

## МОРФОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ БРЮШИНЫ И ПЕРЕДНЕЙ БРЮШНОЙ СТЕНКИ ПРИ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОМ МОДЕЛИРОВАНИИ ПЕРИТОНИТА

<sup>1</sup>Данилов А.Д., <sup>1</sup>Капралов С.В., <sup>1</sup>Волков К.А., <sup>2</sup>Полиданов М.А., <sup>1</sup>Мыльников А.М.,  
<sup>1</sup>Амиров Э.В., <sup>3</sup>Смолькина А.В., <sup>2</sup>Петрунькин Р.П.

<sup>1</sup>Саратовский государственный медицинский университет имени В.И. Разумовского, Саратов, Россия, <sup>2</sup>Университет РЕАВИЗ, Санкт-Петербург, Россия, <sup>3</sup>Ульяновский государственный университет, Ульяновск, Россия, e-mail: maksim.polidanoff@yandex.ru

### Для цитирования:

Данилов А.Д., Капралов С.В., Волков К.А., Полиданов М.А., Мыльников А.М., Амиров Э.В., Смолькина А.В., Петрунькин Р.П. Морфологическая оценка брюшины и передней брюшной стенки при экспериментальном моделировании перитонита. Морфологические ведомости. 2025;33(2):923. [https://doi.org/10.20340/mv-mn.2025.33\(2\).923](https://doi.org/10.20340/mv-mn.2025.33(2).923)

**Резюме.** В настоящее время предложено множество способов моделирования острого распространенного перитонита на животных, однако, создание адекватной экспериментальной его модели по-прежнему остается нерешенной актуальной проблемой хирургии. Важным аспектом моделирования является морфологический контроль и оценка разрабатываемых моделей. Целью исследования стала патоморфологическая оценка состояния брюшины и тканей передней брюшной стенки при экспериментальном моделировании распространенного калового перитонита у лабораторных крыс. В соответствии с целью экспериментального исследования были проведены серии экспериментов на 20 белых крысах-самцах породы «Стандарт» массой 200±50 г. Было разработано устройство для моделирования перитонита – вакуумный лазерный кишечный перфоратор, который позволяет зафиксировать стенку кишки и нанести точный перфорационный дефект заданного диаметра, ткани которого в последующем являются патологическим субстратом для развития распространенного калового перитонита. В ходе эксперимента каловый перитонит развился у всех 20 лабораторных животных. Макроскопически и гистологически были изучены фрагменты ткани париетальной брюшины передней брюшной стенки и препараты печени. Препараты париетальной брюшины, макроскопически белого цвета, были представлены фиброзно-эластической соединительной тканью со слабой нейтрофильно-лейкоцитарной и лимфоцитарной инфильтрацией. В гистологических препаратах субмезотелиально наблюдалась зрелая жировая ткань, мышечная ткань передней брюшной стенки находилась в состоянии коагуляционного некроза с единичной лимфоцитарной инфильтрацией, что может служить косвенными признаками начала перитонита. Печень животных на разрезе напоминала рисунок «мускатного ореха». Микроскопически в ее препаратах ее гистоархитектоника была сохранена. Портальные тракты были расширены, последние также как и желчные протоки и печеночные артерии имели типичное строение, их строма была выполнена рыхлой соединительной тканью, слабо инфильтрирована лимфоцитами, целостность пограничной пластинки не нарушена. Совокупность этих процессов в сочетании с определенными изменениями в печеночной ткани можно охарактеризовать как начальные стадии воспалительного процесса в брюшной полости животных с явлениями токсического поражения печени.

**Ключевые слова:** перитонит, моделирование, воспаление, патоморфология, крысы

Статья поступила в редакцию 14 января 2025

Статья принята к публикации 27 января 2025

## MORPHOLOGICAL ASSESSMENT OF THE PERITONEUM AND ANTERIOR ABDOMINAL WALL STATE IN PERITONITIS EXPERIMENTAL MODELING

<sup>1</sup>Danilov AD, <sup>1</sup>Kapralov SV, <sup>1</sup>Volkov KA, <sup>2</sup>Polidanov MA, <sup>1</sup>Myl'nikov AM, <sup>1</sup>Amirov EV,  
<sup>3</sup>Smol'kina AV, <sup>2</sup>Petrun'kin RP

<sup>1</sup>Razumovsky Saratov State Medical University, Saratov, <sup>2</sup>Private REAVIZ University, Saint-Petersburg, <sup>3</sup>Ulyanovsk State University, Ulyanovsk, Russia, e-mail: maksim.polidanoff@yandex.ru

### For the citation:

Danilov AD, Kapralov SV, Volkov KA, Polidanov MA, Myl'nikov AM, Amirov EV, Smol'kina AV, Petrun'kin RP. Morphological assessment of the peritoneum and anterior abdominal wall state in peritonitis experimental modeling. Morfologicheskie Vedomosti – Morphological newsletter. 2025;33(2):923. [https://doi.org/10.20340/mv-mn.2025.33\(2\).923](https://doi.org/10.20340/mv-mn.2025.33(2).923)

**Summary.** Currently, many techniques to simulate acute widespread peritonitis on animals have been proposed, however, the creation of an adequate experimental model is still an unresolved problem of surgery. An important aspect of modeling is morphological control and evaluation of the developed models. The aim of the study was a morphological assessment of the condition of the peritoneum and tissues of the anterior abdominal wall during experimental modeling of diffuse fecal peritonitis in laboratory rats. In accordance with the aim of experimental research, a series of experiments on 20 white rats of the «Standard» breed weighing 200±50 g was made. Also, device for modeling peritonitis-vacuum laser intestinal perforator, which allows to fixed the intestinal wall and make an accurate perforation defect of a given diameter, the fabric of which is subsequently a pathological substrate for the development of a diffuse fecal peritonitis. During the experiment, fecal peritonitis developed in all 20 laboratory animals. Macroscopically and histologically, fragments of the tissue of the peritoneum parietal layer with the anterior abdominal wall and liver preparations were studied. Preparations of the peritoneum parietal layer (macroscopically - white), were represented by fibrous-elastic connective tissue with weak neutrophilic leucocytic and lymphocytic infiltration. In histological preparations, mature adipose tissue was observed in area under mesothelium, the muscle tissue of the anterior abdominal wall was in a state of coagulation necrosis with single lymphocytic infiltration, which can serve as indirect signs of the beginning of peritonitis. The liver on the section resembled a pattern of «nutmeg». In its preparations the general tissues architectonics it was preserved. Portal tracts were expanded, the latter as bile ducts and hepatic arteries had a typical structure, their stroma was performed by loose connective tissue, weakly infiltrated with lymphocytes, the integrity of the border plate was not disturbed. The combination of these processes with certain changes in the liver tissue, can be characterized as the initial stages of the inflammatory process in the abdominal cavity of animals.

**Keywords:** peritonitis, modeling, inflammation, pathology, rats

Article received 14 January 2025

Article accepted 27 January 2025

**Введение.** Перитонит является одной из нерешенных проблем неотложной хирургии. Несмотря на развитие и совершенствование методов консервативного и оперативного лечения хирургических абдоминальных инфекций, при экстренной хирургической патологии, осложненной перитонитом, по-прежнему сохраняется высокая летальность, которая, по данным разных авторов, колеблется от 2,6% до 60% [1-2] и возрастает до 90-100% при развитии множественной органной дисфункции [3]. У пациентов без органной недостаточности или при недостаточности лишь одной из систем, смертности практически не наблюдается, однако, например, при четырехкомпонентной органной недостаточности она достигает 90% [4-5]. Таким образом, совершенно очевидна необходимость дальнейшего совершенствования методов лечения распространенного гнойного перитонита, а также более глубокого изучения патофизиологических механизмов, лежащих в его основе, что невозможно без экспериментальной модели с высокой степенью воспроизводимости.

В настоящее время предложено множество способов моделирования острого распространенного перитонита на животных, которые можно разделить по способу доставки патологического агента в брюшную полость на инъекционные методы, когда путем прокола передней брюшной стенки в одной или нескольких точках вводится раствор, содержащий патологический агент и методы лапаротомии, когда патологический агент вводится через разрез передней брюшной стенки с послойным ушиванием раны. Для рассечения передней брюшной стенки и доставки патологического агента в брюшную полость с целью моделирования перитонита у лабораторных животных используют разные хирургические инструменты и приемы. Известны также и устройства для моделирования перитонита у лабораторных животных в виде пункционной иглы, обеспечивающей прокол брюшной стенки для введения через него патологического агента [6-8]. Существует устройство для моделирования острого перитонита в виде тонкого силиконового катетера, посредством которого через

прокол в брюшную полость вводят полимикробную взвесь в сочетании с аутологичной кровью [9]. Известно также устройство для моделирования острого перитонита без вскрытия брюшной полости [10], которое представляет собой эластичную трубку с рабочим и нерабочим концами. К нерабочему концу герметично присоединена резиновая груша. На рабочем конце устройства расположена капсула, вставленная в просвет трубки, состоящая из однородного твердого вещества, тающего при температуре тела. В частном случае капсула выполнена из льда. Внутри капсулы выполнен свернутый эластичный обоюдоострый стержень. В частном случае эластичный обоюдоострый стержень выполнен из нихрома.

Недостатками этих известных устройств является невозможность создания адекватной модели распространенного перитонита на лабораторных животных, которая должна удовлетворять следующим критериям: воспроизводимости модели, минимальной травматизации брюшины, выживаемости животных в течение первых 3-5 суток, возможности экстраполяции результатов на человека (однотипности модели заболевания по этиологическим и патофизиологическим факторам с таковыми у человека). Таким образом, создание адекватной модели по-прежнему является нерешенной актуальной проблемой хирургии.

**Цель исследования:** проведение морфофункциональной оценки брюшины при экспериментальном моделировании распространенного калового перитонита.

**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 20 штук, массой  $200 \pm 50$  г. Все манипуляции и содержание животных было регламентировано локальной этической комиссией Саратовского государственного медицинского университета имени В.И. Разумовского

(протокол № 13 от 15.07.2024). Условия содержания в виварии лабораторных животных регламентированы 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).

Для проведения исследования на кафедре факультетской хирургии и онкологии Саратовского государственного медицинского университета имени В.И. Разумовского было разработано устройство для моделирования перитонита – вакуумный лазерный кишечный перфоратор [11], который позволяет зафиксировать стенку кишки и нанести точный перфорационный дефект заданного диаметра с краями, заполненными коагуляционными некротическими массами, что в последующем является патологическим субстратом для развития распространенного калового перитонита.

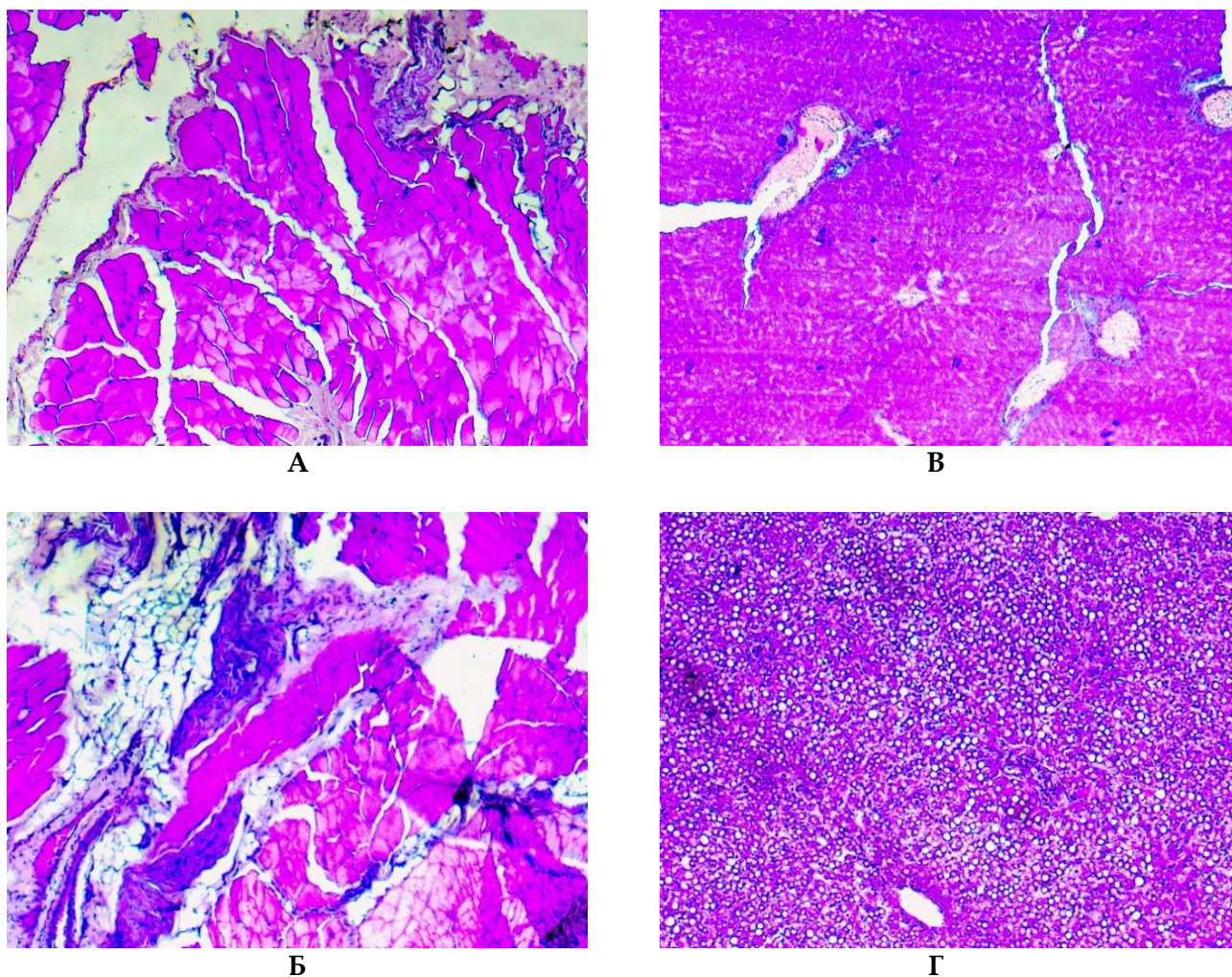
За сутки до операции, с целью предварительной иммунизации путем создания очага асептического воспаления, лабораторному животному внутримышечно вводили 10% раствор  $\text{CaCl}_2$ . За 30 минут до операции животные наркотизировались введением ксиланита с зоветилом и фиксировались. Затем, после обработки операционного поля, осуществлялся доступ к месту предполагаемой перфорации кишки. В случае перитонита с толстокишечной микрофлорой, катетер устройства вводился *per rectum*, после чего лучом высокоэнергетического лазера наносился перфорационный дефект в стенке кишки. В случае перитонита с тонкокишечной микрофлорой выполнялась мини-лапаротомия разрезом 1-2 мм по средней линии, из раны выводилась петля кишки, после чего устройством наносился перфорационный дефект заданного диаметра, и рана послойно ушивалась 1-2 лигатурами.

При этом, количество и размер перфораций должно соответствовать виду животного и предполагаемой бактериальной нагрузке.

**Результаты и обсуждение.** В ходе эксперимента каловый перитонит развивался у всех 20 лабораторных животных. Состояние животных варьировало, однако оставалось стабильно-тяжелым (3-6 баллов по интегральной шкале Фадеева) с явными клиническими признаками распространенного перитонита, который проявлялся отказом от пищи и воды, вынужденным положением с характерным напряжением мышц передней брюшной стенки, реакцией на пальпацию живота. На пятые сутки все животные были выведены из эксперимента, выполнена аутопсия с гистологическим исследованием препаратов фрагмента передней брюшной стенки.

Макроскопически были изучены фрагменты ткани париетальной брюшины с передней брюшной стенкой белого цвета, микроскопически были изучены препараты париетальной брюшины представленной фиброзно-эластической соединительной тканью со слабой лейколимфоцитарной инфильтрацией. В гистологических препаратах субмезотелиально наблюдалась зрелая жировая ткань, мышечная ткань передней брюшной стенки находилась в состоянии коагуляционного некроза с единичной лимфоцитарной инфильтрацией, что может служить косвенными признаками перитонита (рис. 1А, 1-Б).

Печень животных на разрезе напоминала рисунок «мускатного ореха». Микроскопически в ее препаратах гистоархитектоника была сохранена. Портальные тракты были расширены, последние как желчных протоки и печеночные артерии имели типичное строение, их строма была выполнена рыхлой соединительной тканью, слабо инфильтрирована лимфоцитами, целостность пограничной пластинки не нарушена. В печеночных балках толщиной преимущественно в один гепатоцит наблюдали гепатоциты в состоянии зернистой дистрофии, в перипортальной зоне они находились в состоянии атрофии. Гепатоциты перипортальной зоны



**Рис. 1.** Микрофото гистологических препаратов брюшины и передней брюшной стенки (А-Б) и печени (В-Г) крыс при моделировании разлитого калового перитонита. Окр.: гематоксилином и эозином. Ув.: x200

были в состоянии микро- и макровезикулярного стеатоза. Синусоиды печени содержали единичные эритроциты и лимфоциты. Центральные вены полнокровны, расширены, что характерно для хронической венозной гиперемии печени (рисунок 1-В, 1-Г).

**Заключение.** Таким образом, полученные экспериментальные данные подтверждают, что при моделировании распространенного калового перитонита предложенным способом, наблюдается

ряд морфологических изменений брюшины, передней брюшной стенки в области перфорации и в печени животных, характеризующие этот процесс. Совокупность этих процессов в сочетании с определенными изменениями в печеночной ткани можно расценивать как начальные стадии воспалительного процесса в брюшной полости животных с явлениями токсического поражения печени. Полученные данные требуют дальнейшего исследования.

## Литература References

1. Asan TB, Baltabaeva UB, Begaly AK i dr. Osnovnye prichiny letal'nykh iskhodov pri rasprostranennom peritonite. Vestnik Kazakhskogo natsional'nogo meditsinskogo universiteta. 2020;4:349-354. In Russian
2. Chromik AM, Meiser A, Hölling J et al. Identification of patients at risk for development of tertiary peritonitis on a surgical intensive care unit. J Gastrointest Surg. 2009;13(7):1358-1367.
3. Koperna T, Schulz F. Prognosis and treatment of peritonitis. Do we need new scoring systems? Arch Surg. 1996;131(2):180-186

4. Polidanov MA, Volkov KA, Maslyakov VV i dr. *Vozможности ispol'zovaniya algoritmov gradientnogo bustinga dlya prognozirovaniya oslozhnenny u patsientov s khirurgicheskim peritonitom. Operationnaya khirurgiya i klinicheskaya anatomiya (Pirogovsky nauchny zhurnal).* 2024;8(3):5-13. In Russian
5. Alipov VV, Kapralov SV, Rykhlov AS i dr. *Eksperimental'noe obosnovanie sposoba modelirovaniya mestnogo ogranichenno peritonita. Sovremennaya nauka: aktual'nye problemy teorii i praktiki. Seriya: Estestvennye i tekhnicheskie nauki.* 2023;3:142-145. In Russian
6. Kaznacheev NN, Roslyakova GP. *Sposob modelirovaniya peritonita. Patent na izobretenie SU 997084.* 15.02.1983. In Russian
7. Novosel'tsev AV, Chumakov PA, Semenyuk AA, Kirsanov VM. *Sposob modelirovaniya peritonita u krys. Patent na izobretenie RU 2376648.* 20.12.2009. In Russian
8. Akulova AP, Kazarinov NP, Donchenko NA. *Sposob modelirovaniya ogranichenno peritonita u laboratornykh nelineynykh myshey. Patent na izobretenie RU 2567602L.* 10.11.2015. In Russian
9. Glukhov AA, Banin IN. *Sposob modelirovaniya ostrogo peritonita. Patent na izobretenie RU 2151427.* 20.06.2000. In Russian
10. Ismagilov FA. *Ustroystvo dlya modelirovaniya ostrogo peritonita bez vskrytiya bryushnoy polosti. Patent na izobretenie RU 2383062.* 27.02.2010. In Russian
11. Danilov AD, Kapralov SV, Potapov Dyu i dr. *Ustroystvo dlya modelirovaniya rasprostranennogo peritonita u laboratornykh zhivotnykh. Patent na izobretenie RU № 2024139521.* 25.12.2024. In Russian

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

#### ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

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

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

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

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

**Мыльников Артем Михайлович**, ассистент кафедры патологической анатомии, Саратовский государственный медицинский университет имени В.И. Разумовского, Саратов, Россия; **e-mail: artyom-myl'nikov@mail.ru**

**Амиров Эльдар Вильданович**, доцент, кандидат медицинских наук, доцент кафедры факультетской хирургии и онкологии, Саратовский государственный медицинский университет имени В.И. Разумовского, Саратов, Россия; **e-mail: evamirov@mail.ru**

**Смолькина Антонина Васильевна**, профессор, доктор медицинских наук, заведующая кафедрой общей и оперативной хирургии с топографической анатомией и курсом стоматологии, Ульяновский государственный университет, Ульяновск, Россия; **e-mail: smolant1@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

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

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

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

**Artem M. Myl'nikov**, Assistant of the Razumovsky Saratov State Medical University Pathology Department, Saratov, Russia; **e-mail: artyom-myl'nikov@mail.ru**

**El'dar V. Amirov**, Docent, Candidate of Medical Sciences, Associate Professor of the Razumovsky Saratov State Medical University Faculty Surgery and Oncology Department, Saratov, Russia; **e-mail: evamirov@mail.ru**

**Antonina V. Smol'kina**, Professor, Doctor of Medical Sciences, Head of the Ulyanovsk State University General and Operative Surgery with Topographical Anatomy and Stomatology Department, Ulyanovsk, Russia; **e-mail: smolant1@yandex.ru**

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