo protsessa v plevral'noy polosti u laboratornykh zhivotnykh v eksperimente. *Zayavka na poluchenie patenta RF na izobretenie № 2024131398 ot 18.10.2024*. In Russian

Авторы заявляют об отсутствии каких-либо конфликтов интересов при планировании, выполнении, финансировании и использовании результатов настоящего исследования

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Хмара Артем Дмитриевич, кандидат медицинских наук, врач-хирург торакального хирургического отделения, Саратовский государственный медицинский университет, Саратов, Россия; **e-mail:** premdania@yandex.ru

Мудрак Дмитрий Андреевич, ассистент кафедры патологической анатомии, Саратовский государственный медицинский университет, Саратов, Россия; **e-mail:** Xupypr-wh@mail.ru

Капралов Сергей Владимирович, доцент, доктор медицинских наук, заведующий кафедры факультетской хирургии и онкологии, Саратовский государственный медицинский университет имени В.И. Разумовского, Саратов, Россия; **e-mail:** sergejkapralov@yandex.ru

Полиданов Максим Андреевич, специалист научного отдела, Университет РЕАВИЗ, Санкт-Петербург, Россия; **e-mail:** maksim.polidanoff@yandex.ru

Данилов Андрей Дмитриевич, ассистент кафедры факультетской хирургии и онкологии, Саратовский государственный медицинский университет, Саратов, Россия; **e-mail:** surgery1994@mail.ru

Волков Кирилл Андреевич, студент, Саратовский государственный медицинский университет, Саратов, Россия; **e-mail:** kvolee@yandex.ru

Петрунькин Родион Павлович, студент, Университет РЕАВИЗ, Санкт-Петербург, Россия; **e-mail:** rodyj16@mail.ru

The authors declare that they have no conflicts of interest in the planning, implementation, financing and use of the results of this study

INFORMATION ABOUT AUTHORS

Artem D. Khmara, Candidate of Medical Sciences, Surgeon of the Razumovsky Saratov State Medical University Thoracic Surgical Department, Saratov, Russia; **e-mail:** premdania@yandex.ru

Dmitriy A. Mudrak, Assistant of the Razumovsky Saratov State Medical University Pathologic Anatomy Department, Saratov, Russia; **e-mail:** Xupypr-wh@mail.ru

Sergey V. Kapralov, Docent, Doctor of Medical Sciences, Head of the Razumovsky Saratov State Medical University Faculty Surgery and Oncology Department, Saratov, Russia; **e-mail:** sergejkapralov@yandex.ru

Maksim A. Polidanov, Specialist of the Scientific Department of the REAVIZ Private University, Saint-Petersburg, Russia; **e-mail:** maksim.polidanoff@yandex.ru

Andrey D. Danilov, Assistant of the Razumovsky Saratov State Medical University Faculty Surgery and Oncology Department, Saratov, Russia; **e-mail:** surgery1994@mail.ru

Kirill A. Volkov, Student of the Razumovsky Saratov State Medical University, Saratov, Russia; **e-mail:** kvolee@yandex.ru

Rodion P. Petrun'kin, Student of the REAVIZ Private University, Saint-Petersburg, Russia; **e-mail:** rodyj16@mail.ru