

Мужской фактор бесплодия при травматической болезни спинного мозга

М.Н. Коршунов¹, М.В. Сони́на², З.А. Кадыров³, Е.С. Коршунова¹, Р.В. Салюков³

¹ФГБУ ДПО «Центральная государственная медицинская академия» Управления делами Президента Российской Федерации; Россия, 109012 Москва, ул. Маршала Тимошенко, 19, стр. 1А;

²ФГБУ «Государственный научный центр Российской Федерации – Федеральный медицинский биофизический центр имени А.И. Бурназяна» Федерального медико-биологического агентства; Россия, 123098 Москва, ул. Маршала Новикова, 23, стр. 2;

³ФГАУ ВО «Российский университет дружбы народов»; Россия, 117198 Москва, ул. Миклухо-Маклая, 6

Контакты: Максим Николаевич Коршунов m_korshunov@bk.ru

В настоящее время травмы спинного мозга имеют высокую распространенность среди мужчин активного сексуального и репродуктивного возраста. Последствиями могут стать нарушения эректильной и эякуляторной функций, что нередко приводит к невозможности естественного зачатия. Способами преодоления бесплодия у мужчин с травматической болезнью спинного мозга и дисэякуляцией являются вибростимуляция, электростимуляция или хирургическая экстракция сперматозоидов с последующим выполнением процедур внутриматочной инсеминации и вспомогательных репродуктивных технологий. Эффективность данных методик напрямую зависит от качества эякулята и репродуктивного статуса партнерши. Возможные механизмы нарушения сперматогенеза у пациентов с травматической болезнью спинного мозга в настоящее время до конца не изучены. В статье представлен обзор наиболее актуальных и значимых публикаций из общедоступных источников литературы, в которых рассматриваются нарушения копулятивной и репродуктивной функций у мужчин, перенесших травму спинного мозга.

Ключевые слова: травма спинного мозга, травматическая болезнь спинного мозга, мужское бесплодие, эректильная дисфункция, ретроградная эякуляция, анэякуляция, обзор литературы, фрагментация ДНК сперматозоидов

Для цитирования: Коршунов М.Н., Сони́на М.В., Кадыров З.А. и др. Мужской фактор бесплодия при травматической болезни спинного мозга. Андрология и генитальная хирургия 2021;22(4):22–6. DOI: 10.17650/1726-9784-2021-22-4-22-26.

Male factor of infertility in spinal cord injury

M.N. Korshunov¹, M.V. Sonina², Z.A. Kadyrov³, E.S. Korshunova¹, R.V. Salyukov³

¹Central State Medical Academy of the Administrative Department of the President of the Russian Federation; 19 Marshala Timoshenko St., 19, Moscow 121359, Russia;

²State Scientific Center of the Russian Federation – A.I. Burnazyan Federal Medical Biophysical Center of the Federal Medical Biological Agency of Russia; 23 Marshala Novikova St., Moscow 123098, Russia;

³RUDN University; 6 Miklukho-Maklaya St., Moscow 117198, Russia

Contacts: Maksim Nikolaevich Korshunov m_korshunov@bk.ru

Currently, traumatic spinal cord injury disease is a common problem in men of sexual and reproductive active age. The result may be disturbance of erectile and ejaculatory functions, which often leads to inability of natural conception. Vibrostimulation, electrical stimulation or surgical sperm extraction, intrauterine insemination procedures and assisted reproductive technologies are the standard procedures in the treatment of fertility disorders in men with spinal cord injury and dysejaculation. The effectiveness of the techniques directly depends on the quality of sperm and the female reproductive health. Currently, the potential mechanisms of the disorders of spermatogenesis in patients with spinal cord injury are not clearly learned. The literature review of sexual dysfunction and pathogenetic aspects of pathospermia in men with spinal cord injury is provided.

Key words: spinal cord injury, traumatic spinal cord disease, male infertility, erectile dysfunction, retrograde ejaculation, anejaculation, literature review, sperm DNA fragmentation

For citation: Korshunov M.N., Sonina M.V., Kadyrov Z.A. et al. Male factor of infertility in spinal cord injury. *Andrologiya i genital'naya khirurgiya = Andrology and Genital Surgery* 2021;22(4):22–6. (In Russ.). DOI: 10.17650/1726-9784-2021-22-4-22-26.

Введение

По данным Всемирной организации здравоохранения, ежегодно в мире около 500 тыс. человек получают спинномозговую травму. До 90 % случаев происходят в результате дорожно-транспортных происшествий и падений с высоты. Важно отметить, что более 70 % случаев травматической болезни спинного мозга (ТБСМ) приходится на мужскую часть населения [1].

В зависимости от тяжести и уровня поражения ТБСМ может приводить к дисфункции тазовых органов, вторичным инфекциям мочеполовой системы, копулятивным и эякуляторным нарушениям.

По данным эпидемиологических наблюдений, бесплодием страдают примерно 90–95 % мужчин с ТБСМ и только 5 % могут зачать ребенка без специализированной помощи [2–5]. Вышесказанное определяет актуальность темы.

Эректильная дисфункция при травматической болезни спинного мозга

Сексуальная дисфункция у мужчин, перенесших травму спинного мозга, имеет 3 механизма: прямое повреждение нервных структур, ограничение физических возможностей, психоэмоциональные причины. Практически все пациенты испытывают проблемы с эрекцией в ранние сроки после травмы. Несмотря на то что частота половых контактов снижается, желание интимной близости при ТБСМ сохраняется. Наличие полноценной эрекции и возможность вести активную половую жизнь является главным предиктором сексуальной удовлетворенности мужчин с ТБСМ [6].

Существует 3 вида эрекции: психогенная (результат аудиовизуальной стимуляции), рефлекторная, ночные и утренние спонтанные тумесценции (ассоциированы с фазой сна). Психогенная эрекция инициируется эротическими стимулами, не зависящими от тактильных ощущений, и опосредована сегментами спинного мозга Th10–L2. Рефлекторная эрекция индуцируется тактильным раздражением генитальной области и находится под контролем парасимпатического отдела S2–S4. Травма выше уровня L2–Th11 становится причиной психогенной эректильной дисфункции. Повреждение крестцовых центров эрекции приводит к нарушению рефлекторной эрекции [7–9].

Нарушения эякуляции при травматической болезни спинного мозга

У мужчин с ТБСМ нарушения эякуляции наблюдаются чаще, чем эректильная дисфункция [10].

Эякуляция — сложный рефлекторный процесс, активирующийся при взаимодействии центральной и периферической нервной систем. Семяизвержение характеризуется координацией импульсов, поступающих со стороны симпатической, парасимпатической и соматической систем, а также формированием сигнала в гипоталамусе и преоптической зоне головного мозга.

Семяизвержение — дискретный процесс, состоящий из фазы эмиссии и экспульсии. Первая находится под контролем симпатической и парасимпатической нервной систем. При сокращении семенных пузырьков и предстательной железы семенная жидкость перемещается в задний отдел мочеиспускательного канала. Раздражение проксимальной части уретры является пусковым механизмом к началу второго этапа эякуляции [7, 9].

При экспульсии происходит выброс эякулята через мочеиспускательный канал. Этот процесс реализуется при участии парасимпатической и соматической нервной систем. Параллельно симпатический спинальный рефлекс обеспечивает закрытие шейки мочевого пузыря, предотвращая ретроградный заброс спермы в мочевой пузырь [11, 12].

В процессе эякуляции задействованы сегменты спинного мозга Th10–L2 и S2–S4. При повреждении спинного мозга выше уровня Th10 сакральная дуга может остаться интактной, что инициирует эякуляторную дисфункцию [9]. Степень выраженности расстройств семяизвержения при травмах ниже позвонка Th10 зависит от уровня пораженного сегмента и тяжести повреждения [13].

Основные виды нарушения эякуляции при ТБСМ: анэякуляция, ретроградная, преждевременная и задержанная (ретардатная) эякуляция.

Анэякуляция — нарушение эмиссии эякулята, совокупная неспособность достичь эякуляции и оргазма. Ретроградная эякуляция — нарушение антеградного пассажа, приводящее к полному или частичному забросу спермы в мочевой пузырь при сохраненном оргазме [13].

Преждевременное семяизвержение до вагинальной пенетрации также может стать причиной бесплодного брака. Но подобные состояния при ТБСМ встречаются крайне редко [13, 14].

Ретардатная эякуляция сопровождается длительным периодом достижения семяизвержения. При ТБСМ данный вид нарушений может стать следствием отсроченного проведения импульсов по нервным проводящим путям [15].

Вышеперечисленные дисфункции приводят к экстремальному мужскому бесплодию.

Нарушения сперматогенеза при травматической болезни спинного мозга

Ряд исследований свидетельствует о возможных нарушениях сперматогенеза при ТБСМ.

С. Mallidis и соавт. при изучении образцов эякулята пациентов в период спинального шока не выявили существенных отклонений параметров спермограммы [16]. N. Brackett и соавт. отметили, что качество эякулята ухудшается через 2 нед с момента наступления травмы [17]. Работа J. Rezaian и соавт. продемонстрировала нарушения гаметогенеза и подвижности сперматозоидов у мышей с ТБСМ [18].

D.A. Ohl и соавт. не отметили существенных изменений показателей эякулята собак в сроки до 3 нед после травмы спинного мозга. Через 21 день после инцидента средняя активная подвижность сперматозоидов снизилась с 62,9 до 20,1 % ($p = 0,008$), общее количество сперматозоидов — с 42,3 до 29,4 млн (статистически незначимо), плотность гаплоидных клеток в семенниках уменьшилась с 75,6 до 48,3 % ($p = 0,028$). Среднее количество зрелых сперматид в поперечном сечении канальцев при гистологическом исследовании яичек было значимо ниже в исследуемой группе при сравнении с контрольной (13,6 vs 43,9, $p = 0,02$) [19].

A. Sánchez-Ramos и соавт. провели проспективное исследование биоптатов яичек 28 мужчин. Через 1, 3 и 6 мес после травмы спинного мозга сохраненный сперматогенез был выявлен в 39, 48 и 80 % наблюдений, соответственно. Это указывает на возможный обратимый характер репродуктивных нарушений при ТБСМ [20].

S. Elliott и соавт. исследовали тестикулярную ткань пациентов в позднем периоде после ТБСМ, который в среднем составил 8 лет. Авторы выявили сохраненный сперматогенез у 28 из 50 обследованных мужчин [21].

К наиболее уязвимым параметрам эякулята у пациентов с ТБСМ относятся подвижность и жизнеспособность сперматозоидов [2, 22]. Среди возможных причин рассматривают нейротрофические нарушения, изменение местного температурного режима, инфекционно-воспалительный фактор. Повышаются риски формирования антиспермального иммунитета [23].

N. Brackett и соавт. предположили, что причиной снижения подвижности сперматозоидов могут стать изменения в семенной плазме [24]. S. Basu и соавт. определили, что плазма эякулята пациентов с ТБСМ содержит большое количество лейкоцитов, специфически активированных Т-клеток и цитокинов. [25]. E. Trabulsi и соавт. подтвердили данные наблюдения [26]. N. Brackett и соавт. зафиксировали значимое снижение подвижности и жизнеспособности сперматозоидов, полученных методом электроэякуляции, при сравнении с образцами из яичек и придатков [27].

J. Rezaian и соавт. в 2008 г. опубликовали экспериментальные данные, раскрывающие возможный механизм снижения подвижности сперматозоидов путем изменения экспрессии белков кальций-ионного канала, ответственных за гиперактивацию сперматофорных жгутиков. Согласно полученным результатам, у мышей через 4 нед после травмы спинного мозга наблюдается значительное снижение регуляции подтипов 1 и 2 гена *CatSper*, отвечающего за обеспечение подвижности сперматозоидов [18].

Для спермы пациентов, перенесших ТБСМ, характерны и другие изменения. В частности, повышение уровней цитокинов и каспазы (цистеиновых протеаз). К ним относят апоптозассоциированный стеклоподобный белок, содержащий домен активации и рекрутирования каспазы, каспазу-1, интерлейкины 1 β и 18 [28, 29]. E. Ibrahim и соавт. показали, что нейтрализация протеазы способствует повышению подвижности сперматозоидов [29].

R. Fortune и соавт. указали на активацию окислительного стресса эякулята, снижение выработки тестостерона и активацию апоптоза при ТБСМ [30], что может стать причиной ДНК-фрагментации сперматозоидов.

Исследования демонстрируют отрицательную корреляцию между показателем фрагментации ДНК сперматозоидов частотой наступления клинической беременности и родов в программах вспомогательных репродуктивных технологий (ВРТ). Высокая фрагментация ДНК сперматозоидов ассоциируется с рисками невынашивания беременности [31–33].

Одним из факторов, приводящих к разрывам цепочек ДНК гамет, является длительная персистенция сперматозоидов в семявыносящих путях. Как указывалось выше, до 90 % мужчин с ТБСМ имеют проблемы с эякуляцией. Половая дизритмия, нарушение пассажа эякулята, сопровождающееся конгестивными процессами органов малого таза, становятся возможными причинами патоспермии, включая фрагментацию ДНК сперматозоидов [32].

Эти аспекты становятся особенно важными при использовании эякулята, полученного методами вибро- или электростимуляции, в программах экстракорпорального оплодотворения, в том числе для интрацитоплазматических инъекций сперматозоидов.

На сегодняшний день нет достоверных данных о влиянии эндокринных факторов на сперматогенез у пациентов с ТБСМ [34]. Однако известно, что распространенность гипогонадизма при ТБСМ достигает 46 %, что может стать причиной не только сексуальной дисфункции, но и нарушения созревания сперматозоидов на завершающих стадиях сперматогенеза [35].

Преодоление бесплодия у пациентов с травматической болезнью спинного мозга

Стандартными методами преодоления бесплодия у мужчин с ТБСМ и анэякуляцией являются

вибростимуляция, электростимуляция или хирургическая экстракция сперматозоидов. Полученный материал используют для проведения процедур внутриматочной инсеминации (ВМИ) и ВРТ.

Частичное или полное отсутствие антеградной эякуляции диагностируют с помощью анализа центрифугированной посторгазменной мочи. Методами преодоления бесплодия у пациентов с ТБСМ и ретроградной эякуляцией являются процедуры ВМИ и ВРТ. Посторгазменный эякулят получают в 1-й порции мочи или с помощью катетеризации мочевого пузыря после предварительного защелачивания с целью снижения кислотности мочи. Если показатели спермы не позволяют выполнить процедуру ВМИ, прибегают к технологиям экстракорпорального оплодотворения, в том числе интрацитоплазматическим инъекциям сперматозоидов [36].

М. Соссиа и соавт. показали, что частота наступления беременности и родов в процедурах ВРТ у пациентов с ТБСМ (эякулят получали с помощью вибро-, электростимуляции или использовали тестикулярные

гаметы) были сравнимы с контрольной группой, которую составили пациенты с идиопатическими нарушениями фертильности.

К сожалению, авторы не детализировали частоту наступления родов в зависимости от методов получения сперматозоидов в группе спинальных больных. Тем не менее работа демонстрирует возможности малоинвазивных способов преодоления бесплодия у пациентов с ТБСМ, которые сохраняют репродуктивный потенциал, несмотря на имеющиеся нарушения функции органов малого таза.

Заключение

Таким образом, многофакторность причин, приводящих к мужскому бесплодию на фоне ТБСМ, очевидна. Проблема сексуальных дисфункций у пациентов, перенесших травму спинного мозга, не является острой, в отличие от нарушения функции нижних и верхних мочевых путей. Тем не менее поддержание копулятивной и реализация репродуктивной функций являются важными составляющими качества жизни мужчин с ТБСМ.

ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES

- World Health Organization. Spinal Cord Injury. WHO, 2013.
- Momen M.N., Fahmy I., Amer M. et al. Semen parameters in men with spinal cord injury: changes and aetiology. *Asian J Androl* 2007;9(5):684–9. DOI: 10.1111/j.1745-7262.2007.00277.x.
- Bors E.H., Comarr A.E. Neurological disturbances of sexual function with special reference to 529 patients with spinal cord injury. *Urol Surv* 1960;110:191221.
- Rutkowski S.B., Middleton J.W., Truman G. et al. The influence of bladder management on fertility in spinal cord injured males. *Paraplegia* 1995;33(5):263–6. DOI: 10.1038/sc.1995.59.
- Horne H.W., Paull D.P., Munro D. Fertility studies in the human male with traumatic injuries of the spinal cord and cauda equina. *N Engl J Med* 1948;239(25):959–61. DOI: 10.1056/NEJM194812162392504.
- Gomes C.M., Miranda E.P., de Bessa J. Jr. et al. Erectile Function Predicts Sexual Satisfaction in Men with Spinal Cord Injury. *Sex Med* 2017;5(3):e148–e55. DOI: 10.1016/j.esxm.2017.06.002.
- Brackett N.L., Lynne C.M., Ibrahim E. et al. Treatment of infertility in men with spinal cord injury. *Nat Rev Urol* 2010;7(3):162–72. DOI: 10.1038/nrurol.2010.7.
- Ibrahim E., Lynne C.M., Brackett N.L. Male fertility following spinal cord injury: an update. *Andrology* 2016;4(1):13–26. DOI: 10.1111/andr.12119.
- Trofimenko V., Hotaling J.M. Fertility treatment in spinal cord injury and other neurologic disease. *Transl Androl Urol* 2016;5(1):102–16. DOI: 10.3978/j.issn.2223-4683.2015.12.10.
- Hess M.J., Hough S. Impact of spinal cord injury on sexuality: broad-based clinical practice intervention and practical application. *J Spinal Cord Med* 2012;35(4):211–8. DOI: 10.1179/2045772312Y.0000000025.
- Albright T.H., Grabel Z., De Passe J.M. et al. Sexual and reproductive function in spinal cord injury and spinal surgery patients. *Orthop Rev (Pavia)* 2015;7(3):5842. DOI: 10.4081/or.2015.5842.
- Biering-Sørensen F., Sønksen J. Sexual function in spinal cord lesioned men. *Spinal Cord* 2001;39(9):455–70. DOI: 10.1038/sj.sc.3101198.
- McMahon C.G. Management of ejaculatory dysfunction. *Intern Med J* 2014;44(2):124–31. DOI: 10.1111/imj.12344.
- Hatzimouratidis K., Amar E., Eardley I. et al. Guidelines on Male Sexual Dysfunction: Erectile Dysfunction and Premature Ejaculation. *Eur Urol* 2010;57(5):804–14. DOI: 10.1016/j.eururo.2010.02.020.
- Sadowski D.J., Butcher M.J., Köhler T.S. A Review of Pathophysiology and Management Options for Delayed Ejaculation. *Sex Med Rev* 2016;4(2):167–76. DOI: 10.1016/j.sxmr.2015.10.006.
- Mallidis C., Lim T.C., Hill S.T. et al. Collection of semen from men in acute phase of spinal cord injury. *Lancet* 1994;343(8905):1072–3. DOI: 10.1016/s0140-6736(94)90183-x.
- Brackett N.L., Ferrell S.M., Aballa T.C. et al. Semen quality in spinal cord injured men: Does it progressively decline postinjury? *Arch Phys Med Rehabil* 1998;79(6):625–8. DOI: 10.1016/s0003-9993(98)90034-x.
- Rezaian J., Movahedin M., Mowla S.J. *CatSper* genes expression, semen characteristics and histology of testes in the contusive spinal cord-injured mice model. *Spinal Cord* 2009;47(1):76–83. DOI: 10.1038/sc.2008.81.
- Ohl D.A., Sønksen J., Wødemeyer G. et al. Canine model of infertility after spinal cord injury: time course of acute changes in semen quality and spermatogenesis. *J Urol* 2001;166(3):1181–4. DOI: 10.1016/s0022-5347(05)65942-3.
- Sánchez-Ramos A., Vargas-Baquero E., Martín-de Francisco F.J. et al. Early spermatogenesis changes in traumatic complete spinal cord-injured adult patients. *Spinal Cord* 2017;55(6):570–4. DOI: 10.1038/sc.2016.184.
- Elliott S.P., Orejuela F., Hirsch I.H. et al. Testis biopsy findings in the spinal cord

- injured patient. J Urol 2000;163(3):792–5. PMID: 10687979.
22. Utida C., Truzzi J.C., Bruschini H. et al. Male infertility in spinal cord trauma. Int Braz J Urol 2005;31(4):375–83. DOI: 10.1590/s1677-55382005000400013.
 23. Wieder J.A., Lynne C.M., Ferrell S.M. et al. Brown-Colored Semen in Men With Spinal Cord Injury. J Androl 1999;20(5):594–600. PMID: 10520571.
 24. Brackett N.L., Davi R.C., Padron O.F., Lynne C.M. Seminal Plasma of Spinal Cord Injured Men Inhibits Sperm Motility of Normal Men. J Urol 1996;155(5):1632–5. PMID: 8627840.
 25. Basu S., Aballa T.C., Ferrell S.M. et al. Inflammatory Cytokine Concentrations Are Elevated in Seminal Plasma of Men With Spinal Cord Injuries. J Androl 2004;25(2):250–4. DOI: 10.1002/j.1939-4640.2004.tb02785.x.
 26. Trabulsi E.J., Shupp-Byrne D., Sedor J., Hirsch I.H. Leukocyte subtypes in electroejaculates of spinal cord injured men. Arch Phys Med Rehabil 2002;83(1):31–4. DOI: 10.1053/apmr.2002.26250.
 27. Brackett N.L., Lynne C.M., Aballa T.C., Ferrell S.M. Sperm motility from the vas deferens of spinal cord injured men is higher than from the ejaculate. J Urol 2000;164(3 Pt 1):712–5. DOI: 10.1097/00005392-200009010-00022.
 28. Zhang X., Ibrahim E., de Rivero Vaccari J.P. et al. Involvement of the inflammasome in abnormal semen quality of men with spinal cord injury. Fertil Steril 2013;99(1):118–24.e2. DOI: 10.1016/j.fertnstert.2012.09.004.
 29. Ibrahim E., Castle S.M., Aballa T.C. et al. Neutralization of ASC improves sperm motility in men with spinal cord injury. Hum Reprod 2014;29(11):2368–73. DOI: 10.1093/humrep/deu230.
 30. Fortune R.D., Grill R.J., Beeton C. et al. Changes in Gene Expression and Metabolism in the Testes of the Rat following Spinal Cord Injury. J Neurotrauma 2017;34(6):1175–86. DOI: 10.1089/neu.2016.4641.
 31. McQueen D.B., Zhang J., Robins J.C. Sperm DNA fragmentation and recurrent pregnancy loss: a systematic review and meta-analysis. Fertil Steril 2019;112(1):54–60.e3. DOI: 10.1016/j.fertnstert.2019.03.003.
 32. Zhao J., Zhang Q., Wang Y., Li Y. Whether sperm deoxyribonucleic acid fragmentation has an effect on pregnancy and miscarriage after *in vitro* fertilization/ intracytoplasmic sperm injection: a systematic review and meta-analysis. Fertil Steril 2014;102(4):998–1005.e8. DOI: 10.1016/j.fertnstert.2014.06.033.
 33. Коршунов М.Н., Коршунова Е.С., Даренков С.П. Прогностическая ценность показателя ДНК-фрагментации сперматозоидов в успехе программ вспомогательных репродуктивных технологий. Эмпирическая антиоксидантная терапия в коррекции ДНК-фрагментации на фоне патологического окислительного стресса эякулята. Экспериментальная и клиническая урология 2017;(3):70–7. [Korshunov M.N., Korshunova E.S., Darenkov S.P. Predictive value of sperm DNA fragmentation indicator in the success of assisted reproductive technology programs. Empirical antioxidant therapy in the correction of DNA fragmentation against the background of pathological oxidative stress in the ejaculate. Eksperimental'naya i klinicheskaya urologiya = Experimental and Clinical Urology. 2017;(3):70–7. (In Russ.)].
 34. Anderson R., Moses R., Lenherr S. et al. Spinal cord injury and male infertility – a review of current literature, knowledge gaps, and future research. Transl Androl Urol 2018;7(Suppl 3):S373–S382. DOI: 10.21037/tau.2018.04.12.
 35. Sinha V., Elliott S., Ibrahim E. et al. Reproductive Health of Men with Spinal Cord Injury. Top Spinal Cord Inj Rehabil 2017;23(1):31–41. DOI: 10.1310/sci2301-31.
 36. Suominen J.J., Kilku P.P., Taina E.J., Puntala P.V. Successful treatment of infertility due to retrograde ejaculation by instillation of serum-containing medium into the bladder. A case report. Int J Androl 1991;14(2):87–90. DOI: 10.1111/j.1365-2605.1991.tb01069.x.

Вклад авторов

М.Н. Коршунов: обзор публикаций по теме статьи, научное редактирование текста статьи;
М.В. Сони́на: написание текста статьи;
З.А. Кадыров, Е.С. Коршунова: обзор публикаций по теме статьи;
Р.В. Салюков: обработка данных литературы.

Authors' contributions

M.N. Korshunov: review of publications on the topic of the article, scientific editing of the text of the article;
M.V. Sonina: writing the text of the article;
Z.A. Kadyrov, E.S. Korshunova: review of publications on the topic of the article;
R.V. Salyukov: analysis of the literature data.

ORCID авторов / ORCID of authors

М.Н. Коршунов / M.N. Korshunov: <https://orcid.org/0000-0001-9355-2872>
М.В. Сони́на / M.V. Sonina: <https://orcid.org/0000-0002-7507-5774>
З.А. Кадыров / Z.A. Kadirov: <https://orcid.org/0000-0002-1108-8138>
Е.С. Коршунова / E.S. Korshunova: <https://orcid.org/0000-0003-1492-934X>
Р.В. Салюков / R.S. Salukov: <https://orcid.org/0000-0002-7128-6400>

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.
Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

Финансирование. Работа выполнена без спонсорской поддержки.
Financing. The work was performed without external funding.

Статья поступила: 20.09.2021. **Принята к публикации:** 26.09.2021.
Article submitted: 20.09.2021. **Accepted for publication:** 26.09.2021.