

<https://doi.org/10.19048/fm345>



# ВОЗМОЖНОСТИ КОМПЛЕКСНОЙ ДИАГНОСТИКИ СЛУЧАЯ СМЕРТЕЛЬНОГО ПОРАЖЕНИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСТВОМ: НАБЛЮДЕНИЕ ИЗ ПРАКТИКИ

Д.А. Карпов<sup>1,2\*</sup>, А.Н. Теребилов<sup>1</sup>, И.В. Безусова<sup>1</sup>, Р.О. Лоскутов<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Областное бюро судебно-медицинской экспертизы, Тюмень, Российская Федерация

<sup>2</sup> Тюменский государственный медицинский университет, Тюмень, Российская Федерация

**АННОТАЦИЯ. Актуальность.** Удар молнии вызывает макро- и микроморфологические изменения в организме человека, обусловленные сочетанием нескольких повреждающих факторов. **Описание экспертного случая.** На примере из судебно-медицинской экспертной практики продемонстрированы возможности всестороннего подхода (аутопсия; биохимическое, гистологическое и медико-криминалистическое исследование) к диагностике травмы от воздействия атмосферного электричества. **Заключение.** Комплексная оценка на основе широкого спектра лабораторных исследований позволила на качественно новом уровне провести постановку диагноза; аргументированно реконструировать обстоятельства травмы, произошедшей в условиях неочевидности; конструктивно решить более широкий спектр вопросов в интересах органов следствия и суда.

**Ключевые слова:** комбинированное поражение атмосферным электричеством; морфологические изменения биологических тканей; комплексная лабораторная диагностика, экспертный случай.

**Для цитирования:** Карпов Д. А., Теребилов А. Н., Безусова И. В., Лоскутов Р. О. Возможности комплексной диагностики случая смертельного поражения атмосферным электричеством: наблюдение из практики. *Судебная медицина*. 2021;7(1):In Press. DOI: <https://doi.org/10.19048/fm345>.

Поступила 13.10.2020

Принята после доработки 15.01.2021

Опубликована 26.02.2021

# POSSIBILITIES OF A FATAL DAMAGE CASE COMPLEX DIAGNOSTICS BY ATMOSPHERIC ELECTRICITY: PRACTICAL OBSERVATION

Dmitry A. Karpov<sup>1,2\*</sup>, Andrey N. Terebilov<sup>1</sup>, Irina B. Bezusova<sup>1</sup>, Rostislav O. Loskutov<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Tyumen Regional Bureau of Forensic Medicine, Tyumen, Russian Federation

<sup>2</sup> Tyumen State Medical University, Tyumen, Russian Federation

**ABSTRACT. Background:** A lightning strike causes macro- and micromorphological changes in the human body as a whole due to a combination of several damaging factors. **Case presentation:** Using an example from forensic medical expert practice demonstrating the possibilities of a comprehensive approach (autopsy, biochemical, histological, medico-forensic investigations) to the diagnosis of trauma arising from atmospheric electricity exposure. **Conclusion:** Complex assessment based on a wide range of laboratory studies made it possible to the diagnosis at a qualitatively new level, to reasonably reconstruct the circumstances of the injury that occurred in conditions of non-obviousness, to constructively solve a wider range of issues in the interests of the investigating authorities and the court.

**Keywords:** combined damage by atmospheric electricity; morphological changes in biological tissues; complex laboratory diagnostics; expert case.

**For citation:** Karpov DA, Terebilov AN, Bezusova IV, Loskutov RO. Possibilities of a fatal damage case complex diagnostics by atmospheric electricity: practical observation. *Russian Journal of Forensic Medicine*. 2021;7(1):In Press. DOI: <https://doi.org/10.19048/fm345>.

Submitted 13.10.2020

Revised 15.01.2021

Published 26.02.2021

## ОБОСНОВАНИЕ

### Актуальность

Смертельное поражение атмосферным электричеством не так часто встречается в судебно-медицинской практике, в основном происходит поражение техническим электричеством при техногенных происшествиях или нарушении техники безопасности. Повреждения электрическим током среди всех случаев травмы составляют в целом 1–2,5%, однако по количеству летальных исходов или инвалидности они занимают одно из первых мест [1, 2].

Согласно общеизвестным данным, техническое электричество влияет на организм человека многофакторно, оказывая биологическое, механическое, тепловое и электрохимическое воздействие. Состояние самого организма в момент воздействия электрического тока также имеет большое значение. Факторами, повышающими восприимчивость организма к воздействию электрического тока, являются заболевания сердечно-сосудистой системы, почек, эндокринных желёз, малокровие, детский или пожилой возраст, беременность, а также интоксикация при алкогольном опьянении. Особенно чувствительны к воздействию тока дети [1, 3].

Поражение атмосферным электричеством происходит при действии молнии, представляющей собой искровой электрический разряд силой тока свыше 100 000 ампер и напряжением в несколько миллионов вольт. Основными поражающими факторами являются электрический ток, световая и звуковая энергия, а также ударная волна. Несмотря на незначительную продолжительность явления, ограниченную тысячными долями секунды, исключительная величина энергии в момент её действия обуславливает различные телесные повреждения и даже смертельный исход [1, 3, 4].

### ПРИМЕР ИЗ ПРАКТИКИ

В нашей практике встретился один из таких случаев с летальным исходом от воздействия атмосферного электричества при стихийном природном явлении, произошедший в 2018 г. с шестилетним ребёнком в одном из районов Тюменской области. Потерпевший С. находился в нескольких километрах от деревни, помогая пастуху при выпасе коров. Во время грозы пастух посадил ребёнка верхом на лошадь (не подкована) и повел её за уздечку. Удар молнии пришёлся в животное с наездником, а идущего рядом пастуха отбросило в сторону. После падения он потерял сознание, а очнувшись, обнаружил трупы мальчика и животного. Длительность пребывания в бессознательном состоянии не помнит. На чепраке (мягкая подстилка) седла с одной стороны был обнаружен сквозной зигзагообразный дефект, которого раньше не было. При осмотре одежды умершего С. на болоньевой куртке, синтетическом трико и трусах обнаружены множественные

дефекты материала с неровными опалёнными краями. Материал куртки представлял собой лохмотьями из-за множественных разнонаправленных разрывов, что достаточно характерно для повреждения атмосферным электричеством.

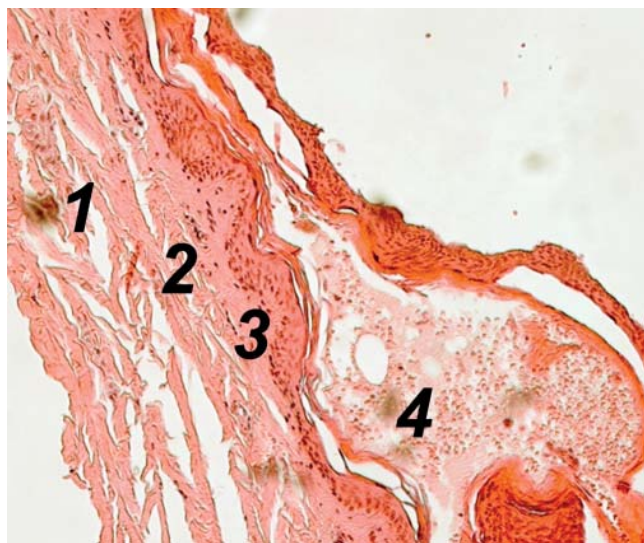
В ходе судебно-медицинской экспертизы трупа при наружном исследовании выявлено следующее. Трупное окоченение резко выражено во всех группах мышц. Волосы на голове, бровях и ресницах опалены и спиралевидно скручены. На правой половине лица, на задней поверхности нижней трети бёдер, в левой подколенной ямке и поясничной области — прерывистые полосовидные или овальные участки кожи с неровными контурами, лишённые эпидермиса, с красно-коричневым плотным ровным дном ниже уровня интактной кожи, нависанием по краям скрученных лоскутов эпидермиса серо-чёрного цвета размером от 0,2×0,3 до 10×11 см, расположенных хаотично, а местами — в виде цепочек. На передней поверхности груди, по средней линии, аналогичный вертикальный участок кожи прерывистой полосовидной формы длиной 30 см, шириной 5–6 см, с желтовато-коричневым западающим дном, который на передней брюшной стенке ниже пупка раздваивается, симметрично продолжаясь вправо и влево на подвздошные и паховые области аналогичными полосами длиной по 15 см, шириной 2–3 см.

При медико-криминалистическом исследовании кожного препарата на заднебрюшной поверхности нижней трети левой голени обнаружено округлое поверхностное повреждение диаметром 0,5 см с неровными краями и плотными участками серо-чёрного обугливания кожи до дермы (выходная электрометка). Дно повреждения неровное, зернистое, с фрагментами опалённых и обугленных волос, глубиной 0,1 см.

При внутреннем исследовании мягкие ткани и внутренние органы полнокровные, стояние жидкой крови в крупных сосудах и полостях сердца. Лёгкие на ощупь и на разрезах эмфизематозные, воздушные. По всем поверхностям под плеврой лёгких и эпикарде многочисленные точечные и мелкоочаговые тёмно-красные кровоизлияния. Мышца сердца неравномерного кровенаполнения.

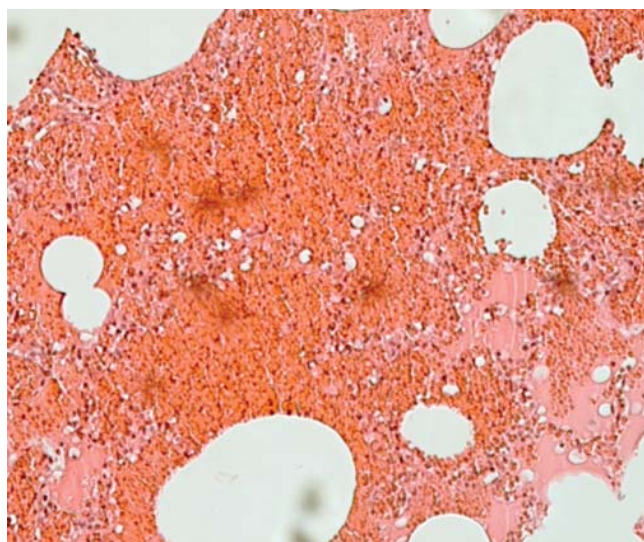
При гистологическом исследовании в препарате «кожа груди с ожогом» ядра клеток эпидермиса нитевидные, гиперхромные, располагаются под углом или параллельно дерме в виде «метёлки» (фигуры Лихтенберга). Сосочковый слой дермы сложен, её волокна уплотнены, гомогенизированы. В придатках кожи нитевидное вытягивание ядер. Часть артерий спазмирована, вены умеренного кровенаполнения (рис. 1).

Данная морфологическая гистологическая картина, выявленная при исследовании препарата, характерна для поражения электричеством. В остальных препаратах исследуемых внутренних органов отмечаются острое венозное полнокровие; мелкоочаговые крово-



**Рис. 1.** Микропрепарат «кожа груди с ожогом от повреждения атмосферным электричеством»: 1 — гомогенизированные волокна дермы; 2 — сглаженность сосочкового слоя дермы; 3 — переориентация ядер клеток эпидермиса в виде «метёлок»; 4 — расслоение эпидермиса с кровоизлиянием. Окраска гематоксилином и эозином; ув. 5

**Fig. 1.** Micropreparation «breast skin with a burn from damage by atmospheric electricity»: 1 — stratification of the epidermis with hemorrhage, 2 — reorientation of epidermal cell nuclei in the form of «panicle» figures, 3 — smoothness of the papillary layer of the dermis, 4 — homogenized fibers of the dermis. Hematoxylin and eosin stain;  $\times 5$



**Рис. 2.** Микропрепарат «фрагмент респираторной паренхимы лёгкого»: мелкоочаговые кровоизлияния в просветах альвеол в виде скоплений эритроцитов. Окраска гематоксилином и эозином; ув. 5

**Fig. 2.** Micropreparation «fragment of the respiratory parenchyma of the lung»: small focal hemorrhages in the lumens of the alveoli in the form of accumulations of erythrocytes. Hematoxylin and eosin stain;  $\times 5$

излияния в строме поджелудочной железы, миокарде, головном мозге, лёгких (рис. 2); отёк мягкой мозговой оболочки; стромы сердца и поджелудочной железы,

плевры и лёгких, капсул клубочков в почках; спазм артериол и мелких артерий сердца; очаги волнообразной деформации, фрагментации кардиомиоцитов; часть альвеол резко повышенной воздушности, многие из них заполнены отёчной жидкостью; эритростазы в лёгких.

Исследование биохимических показателей крови и других биологических сред, как правило, входит в перечень стандартных диагностических процедур при несмертельной электротравме [5], однако сведения об их изменениях в случаях воздействия электрического тока на организм человека, несмотря на частоту встречаемости подобных случаев, весьма немногочисленны в доступной литературе. Именно поэтому в данном случае возможность проведения биохимических исследований в рамках судебно-медицинской экспертизы представляла особый интерес. Полученные результаты приведены в таблице.

Электрическая энергия оказывает воздействие не только в месте контакта, но и на весь организм в целом [1, 3], часто приводит к развитию шоковых реакций и экстремальных состояний, сопровождаемых резким расстройством сердечной деятельности и дыхания, что и наблюдалось в данном случае. Такая реакция относится к разряду болевых, и возникает за счёт резкого раздражения болевых рецепторов, нервных стволов; приводит к судорогам мышц и спазму сосудов (ишемическая боль) [1]. Ток, проходя по сосудам, повреждает их интиму, что является причиной развития тромбозов и кровотечений, нарушений сосудисто-тромбоцитарного гемостаза, свёртывания крови и фибринолиза, ведущих к синдрому диссеминированного внутрисосудистого свертывания (ДВС-синдрому), нарушениям микроциркуляции, эндотелиальной дисфункции [5, 6]. Наличие большого количества D-димеров (продукты деградации поперечно-сшитого фибрина, активирующие гемостаз и фибринолиз) и других продуктов деградации фибрина и фибриногена свидетельствует о ДВС-синдроме — маркере шокового состояния [7]. Их повышение в сыворотке крови наблюдается примерно через 2 ч от начала активации свёртывающей и противосвёртывающей системы крови.

Основные причины угнетения дыхательной деятельности — нарушение функции дыхательных мышц, непосредственное поражение дыхательного центра. Во время замыкания электрической дуги происходит максимальный выдох, т.к. мощность мускулатуры на выдохе больше, чем на вдохе [1], что и усугубляет течение электротравмы вследствие снижения кислородного резерва в организме. Нарушение дыхания по биохимической «картине» в данном случае налицо — на это указывает высокий уровень молочной кислоты и глюкозы в крови.

Другим характерным признаком воздействия электричества является увеличение уровня глюкозы, обусловленное стрессовой ситуацией, а именно бо-

**Таблица.** Биохимические показатели крови, кусочков внутренних органов и мочи потерпевшего С.

**Table.** Biochemical parameters of blood, pieces of internal organs and urine of the victim S.

Определяемые вещества	Результаты	Нормативные показатели
Глюкоза крови, ммоль/л	9	1–5
Гликоген, мг%	В кусочках печени, мышцах левого и правого желудка сердца, скелетной мышце гликоген не обнаружен	Печень — 3061–7314 Скелетная мышца — 361–849 Мышца левого желудочка сердца — 411–630 Мышца правого желудочка сердца — 290–539
Продукты деградации фибриногена/фибрина (fibrin degradation products, FDP), мкг/мл	FDP — >40 D-димеры — >4 Растворимые фибрин-мономерные комплексы — не обнаружено	FDP-тест — <20 D-димеры — <2 Растворимые фибрин-мономерные комплексы — 3,38–4 мг%
Мочевина, ммоль/л	9	12–14
Креатинин, мкмоль/л	28	110–200
С-реактивный белок, мг/дл	0,1	0–0,500
Креатинкиназа МВ-фракция, ед/л	307	0–195
Тропонин I, нг/мл	>0,5	<0,5
Альбумин, мг/дл	5220	3800–5400
Миоглобин в крови, г/л	0,016	0,0004–0,006
Гемоглобин общий, г/л (гематокрит, %)	220 (80)	110–140 (31–41)
Молочная кислота, ммоль/л	29	17

левым шоком, что и продемонстрировано в приведённом случае.

Обусловленные воздействием на организм электрического тока судорожные сокращения мышц приводят к их надрывам и разрывам [1, 3]. В данном случае выявлено повышение концентрации миоглобина в крови, которое указывает на гибель миоцитов.

Тяжёлое обезвоживание (повышение общего гемоглобина и гематокритной величины крови) является следствием массивной экссудации плазмы через обожжённые поверхности кожи, занимающей не последнее место в этиологии болевого шока.

Исчезновение гликогена в органах и тканях не является специфическим маркером воздействия электрического тока и может быть обусловлено рядом патологий, не имеющих к этому событию прямого или косвенного отношения; может быть следствием гипоксии кардиогенного генеза, которую подтверждают повышенные концентрации тропонина I, миоглобина, молочной кислоты, глюкозы, активность креатинкиназы МВ-фракции в крови, а также вышеописанные морфологические изменения кардиомиоцитов.

Важность биохимического исследования в подобных случаях состоит в дополнении специфической картины травмы и возможности уточнения периода жизни пострадавшего после неё. В данном случае смерть ребёнка наступила не сразу после удара молнии, а примерно

через 2 ч спустя, о чём свидетельствует наличие продуктов деградации фибрина и фибриногена наряду с отсутствием гликогена в печени, мышце, левом и правом желудочках сердца.

Описанный нами случай наглядно иллюстрирует многофакторность действия электрического тока на организм человека. Термическое воздействие обусловило возникновение обширных ожоговых поверхностей, гомогенизацию и уплотнение волокон дермы, массивную экссудацию плазмы через раневые поверхности, повлёкшее за собой обезвоживание с характерной биохимической картиной. Биологическое воздействие привело к нарушениям внутренних биоэлектрических процессов, вызывало гипоксию, увеличение уровня глюкозы в крови, полное снижение количества гликогена в тканях органов, сердечно-сосудистой недостаточности с повышением уровня специфических кардиомаркеров. Механическое воздействие характеризовалось возникновением разрывов и надрывов внутренних органов и тканей; с биохимической «стороны» на это указывают увеличение уровня миоглобина и усугубление нарушений гомеостаза с развитием ДВС-синдрома. Электрохимическое повреждающее действие на клетки тканей (электролиз) проявилось поляризацией клеточных мембран, нарушением ионного равновесия, деформацией, переориентацией и вытягиванием клеток и их ядер.

На основании вышеизложенных исследований был сделан вывод, что действие атмосферного электричества на ребёнка С. обусловило быстрое наступление смерти и сопровождалось острой дыхательной (высокий уровень молочной кислоты и глюкозы, отёчность альвеол и стромы лёгких) и сердечно-сосудистой (высокий уровень активности креатинкиназы МВ, миоглобина, тропонина I, спазм артериол и мелких артерий сердца; формирование очагов волнообразной деформации и фрагментации кардиомиоцитов) недостаточностью, развитием ДВС-синдрома (наличие в крови продуктов деградации фибрина и фибриногена) и тяжёлым обезвоживанием организма (высокий уровень общего гемоглобина и гематокритной величины крови).

Многофакторный механизм поражения молнией определяет полиорганный характер травмы и требует мультидисциплинарного подхода к диагностике и постановке полного диагноза. Травма атмосферным электричеством характеризуется сочетанием комплекса признаков, состоящим из наружных телесных повреждений, не способных самостоятельно привести к смерти, и выраженных общих признаков быстро наступившей смерти.

#### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Комплексная макро- и микроморфологическая диагностика с применением широкого спектра лабораторных исследований позволяет значительно детализировать представления о патологических процессах в органах и тканях организма человека. Это позволяет на качественно ином уровне провести постановку диагноза, и аргументированно реконструировать обстоятельства травмы, особенно в условиях неочевидности происшествия, конструктивно решить более широкий спектр вопросов в интересах органов следствия и суда.

Приведённый пример наглядно демонстрирует широкие возможности традиционных и современных методов диагностики, новых для судебно-медицинской экспертной практики, например в таких случаях, как смертельная травма атмосферным электричеством.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Смольянинов В.М. Судебная медицина: учебник. 2-е изд., перераб. и доп. Москва: Медицина, 1982. С. 206–211.
2. Березуцкий В.И. Поражение молнией // Политравма. 2017. № 2. С. 70–76.
3. Назаров Г.Н., Николенко Л.П. Судебно-медицинское исследование электротравмы. Москва: Фолиум, 1992. С. 17–102.
4. Крюков В.Н. Судебная медицина. 2-е изд. Москва: Норма, 2009. С. 187–194.
5. Жиркова Е.А., Спиридонова Т.Г., Сачков А.В., Светлов К.В. Электротравма (обзор литературы) // Журнал им. Н.В. Скли-

#### ВКЛАД АВТОРОВ • AUTHOR CONTRIBUTION

**Сбор данных:** Безусова И.В., Теребилов А.Н., Лоскутов Р.О.

**Написание черновика рукописи:** Теребилов А.Н., Лоскутов Р.О.

**Научная редакция рукописи:** Карпов Д.А., Теребилов А.Н., Лоскутов Р.О.

**Рассмотрение и одобрение окончательного варианта рукописи:** Карпов Д.А., Теребилов А.Н., Лоскутов Р.О., Безусова И.В.

Авторы несут полную ответственность за предоставление окончательной версии рукописи в печать. Все авторы принимали участие в разработке концепции статьи и написании рукописи. Авторы благодарны анонимным рецензентам за полезные замечания.

**Data collection:** Bezusova I. V., Terebilov A. N., Loskutov R. O.

**Drafting of the manuscript:** Terebilov A. N., Loskutov R. O.

**Critical revision of the manuscript for important intellectual content:** Karpov D. A., Terebilov A. N., Loskutov R. O.

**Review and approve the final manuscript:** Karpov D. A., Terebilov A. N., Loskutov R. O., Bezusova I. V.

Authors are solely responsible for submitting the final manuscript to print. All authors participated in the development of the concept of the article and the writing of the manuscript. The final version of the manuscript was approved by all authors. The authors are grateful to anonymous reviewers for helpful comments.

#### ИСТОЧНИК ФИНАНСИРОВАНИЯ • FUNDING

Авторы заявляют об отсутствии внешнего финансирования при проведении исследования.

This study was not supported by any external sources of funding.

#### КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ • CONFLICT OF INTEREST

Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией настоящей статьи.

The authors declare that they have no competing interests.

6. фосовского «Неотложная медицинская помощь». 2019. Т. 8, № 4. С. 443–450. doi: 10.23934/2223-9022-2019-8-4-443-450
7. Любин А.В., Солтов А.В., Шаповалов К.Г. Агрегация тромбоцитов и лимфоцитарно-тромбоцитарная адгезия при электротравме в эксперименте // Дальневосточный медицинский журнал. 2012. № 1. С. 112–115.
8. Соловьева И.В. Д-димер: клиническое значение для пожилых пациентов // Лабораторная служба. 2017. Т. 6, № 1. С. 14–22. doi: 10.17116/labs20176114-22

## REFERENCES

1. Smolyaninov VM. Forensic medicine: a textbook. 2nd ed., revised and updated. Moscow: Medicine; 1982. P. 206–211. (In Russ).
2. Berezutsky VI. Lightning strike. *Polytrauma*. 2017;(2):70–76. (In Russ).
3. Nazarov GN, Nikolenko LP. Forensic investigation of electric shock. Moscow: Folium; 1992. P. 17–102. (In Russ).
4. Kryukov VN. Forensic medicine. 2nd ed. Moscow: Norma; 2009. P. 187–194. (In Russ).
5. Zhirkova EA, Spiridonova TG, Sachkov AV, Svetlov VK. Electric shock (review of literature). *N.V. Sklifosovsky Journal «Emergency Medical Care»*. 2019;8(4):443–450. (In Russ). doi: 10.23934/2223-9022-2019-8-4-443-450
6. Lubin AV, Solov AV, Shapovalov KG. Platelet aggregation and lymphocyte-platelet adhesion in electric shock in the experiment. *Far Eastern Medical Journal*. 2012;(1):112–115. (In Russ).
7. Solov'eva IV. D-dimer: clinical significance for elderly patients. *Laboratory service*. 2017;6(1):14–22. (In Russ). doi: 10.17116/labs20176114-22

## ОБ АВТОРАХ • AUTHORS

\* **КАРПОВ Дмитрий Александрович**, к.м.н., доцент [Dmitry A. Karpov, Cand. Sci (Med.), Assoc. Prof.]; адрес: Российская Федерация, 625023, Тюмень, ул. Одесская, д. 54 [address: 54, Odesskaya street, Tyumen, 625023, Russia]; e-mail: karpovsme@mail.ru, eLibrary SPIN: 3787-7482; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2608-7111>

**ТЕРЕБИЛОВ Андрей Николаевич** [Andrey N. Terebilov, MD]; e-mail: sbho@tobsme72.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0956-1835>

**БЕЗУСОВА Ирина Владимировна** [Irina B. Bezusova, MD]; e-mail: yarkovo@tobsme72.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8687-9145>

**ЛОСКУТОВ Ростислав Олегович** [Rostislav O. Loskutov, MD]; e-mail: kammone69@gmail.com, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4153-0668>