



Обзор

© CC BY 4.0

УДК 612.88-08+616.711-007.24-053.2-089+611.82/.83
<https://doi.org/10.56871/RBR.2026.68.37.005>

О возможности применения метода термоэстезиометрии для контроля состояния тонких нервных волокон у детей при патологии позвоночника

Максим Андреевич Богатырев, Марат Саматович Сайфутдинов, Дмитрий Михайлович Савин

Национальный медицинский исследовательский центр травматологии и ортопедии имени академика Г.А. Илизарова. 640014, г. Курган, ул. М. Ульяновой, д. 6, Российская Федерация

Для цитирования: Богатырев М.А., Сайфутдинов М.С., Савин Д.М. О возможности применения метода термоэстезиометрии для контроля состояния тонких нервных волокон у детей при патологии позвоночника. *Российские биомедицинские исследования*. 2026;11(2):55–60. <https://doi.org/10.56871/RBR.2026.68.37.005>.

Поступила: 20.01.2026

Одобрена: 03.02.2026

Принята к печати: 30.05.2026

Автор

для корреспонденции:

Максим Андреевич
Богатырев.
E-mail:
270419920000dok@
gmail.com

Резюме. Хирургическая коррекция деформации позвоночника у детей сопровождается повышенным риском появления и развития неврологических нарушений в послеоперационном периоде. Современные инструментальные методы тестирования (стимуляционная электронейромиография, вызванные потенциалы разной модальности) состояния спинальных корешков и проводящих путей спинного мозга у детей с деформацией позвоночника дают количественную информацию о функции преимущественно быстропроводящих миелинизированных нервных проводников, в то время как состояние тонких миелинизированных и немиелинизированных нервных волокон оценивают с помощью качественных косвенных методов. В этом отношении остается неиспользованным потенциал метода термоэстезиометрии, позволяющего получать объективную информацию о состоянии нервных проводников малого диаметра у детей с патологией позвоночника для осуществления объективного контроля их неврологического статуса в процессе хирургического лечения. Суть метода термоэстезиометрии заключается в измерении температурных порогов ощущения тепла и боли от горячего. Для его эффективного применения необходимо соблюдать стандартные условия проведения тестирования: создание зоны температурного комфорта для пациента, оптимизация температурных стимулов — площади нагреваемого участка кожи, скорости нагревания зонда. Нужно учитывать половые, возрастные, анатомические, физиологические и психологические особенности тестируемых субъектов. При учете всех этих обстоятельств метод термоэстезиометрии может быть надежным источником диагностических сведений о состоянии тонких нервных проводников корешков спинного мозга у детей в процессе хирургического лечения деформаций позвоночника.

Ключевые слова: эстезиометрия, нервные волокна, температурная чувствительность, сколиоз

© Богатырев М.А.,
Сайфутдинов М.С.,
Савин Д.М., 2026

Источник финансирования. Авторы заявляют об отсутствии внешнего финансирования при проведении исследования.



Review

<https://doi.org/10.56871/RBR.2026.68.37.005>

On the use of thermoesthesiometric monitoring thin nerve fibers state in children with spinal pathology

Maksim A. Bogatyrev, Marat S. Saifutdinov, Dmitry M. Savin

National Ilizarov Medical Research Centre for Traumatology and Orthopaedics, 6 M. Ulianova str., Kurgan, 640014, Russian Federation

For citation: Bogatyrev M.A., Saifutdinov M.S., Savin D.M. On the use of thermoesthesiometric monitoring thin nerve fibers state in children with spinal pathology. *Russian Biomedical Research*. 2026;11(2):55–60. (In Russ.). <https://doi.org/10.56871/RBR.2026.68.37.005>.

Received: 20.01.2026

Revised: 03.02.2026

Accepted: 30.05.2026

Corresponding author:

Maksim A. Bogatyrev.

E-mail:

270419920000dok@gmail.com

Abstract. Surgical correction of spinal deformity in children is associated with an increased risk of neurological disorders in the postoperative period. Modern instrumental testing methods (stimulation electroneuromyography, evoked potentials of different modalities) of the spinal roots and spinal cord pathways in children with spinal deformity provide quantitative information on the function of predominantly fast-conducting myelinated nerve conductors. While the condition of thin myelinated and non-myelinated nerve fibers is assessed by qualitative indirect methods. The potential of the thermoesthesiometry method, which allows obtaining objective information about the state of small-diameter nerve conductors in children with spinal pathology, in order to objectively monitor their neurological status during surgical treatment, remains untapped. The essence of the thermoesthesiometry method is to measure the temperature thresholds for the sensation of heat and pain from heat. For its effective use, standard testing conditions must be observed: creating a thermal comfort zone for the patient, optimization of temperature stimuli (the area of the skin being heated, and the rate of probe heating). The gender, age, anatomical, physiological and psychological characteristics of the test subjects must be taken into account. Taking into account all these circumstances, the thermoesthesiometry method can be a reliable source of diagnostic information about the condition of the thin nerve conductors of the spinal cord roots in children during surgical treatment of spinal deformities.

Keywords: esthesiometry, nerve fibers, temperature sensitivity, scoliosis

© Bogatyrev M.A.,
Saifutdinov M.S.,
Savin D.M., 2026

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



Хирургическая коррекция деформации позвоночника у детей сопровождается повышенным риском появления и развития неврологических нарушений в послеоперационном периоде [1]. Существующие инструментальные методы тестирования состояния нервных проводников в корешках спинного мозга (например, электронейромиография) у детей с деформациями позвоночника дают информацию преимущественно о фракции толстых миелинизированных волокон [2]. О тонких миелинизированных и немиелинизированных волокнах врач может судить косвенно по качественным признакам, с применением менее надежных балльных шкал (для грубой количественной оценки) [3]. Инструментальные методы, как правило, трудоемки, дороги и не получают широкого распространения [3]. В этом отношении недооценен потенциал термоэстезиометрии, которая позволяет получить количественную информацию о состоянии нервных проводников малого диаметра у детей с патологией позвоночника при объективизации их неврологического статуса.

Суть метода термоэстезиометрии заключается в измерении температурных порогов ощущения тепла и боли от горячего. Процедура может реализовываться разными способами: путем постепенного нагревания стандартного участка кожи с заданной скоростью с помощью зонда, лазерного луча, потока теплого воздуха либо предъявления тепловых стимулов разной интенсивности в случайном порядке [4, 5]. Температурные пороги сравнивают с температурой кожи тестируемого рецептивного поля и с некоторыми эталонными значениями, в качестве которых могут выступать, например, статистические характеристики выборки здоровых испытуемых. Если температурные пороги существенно снижены/повышены относительно выбранного эталона, речь идет о гипестезии/гиперестезии соответственно. Если пациент не ощущает тепла и/или боли от горячего, констатируют наличие термоанестезии и/или термоаналгезии соответственно. Данные обстоятельства указывают на нарушение функции тонких нервных проводников. Вся совокупность методов получила общее название «термоэстезиометрия» (далее — эстезиометрия).

В клинике эстезиометрия используется для оценки состояния нервных проводников малого диаметра [6–8], к которым относятся Аδ- и С-волокна.

Выделяют группу условий, которые нужно учитывать при выборе имеющихся (разработке новых) методов тестирования термочувствительности [9]. К ним относятся: 1) количество рецепторов в определенной области; 2) интенсивность стимула; 3) температура адаптации; 4) скорость изменения температуры; 5) площадь стимулируемой поверхности тела; 6) функциональное состояние проводящих афферентных путей; 7) психоэмоциональное состояние индивида.

Большое значение имеют условия, в которых находится пациент. Прежде всего это **зона температурного комфорта** — диапазон температур, в пределах которого человек выражает «температурное безразличие» к окружающей среде, то есть не ощущает ни тепла, ни холода [10]. Выделяют три условия теплового комфорта [11]: 1) относительное равенство температуры между поверхностью кожи в разных ее частях; 2) отсутствие обильного испарения влаги с поверхности кожи (потоотделение); 3) близость значений температуры кожи и температуры окружающей среды.

Важную роль в интерпретации результатов эстезиометрии должна играть температура тела [12]. При ее повышении/понижении меняются пороги термоощущений, холодových и тепловых стимулов соответственно ввиду адаптивной реакции со стороны соответствующих рецепторов [13]. Однако получены данные, указывающие на меньшую, чем ожидалось, степень влияния температуры кожи на пороговые значения соответствующих ощущений [7].

Для тестирования термочувствительности часто используют зонд в виде пластины с фиксированной площадью.

Значение скорости нагревания тестового зонда. По результатам проведенных измерений оптимальна скорость его нагревания на уровне 0,2 °C/с. При такой скорости рецепторы не успевают адаптироваться и погрешность во времени возникновения ощущения не превышает 0,1 °C [14]. При скорости нагревания менее 0,1 °C/с человек не способен различить изменение температуры в пределах 4–5 °C [15]. Основной причиной этого является адаптация, то есть способность «привыкания» рецепторов к медленному ступенчатому термораздражению [16].

С увеличением продолжительности теплового стимула критическая температура для возникновения болевых ощущений значительно снижалась, что может быть объяснено центральными нейронными механизмами [17].

Регионарные различия в восприятии тепла и боли от горячего. Значения тепловых и болевых порогов и расстояние между ними на шкале температур не были одинаковыми в разных регионах тела. Во всех областях тела болевой порог был значительно выше, чем тепловой, например, на 6,32; 8,22; 8,09; 7,92 и 7,36 °C в области груди, предплечья, кисти, бедра и стопы соответственно [18].

Дифференциальная чувствительность организма к вредному и безвредному теплу может быть результатом различий в плотности иннервации между терморецепторами и терморекцепторами, причем первые более плотные и равномерно распределены по всему телу [19–22].



Нормальные пределы для внутрииндивидуальных сравнений температурных порогов невелики, и их связь с возрастом, ростом и полом полностью не выяснена [6]. Нормальные пределы для дистально-проксимальных и контралатеральных гомологичных температурных порогов были широкими и имели ограниченное применение в клинических условиях [6].

Возрастные различия. Существенным внутренним фактором, обуславливающим способность ощущать температуру, является возраст. Это особенно заметно при сравнении пожилых и молодых пациентов [23], детей и взрослых [18].

Половые различия. Относительно зависимости термочувствительности от пола в литературе представлены противоречивые данные [24, 25], поэтому влияние пола на тепловую чувствительность составляет предмет споров; несколько авторов не обнаружили половых различий [26–28], тогда как другие сообщили о более низких порогах у женщин [25, 29–31]. При этом отсутствие значимости различий [18] может быть связано с относительно небольшим числом пациентов каждого пола [32].

Женщины были более чувствительны при определении порогов боли от горячего [24]. Более высокий болевой порог у мужчин, по-видимому, связан с большей активностью у них тормозящей парасимпатической нервной системы [33].

Оценки надежности результатов тестирования термочувствительности значительно различались у разных авторов [34], но в целом надежность порогов восприятия холода и тепла варьировала от низкой до превосходной, в то время как надежность болевых порогов при высоких и низких значениях термического стимула — от приемлемой до превосходной. Данный обзор показал значительную вариабельность надежности каждого анализируемого параметра [34].

Таким образом, несмотря на некоторые методические проблемы, в настоящее время метод термоэстезиометрии привлекает к себе внимание широкого круга специалистов-физиологов и функциональных диагностов. Интерес первых направлен на использование термоэстезиометрии как метода изучения механизмов работы системы терморепреции и терморегуляции, а вторые хотели бы получить инструмент функциональной диагностики для получения информации, полез-

ной неврологам и нейрохирургам. В настоящее время предприняты успешные попытки использования термоэстезиометрии в клинике Центра Илизарова в процессе лечения деформаций позвоночника [35–38]. Однако результаты работы носили общестатистический характер, то есть описывали обобщенные данные всей выборки пациентов, оставляя за рамками внимания проблемы оценки конкретного пациента. С этим связаны проблемы выбора эталонных значений для сравнения с текущими порогоми температурно-болевой чувствительности и процедуры оценки значимости изменений текущих параметров конкретного пациента относительно выбранного эталона.

Мы считаем, что метод термоэстезиометрии с учетом вышеперечисленных факторов может использоваться как диагностический инструмент для оценки состояния нервных проводников малого диаметра в корешках спинного мозга.

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

Вклад авторов. М.А. Богатырев — концепция статьи, подборка литературных источников, написание рукописи; М.С. Сайфутдинов, Д.М. Савин — подборка литературных источников, редактирование рукописи.

Все авторы внесли существенный вклад в разработку концепции, проведение исследования и подготовку статьи, прочли и одобрили финальную версию перед публикацией.

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

ADDITIONAL INFORMATION

Author contribution. M.A. Bogatyrev— concept of the article, the selection of literary sources, the writing of the manuscript; M.S. Saifutdinov, D.M. Savin — selection of literary sources, editing of the manuscript.

All authors made a substantial contribution to the conception of the study, acquisition, analysis, interpretation of data for the work, drafting and revising the article, final approval of the version to be published and agree to be accountable for all aspects of the study.

Competing interests. The authors declare that they have no competing interests.

ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES

1. Deng Y., Zhang T., Gao B., Liu J., Yang J., Yang J., Sui W. Long-term neurological outcomes following significant intraoperative neuromonitoring alarms: a longitudinal study of 115 patients with severe spinal deformities. *Global Spine J.* 2025;21925682251403544. <https://doi.org/10.1177/21925682251403544>.

2. Шеин А.П., Криворучко Г.А., Рябых С.О. Реактивность и резистентность спинно-мозговых структур при выполнении инструментальной коррекции деформаций позвоночника. *Российский физиологический журнал им. И.М. Сеченова.* 2016;102(12):1495–1506. EDN: XXMONJ.
Shein A.P., Krivoruchko G.A., Ryabykh S.O. Reactivity and resistance of the spinal structures when performing instrumental



- correction of spinal deformities. *Russian journal of physiology*. 2016;102(12):1495–1506. (In Russ.). EDN: XXMONJ.
3. Неврология: национальное руководство. В 2 т. Е.И. Гусев, А.Н. Коновалов, В.И. Скворцова, ред. 2-е изд., перераб. и доп. М.: ГЭОТАР-Медиа; 2022. Т. 1. 880 с.
Neurology: a national guide. In 2 vol. E.I. Gusev, A.N. Kononov, V.I. Skvortsova, eds. 2nd ed., revised and supplemented. Moscow: GEOTAR-Media; 2022. Vol. 1. 880 p. (In Russ.).
4. Dyck P.J., Zimmerman I., Gillan D.A. et al. Cool, warm and heat-pain detection thresholds: testing methods and inferences about anatomic distribution of receptors. *Neurology*. 1993;43(8):1500–1508. <https://doi.org/10.1212/wnl.43.8.1500>.
5. Hagander L.G., Midani H.A., Kuskowski M.A. et al. Quantitative sensory testing: effect of site and skin temperature on thermal thresholds. *Clin Neurophysiol*. 2000;111(1):17–22. [https://doi.org/10.1016/s1388-2457\(99\)00192-3](https://doi.org/10.1016/s1388-2457(99)00192-3).
6. Dunker O., Lie M.U., Nilsen K.B. Can within-subject comparisons of thermal thresholds be used for diagnostic purposes? *Clin Neurophysiol Pract*. 2021;6:63–71. <https://doi.org/10.1016/j.cnp.2021.01.002>.
7. Hilz M.J., Stemper B., Schweibold G., Neuner I., Grahmann F., Kolodny E.H. Quantitative thermal perception testing in 225 children and juveniles. *J Clin Neurophysiol*. 1998;15(6):529–534. <https://doi.org/10.1097/00004691-199811000-00012>.
8. Lilliesköld V.H., Nordh E. Method-of-limits; Cold and warm perception thresholds at proximal and distal body regions. *Clin Neurophysiol Pract*. 2018;3:134–140. <https://doi.org/10.1016/j.cnp.2018.06.004>.
9. Медведев А.А., Соколова Л.В. Особенности и механизмы температурной чувствительности (обзор). *Журнал медико-биологических исследований*. 2019;7(1):92–105. <https://doi.org/10.17238/issn2542-1298.2019.7.1.92>.
Medvedev A.A., Sokolova L.V. Features and Mechanisms of Temperature Sensitivity (Review). *Journal of Medical and Biological Research*. 2019;7(1):92–105. (In Russ.). <https://doi.org/10.17238/issn2542-1298.2019.7.1.92>.
10. Parsons K. Human thermal environments: the effects of hot, moderate and cold on human health, comfort and performance. 2nd ed. London: Taylor & Francis; 2001. 527 p.
11. Green B.G. Temperature perception and nociception. *J Neurobiol*. 2004;61(1):13–29. <https://doi.org/10.1002/neu.20081>.
12. Zhang H., Huizenga C., Arens E., Wang D. Thermal sensation and comfort in transient non-uniform thermal environments. *Eur J Appl Physiol*. 2004;92(6):728–733. <https://doi.org/10.1007/s00421-004-1137-y>.
13. Силина Е.В., Строчков И.А., Ахмеджанова Л.Т., Шалыгин В.С., Дроконова О.О., Суслова Е.Ю., Шагбазян А.А. Нейрофизиология температурной чувствительности. *Вестник неврологии, психиатрии и нейрохирургии*. 2015;(11–12):71–80. EDN: YFMOXV.
Silina E.V., Strokov I.A., Akhmedjanova L.T., Shalygin V.S., Drononova O.O., Suslova E.Ju., Shagbazyan A.A. Thermal sense neurophysiology. *Bulletin of neurology, psychiatry and neurosurgery*. 2015;(11–12):71–80. (In Russ.). EDN: YFMOXV.
14. Диверт В.Э. Влияние скорости нарастания температуры стимула на пороги локальных кожных термоощущений. *Физиология человека*. 2002;28(5):74–80. EDN: RZVKBZ.
15. Divert V.E. The influence of the rate of stimulus temperature rise on local skin thermal thresholds. *Human Physiology*. 2002;28(5):74–80. (In Russ.). EDN: RZVKBZ.
16. Huang J., Zhang X., McNaughton P.A. Modulation of temperature-sensitive TRP channels. *Semin Cell Dev Biol*. 2006;17(6):638–645. <https://doi.org/10.1016/j.semcdb.2006.11.002>
17. Kenshalo R. Correlations of Temperature Sensation and Neural Activity: A Second Approximation. In: Thermoreception and Thermoregulation. J. Bligh, K. Voigt, H.A. Braun, K. Brück, G. Heldmaier, eds. Berlin: Springer; 1990. P. 67–88.
18. Pertovaara A., Kauppi T., Hämäläinen M.M. Influence of skin temperature on heat pain threshold in humans. *Exp Brain Res*. 1996;107(3):497–503. <https://doi.org/10.1007/BF00230429>.
19. Defrin R., Shachal-Shiffer M., Hadgad M., Peretz C. Quantitative somatosensory testing of warm and heat-pain thresholds: the effect of body region and testing method. *Clin J Pain*. 2006;22(2):130–136. <https://doi.org/10.1097/01.aip.0000154048.68273.d8>.
20. Green B.G., Cruz A. Warmth insensitive fields: evidence of sparse and irregular innervation of human skin by the warmth sense. *Somatosens Mot Res*. 1998;15(4):269–275. <https://doi.org/10.1080/08990229870682>.
21. Kumazawa T., Perl E.R. Primate cutaneous sensory units with unmyelinated (C) afferent fibers. *J Neurophysiol*. 1977;40(6):1325–1338. <https://doi.org/10.1152/jn.1977.40.6.1325>.
22. Light A.R., Perl E.R. Peripheral sensory systems. *Peripheral Neuropathy*. Eds. P.J. Duck, P.K. Thomas, J.W. Griffin et al. Philadelphia, PA: W.B. Saunders; 1993.
23. Willis W.D. The Pain System: the neural basis of nociceptive transmission in the mammalian nervous system. Basel: Karger; 1985. 346 p.
24. Skedung L., El Rawadi C., Arvidsson M., Farcet C., Luengo G.S., Breton L., Rutland M.W. Mechanisms of tactile sensory deterioration amongst the elderly. *Sci Rep*. 2018;8(1):5303. <https://doi.org/10.1038/s41598-018-23688-6>.
25. Averbeck B., Seitz L., Kolb F.P., Kutz D.F. Sex differences in thermal detection and thermal pain threshold and the thermal grill illusion: a psychophysical study in young volunteers. *Biol Sex Differ*. 2017;8(1):29. <https://doi.org/10.1186/s13293-017-0147-5>.
26. Fillingim R.B., Maddux V., Shackelford J.A. Sex differences in heat pain thresholds as a function of assessment method and rate of rise. *Somatosens Mot Res*. 1999;16(1):57–62. <https://doi.org/10.1080/08990229970654>.
27. Lautenbacher S., Rollman G.B. Sex differences in responsiveness to painful and non-painful stimuli are dependent upon the stimulation method. *Pain*. 1993;53(3):255–264. [https://doi.org/10.1016/0304-3959\(93\)90221-A](https://doi.org/10.1016/0304-3959(93)90221-A).
28. Lautenbacher S., Strian F. Sex differences in pain and thermal sensitivity: the role of body size. *Percept Psychophys*. 1991;50(2):179–183. <https://doi.org/10.3758/bf03212218>.



29. Säterö P., Klingenstierna U., Karlsson T. et al. Pain threshold measurements with cutaneous argon laser, comparing a forced choice and a method of limits. *Prog Neuropsychopharmacol Biol Psychiatry*. 2000;24(3):397–407. [https://doi.org/10.1016/s0278-5846\(99\)00107-4](https://doi.org/10.1016/s0278-5846(99)00107-4).
30. Edwards R.R., Fillingim R.B., Yamauchi S., Sigurdsson A., Bunting S., Mohorn S.G., Maixner W. Effect of gender and acute dental pain on thermal pain responses. *Clin J Pain*. 1999;15(3):233–237. <https://doi.org/10.1097/00002508-199909000-00011>.
31. Fillingim R.B., Maixner W., Kincaid S., Silva S. Sex differences in temporal summation but not sensory discriminative processing of thermal pain. *Pain*. 1998;75(1):121–127. [https://doi.org/10.1016/S0304-3959\(97\)00214-5](https://doi.org/10.1016/S0304-3959(97)00214-5).
32. Meh D., Denisic M. Quantitative assessment of thermal and pain sensitivity. *J Neurophysiol Sci*. 1994;127(2):164–169. [https://doi.org/10.1016/0022-510x\(94\)90069-8](https://doi.org/10.1016/0022-510x(94)90069-8).
33. Riley J.L. 3rd, Robinson M.E., Wise E.A. et al. Sex differences in the perception of noxious experimental stimuli: a met analysis. *Pain*. 1998;74(2-3):181–187. [https://doi.org/10.1016/s0304-3959\(97\)00199-1](https://doi.org/10.1016/s0304-3959(97)00199-1).
34. Tracy L.M., Koenig J., Georgiou-Karistianis N., Gibson S.J., Giummarra M.J. Heart rate variability is associated with thermal heat pain threshold in males, but not females. *Int J Psychophysiol*. 2018;131:37–43. <https://doi.org/10.1016/j.ijpsycho.2018.02.017>.
35. Moloney N.A., Hall T.M., Doody C.M. Reliability of thermal quantitative sensory testing: a systematic review. *J Rehabil Res Dev*. 2012;49(2):191–207. <https://doi.org/10.1682/jrrd.2011.03.0044>.
36. Сайфутдинов М.С., Щурова Е.Н., Рябых С.О. Субклинический сенсомоторный дефицит после хирургической коррекции деформации позвоночника. *Журнал неврологии и психиатрии им. С.С. Корсакова*. 2019;119(9):31–38. <https://doi.org/10.17116/jnevro201911909131>.
37. Шейн А.П., Криворучко Г.А., Щурова Е.Н., Коваленко П.И., Поздняков А.В. Влияние степени деформации позвоночника на нейрофизиологические характеристики сенсомоторного дефицита. *Хирургия позвоночника*. 2007;(1):35–43. EDN: HYIJXD.
38. Щурова Е.Н., Рябых С.О., Кобызев А.Е., Очирова П.В. Особенности состояния температурно-болевой чувствительности у подростков с идиопатическим сколиозом III–IV степени. *Физиология человека*. 2016;42(1):100–105. <https://doi.org/10.7868/S0131164615060089>.

Об авторах

* **Максим Андреевич Богатырев** — аспирант кафедры травматологии, ортопедии и смежных дисциплин.
 E-mail: 270419920000dok@gmail.com;
<https://orcid.org/0000-0003-4637-2435>; SPIN: 9877-4507

Марат Саматович Сайфутдинов — д.б.н., ведущий научный сотрудник, лаборатория Клиники патологии позвоночника и редких заболеваний.
 E-mail: maratasaif@yandex.ru;
<https://orcid.org/0000-0002-7477-5250>; SPIN: 2811-2992

Дмитрий Михайлович Савин — к.м.н., нейрохирург, травматолог-ортопед, заведующий травматолого-ортопедическим отделением № 9, Клиника патологии позвоночника и редких заболеваний. E-mail: savindm81@mail.ru;
<https://orcid.org/0000-0001-6284-2850>; SPIN: 2155-2581

* Автор, ответственный за переписку.
 Corresponding author.

Authors' info

* **Maksim A. Bogatyrev** — Postgraduate Student of the Department of Traumatology, Orthopedics and Related Disciplines.
 E-mail: 270419920000dok@gmail.com;
<https://orcid.org/0000-0003-4637-2435>; SPIN: 9877-4507

Marat S. Saifutdinov — Dr. Sci. (Biol.), Leading Researcher, Clinical Laboratory of the Clinic of Spine Pathology and Rare Diseases. E-mail: maratasaif@yandex.ru;
<https://orcid.org/0000-0002-7477-5250>; SPIN: 2811-2992

Dmitry M. Savin — Cand. Sci. (Med.), neurosurgeon, Head of Trauma-Orthopedic Department No. 9 of the Clinic of Spine Pathology and Rare Diseases. E-mail: savindm81@mail.ru;
<https://orcid.org/0000-0001-6284-2850>; SPIN: 2155-2581