

ПОСТОПЕРАЦИОННАЯ БОЛЬ В РАННЕМ И ПОЗДНЕМ ПЕРИОДЕ ПРИ ОПЕРАТИВНОМ ВМЕШАТЕЛЬСТВЕ НА ШЕЙНОМ И ПОЯСНИЧНО-КРЕСТЦОВОМ ОТДЕЛЕ ПОЗВОНОЧНИКА

А.А. Солх Мохаммед, В.В. Белопасов

Астраханский государственный медицинский университет, Астрахань, Российская Федерация

Год от года синдром постоперационной боли при оперативном вмешательстве на шейном и поясничном отделах позвоночника представляется все более серьезной проблемой для клиницистов-вертебрологов. Лечение пациентов с этой формой патологии требует мультидисциплинарного подхода. Медикаментозная терапия не всегда дает желаемые результаты. В настоящее время востребованы немедикаментозные методы, например нейромодуляция с помощью имплантированного хирургически эпидурального нейростимулятора или неинвазивной чрескожной электростимуляции спинного мозга. Но, учитывая, что профилактика всегда лучше лечения, специалисты должны помнить о возможных неблагоприятных факторах, способствующих возникновению послеоперационной боли, среди которых не последнюю роль играет психоэмоциональное состояние пациента.

Ключевые слова: послеоперационный синдром позвоночника; повторная операция на позвоночнике; лечение хронической боли; мультимодальный пациентоориентированный персонализированный подход.

Для цитирования: Солх Мохаммед А.А., Белопасов В.В. Постоперационная боль в раннем и позднем периоде при оперативном вмешательстве на шейном и пояснично-крестцовом отделе позвоночника. *Клиническая практика*. 2023;14(1):95–100. doi: <https://doi.org/10.17816/clinpract166290>

Поступила 31.01.2023

Принята 06.02.2023

Опубликована 03.03.2023

FOLLOWING A POSTOPERATIVE PAIN IN THE EARLY AND LATE PERIOD DURING SURGICAL INTERVENTION ON THE CERVICAL AND LUMBOSACRAL SPINE

A.A. Solx Mohammed, V.V. Belopasov

Astrakhan State Medical University, Astrakhan, Russian Federation

From year to year, postoperative pain syndrome following a surgical intervention on the cervical and lumbar regions of the spine becomes an increasingly serious problem for spine surgeons. The treatment of such a pathology requires a multidisciplinary approach. Drug therapy does not always provide the desired outcome. Non-drug approaches, such as neuromodulation with a surgically implanted spinal cord stimulator or non-invasive transcutaneous electrical nerve stimulation, are currently in great demand. However, given the fact that prevention is always better than treatment, specialists have to always take into account the possible adverse factors which may contribute to the appearance of postoperative pain. The patient's psychoemotional state plays not the least important role among those factors.

Keywords: postoperative spinal syndrome; reoperation on the spine; treatment of chronic pain; multimodal patient-oriented personalized approach.

For citation: Solx Mohammed AA, Belopasov VV. Following a Postoperative Pain in the Early and Late Period During Surgical Intervention On the Cervical and Lumbosacral Spine. *Journal of Clinical Practice*. 2023;14(1):95–100. doi: <https://doi.org/10.17816/clinpract166290>

Submitted 31.01.2023

Revised 06.02.2023

Published 03.03.2023

ВВЕДЕНИЕ

Считается, что многих пациентов пожизненно преследуют боли в шейном и поясничном отделах позвоночного столба: среди населения стран мира их распространенность составляет 60–80%. Этот факт делает вертебральную патологию источником самых частых жалоб на здоровье [1–4]. Примерно 10% людей, страдающих болями этой локализации, имеют симптомы длительностью более 3 месяцев [5]. В этой связи в России, ближнем и дальнем зарубежье значительно выросла доля лиц, которым была оказана хирургическая помощь.

С 1 января 2022 г. официально вступила в силу Международная классификация болезней 11-го пересмотра (МКБ-11; International Classification of Diseases 11th Revision, ICD-11). В разделе «Боль» появилась новая дефиниция — MG30 Хроническая боль. Этот фенотип боли выделяется экспертами как самостоятельная нозология и имеет отдельную рубрификацию. В новой классификации уделено также должное внимание подтипу хронической боли, в частности мышечно-скелетной боли той же локализации (MG30.3 Chronic secondary musculoskeletal pain). В отдельную рубрику вынесена послеоперационная боль (MG30.21 Chronic postsurgical pain) как причина хронической боли [6].

Современный консенсус (МКБ-11) будет способствовать лучшей диагностике хронической боли не только неврологами, но и хирургами, онкологами, врачами других специальностей, помогая им определиться с выбором персонализированного лечения пациентов.

ФАКТОРЫ ПОСЛЕОПЕРАЦИОННОЙ БОЛИ

Диагностический термин «послеоперационный синдром позвоночника» наиболее точно описывает возникающие осложнения [7]. Общая частота неудачных оперативных вмешательств на поясничном и шейном отделах позвоночника колеблется от 10 до 46% [8]. Несмотря на совершенствование технологий и хирургических техник, тенденция к росту числа пациентов с послеоперационной болью сохраняется. Основная причина — недостаточный уровень знаний о механизмах ее развития [2]; кроме того, нет точной оценки распространенности конкретных типов и подтипов хронической боли среди прооперированных больных в связи с отсутствием регистра и катamnестических данных. Анализ частоты встречаемости этого состояния проводится после повторных поступлений больного в конкретный стационар в связи с его неудовлетворен-

ностью результатом предыдущего оперативного вмешательства.

Известно, что повторная операция на позвоночнике — вариант лечения с уменьшающейся отдачей. Хотя более 50% первичных операций на позвоночнике успешны, не более 30, 15 и 5% пациентов имеют положительный результат после второй, третьей и четвертой операции соответственно [9, 10]. Субъективная оценка рецидивирующей послеоперационной боли у пациентов после вмешательства на позвоночном столбе отличается от таковой у больных с хроническими заболеваниями мышечного и опорно-двигательного аппарата, которые испытывают более высокий уровень боли при более низком качестве жизни и нарушении физических функций по сравнению со страдающими остеоартрозом, ревматоидным артритом, синдромом комплексной регионарной боли и фибромиалгией [11, 12].

При обсуждении вариантов лечения послеоперационных болей необходимо учитывать и факторы, напрямую зависящие от личности пациента, его реакции на операционное вмешательство, течение послеоперационного периода, удовлетворенность полученным результатом. Неадекватная оценка, нестабильность в сфере психосоциального состояния пациента оказывают существенное негативное влияние на конечный результат его лечения [13]. При прогнозировании неблагоприятных исходов операций на позвоночнике необходимо всегда учитывать морфологические и социальные факторы риска [14]. Согласно литературным данным, худшие результаты были получены у пациентов с длительным болевым синдромом, маскированной соматической депрессией (невывявленной), большой массой тела, с лекарственной, в том числе опиоидной зависимостью, а также у лиц, получающих ранее пенсию по инвалидности в связи со стойкой болью в шее или спине [15–18].

Важными предикторами сохранения боли являются неправильный выбор уровня, метода и объема хирургического вмешательства, число, травматичность и длительность выполненных ранее операций. Одноуровневая декомпрессивная ламинэктомия при неизвестном многоуровневом поражении позвоночника вряд ли облегчит имеющиеся у пациента симптомы. Сходным образом декомпрессивные операции при неучтенных факторах риска вряд ли будут способствовать удовлетворительному исходу [1, 11, 12].

Результатом допущенных при проведении операции на позвоночном столбе ошибок являются

непрекращающиеся боли в одном и том же операционном участке, в том числе возможное появление новых источников боли. Каждая операция может вызвать новую сегментарную нестабильность и боль, связанную, например, с неправильно установленным имплантатом [12]. Анализ 105 случаев лечения поясничного спондилодеза с использованием транспедикулярных винтов показал, что частота послеоперационных осложнений или поломок при установке винтов или имплантатов при повторном вмешательстве составляет 6,5 и 12,0% соответственно, при этом риск развития серьезных неврологических осложнений у этих больных возрастает [19].

Пациенты, подвергнутые спондилодезу в области нескольких позвоночно-двигательных сегментов, подвержены риску потери сагиттального баланса. Кроме того, у пациентов с уменьшенным углом наклона крестца после спондилодеза может наблюдаться лордоз, который будет способствовать нагрузке на крестцово-подвздошные суставы [8].

Образование гематом в эпидуральном или субдуральном пространстве, псевдоменингоцеле, повреждения корешка, присоединение раневой инфекции сразу после операции могут представлять для пациента наибольшую опасность. Измененная биомеханика прооперированного позвоночника после поясничной дискэктомии становится фактором, инициирующим сегментарное напряжение мышц, фасций, возникновение боли после любой механической нагрузки, которая через несколько лет у 36% пациентов имеет все признаки хронической [12, 20].

ЛЕЧЕНИЕ ПОСТОПЕРАЦИОННЫХ БОЛЕЙ

Пациентам с болями в поясничном и шейном отделах позвоночного столба, которым не показано срочное хирургическое вмешательство, рекомендуется лечение, в программу которого входят физиотерапевтические процедуры и прием анальгетиков.

Все нестероидные противовоспалительные препараты превосходят плацебо при купировании не продолжительной боли в поясничном и шейном отделах позвоночного столба [21, 22].

Противосудорожные препараты габапентин (Нейронтин) и прегабалин (Лирика) хорошо зарекомендовали себя в лечении нейропатической боли, в том числе хронической, после операций на позвоночнике [23]. Прегабалин может успешно применяться для профилактики послеоперационной боли до и после хирургического вмешательства [24]. Вместе с тем эффективность применения га-

бапентина и прегабалина при стойкой боли в нижней части спины, корешковых нейропатических болевых синдромах, компрессии седалищного нерва ставится под сомнение [25, 26], к тому же прием габапентина характеризуется высоким риском развития побочных осложнений.

Использование опиоидов при хронической поясничной боли становится также спорным, и в настоящее время рекомендуется только для краткосрочной терапии в течение нескольких недель из-за отсутствия доказательств долгосрочного уменьшения боли при их назначении. Кроме того, все больше данных свидетельствует о значительных рисках, связанных с длительным употреблением опиоидов, включая привыкание, зависимость, передозировку и даже смерть [27].

Положительный результат в виде снижения интенсивности и стойкости боли в ближайшем послеоперационном периоде и после выписки больного из стационара может быть получен при использовании когнитивно-поведенческой терапии.

Физиотерапия является важной частью мультимодального подхода в программе лечения боли не только в стационаре, но и после на всех этапах реабилитации больного [27].

НЕЙРОМОДУЛЯЦИЯ

При стойкой, медикаментозно не купируемой боли электрическая стимуляция спинного мозга по праву считается наиболее эффективной формой малоинвазивного лечения [28]. При сравнительной оценке традиционной медикаментозной терапии со стимуляцией спинного мозга в мультицентровых рандомизированных плацебоконтролируемых исследованиях преимущества использования инновационного подхода были очевидны [29–31]. У прооперированных пациентов, испытывающих корешковые боли в шейном и поясничном отделах, удовлетворенность лечением достигнута в большинстве случаев: помимо уменьшения интенсивности боли, стимуляция спинного мозга оказалась более успешной, чем повторная операция ($p < 0,01$); меньшему числу пациентов потребовалось повторное оперативное вмешательство. Согласно результатам ретроспективного анализа 16 455 пациентов с болями в позвоночном столбе, повторная операция в отсроченном периоде (через 90 дней) давала большее число осложнений, чем имплантация электродов для стимуляции спинного мозга (14,4 против 6,5%) [32].

В клинических испытаниях апробированы различные варианты нейромодуляции, включая взрыв-

ную стимуляцию ганглиев дорсальных корешков и стимуляцию периферических нервов. На основании рандомизированного исследования S. Schu и соавт. [33] можно заключить, что существуют умеренные доказательства положительного влияния взрывной стимуляции в виде снижения выраженности боли, более высокой удовлетворенности пациентов при ее использовании по сравнению с традиционной стимуляцией. Проспективное исследование L. Liem и соавт. [34] свидетельствует, что стимуляция дорсальных корешковых ганглиев в одинаковой степени воздействует при болях в ногах и шее. При лечении возникшего и сохраняющегося болевого синдрома преимущества высокочастотной взрывной стимуляции спинного мозга, по сравнению с низкочастотной, очевидны [35, 36].

Отбор пациентов на имплантацию электродов для стимуляции спинного мозга требует всесторонней оценки, при которой подтверждается, что намеченное повторное хирургическое вмешательство не принесет дополнительной пользы. Альтернативным решением может стать чрескожная электростимуляция. Этот метод активно разрабатывается группой ученых под руководством член-корреспондента РАН Ю.П. Герасименко и имеет очевидные преимущества, поскольку является неинвазивным и не требует установки дорогостоящего нейростимулятора [37]. Метод показал свою результативность в предварительных исследованиях по электростимуляции спинного мозга у больных с нарушениями локомоции после спинальной травмы [38]. Эффективность чрескожной электростимуляции при болевых синдромах в настоящее время изучается.

К другим перспективным технологиям лечения хронической боли относятся малоинвазивные нейрохирургические подходы. Получены положительные результаты при использовании химической и радиочастотной абляции, интрадисковой электротермальной терапии [1], стимуляции периферических нервов [32], антиалгической стимуляции унилатеральных задних корешков и спинальных ганглиев [39], различных современных технологий физиотерапии, в том числе с биологической обратной связью [40].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, подход к лечению послеоперационных болей в шейном и пояснично-крестцовом отделах позвоночного столба должен учитывать не только показания, но и ограничения возможного хирургического вмешательства, различные факторы, ассоциированные с пациентом, которые могут

привести к неблагоприятным исходам, развитию хронического болевого синдрома.

Обязательным является участие компетентной междисциплинарной команды в разработке алгоритма и последовательности лечения таких больных. Взаимодействие между неврологами, нейрохирургами, психологами, физиотерапевтами, нейрофизиологами и другими смежными специалистами имеет важное значение для улучшения результатов лечения, предотвращения трансформации послеоперационной боли в хроническую.

Стимуляция спинного мозга является наиболее предпочтительным вариантом ее лечения при отсутствии хирургической альтернативы. Применение современных малоинвазивных технологий лечения боли, возникшей при структурной патологии на шейном и поясничном уровне позвоночника, позволяет снизить число случаев инвалидизации и существенно повысить качество жизни прооперированных больных.

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ / ADDITIONAL INFORMATION

Вклад авторов. *A.A. Solx Mохаммед* — подбор литературы, написание обзора; *V.V. Белопасов* — концепция обзора, анализ литературы, написание и редактирование рукописи. Авторы подтверждают соответствие своего авторства международным критериям ICMJE (все авторы внесли существенный вклад в разработку концепции, проведение исследования и подготовку статьи, прочли и одобрили финальную версию перед публикацией).

Author contribution. *A.A. Solx Mohammed* — search and analytical work, manuscript writing; *V.V. Belopasov* — concept of the review, literature analysis, manuscript writing and editing. The authors made a substantial contribution to the conception of the work, acquisition, analysis, interpretation of data for the work, drafting and revising the work, final approval of the version to be published and agree to be accountable for all aspects of the work.

Источник финансирования. Авторы заявляют об отсутствии внешнего финансирования при проведении поисково-аналитической работы.

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

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

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

ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES

1. Яриков А.В., Денисов А.А., Докиш М.Ю., и др. Минимално-инвазивные методы лечения дискогенной боли и фасеточного синдрома в поясничном отделе позвоночника: обзор литературы и собственный опыт // *Клиническая практика*. 2019. Т. 10, № 3. С. 61–71. [Yarikov AV, Denisov AA, Dokish MYu, et al. Minimally invasive methods of treatment of discogenic pain and facet syndrome in the lumbar spine: literature review and own experience. *Journal of Clinical Practice*. 2019;10(3):61–71. (In Russ).] doi: 10.17816/clinpract10361-71
2. Подчуфарова Е.В. Боль в спине: доказательная медицина и клиническая практика // *Трудный пациент*. 2010. Т. 8, № 3. С. 18–24. [Podchufarova EV. Back pain evidence-based medicine and clinical practice. *Difficult patient*. 2010;8(3):18–24. (In Russ).]
3. Maldonado-Naranjo AL, Golubovsky JL, Frizon LA, et al. The role of additional spine surgery in the management of failed back surgery syndrome, complex regional pain syndrome, and intractable pain in the setting of previous or concurrent spinal cord stimulation: Indications and outcomes. *World Neurosurg*. 2019;125:e416–e423. doi: 10.1016/j.wneu.2019.01.091
4. Mons MR, Edelbroek C, Zuidema X, et al. Study protocol: Effects of active versus passive recharge burst spinal cord stimulation on pain experience in persistent spinal pain syndrome type 2: A multicentre randomized trial (BURST-RAP study). *Trials*. 2022;23(1):749. doi: 10.1186/s13063-022-06637-7
5. Diebels OR, Baheri B, Gios J, et al. The importance of initial epidurography prior to any drug administration in three-day adhesiolysis procedure. *Int Med Case Rep J*. 2022;15:615–620. doi: 10.2147/IMCRJ.S370185
6. ICD-11 for Mortality and Morbidity Statistics (Version: 01/2023) [Internet]. Режим доступа: <https://icd.who.int/browse11/l-m/en>. Дата обращения: 15.12.2022.
7. Hamm-Faber TE, Gültuna I, van Gorp EJ, Aukes H. High-dose spinal cord stimulation for treatment of chronic low back pain and leg pain in patients with FBSS, 12-month results: A prospective pilot study. *Neuromodulation*. 2020;23(1):118–125. doi: 10.1111/ner.12940
8. Kurt E, Noordhof RK, van Dongen R, et al. Spinal cord stimulation in failed back surgery syndrome: An integrative review of quantitative and qualitative studies. *Neuromodulation*. 2022;25(5):657–670. doi: 10.1016/j.neurom.2021.11.013
9. Daniell JR, Osti OL. Failed back surgery syndrome: A review article. *Asian Spine J*. 2018;12(2):372–379. doi: 10.4184/asj.2018.12.2.372
10. Brickman B, Tanios M, Patel D, Elgafy H. Clinical presentation and surgical anatomy of sympathetic nerve injury during lumbar spine surgery: a narrative review. *J Spine Surg*. 2022;8(2):276–287. doi: 10.21037/jss-22-2
11. Радченко В.А., Продан А.И., Рябов О.В. Осложнения микродискэктомии при поясничном остеохондрозе // *Ортопедия, травматология и протезирование*. 2003. № 2. С. 12–15. [Radchenko VA, Prodan AI, Ryabov OV. Complications of microdiscectomy in lumbar osteochondrosis. *Orthopaedics, Traumatology and Prosthetics*. 2003;(2):12–15. (In Russ).]
12. Ricciardi L, Piazza A, Capobianco M, et al. Lumbar interbody fusion using oblique (OLIF) and lateral (LLIF) approaches for degenerative spine disorders: A meta-analysis of the comparative studies. *Eur J Orthop Surg Traumatol*. 2023;33(1):1–7. doi: 10.1007/s00590-021-03172-0
13. Кушнаренко Т.И. Психорелаксационная терапия у больных с болевым синдромом после операции на межпозвоноковых дисках: Автореф. дис. ... канд. мед. наук. Москва, 2011. 31 с. [Kushnarenko TI. Psychorelaxation therapy in patients with pain syndrome gackt intervertebral disc surgery [dissertation abstract]. Moscow: 2011. 31 p. (In Russ).]
14. Falowski SM, Moore GA, Cornidez EG, et al. Improved psychosocial and functional outcomes and reduced opioid usage following burst spinal cord stimulation. *Neuromodulation*. 2021;24(3):581–590. doi: 10.1111/ner.13226
15. Head J, Mazza J, Sabourin V, et al. Waves of pain relief: A systematic review of clinical trials in spinal cord stimulation waveforms for the treatment of chronic neuropathic low back and leg pain. *World Neurosurg*. 2019;131:264–274.e3. doi: 10.1016/j.wneu.2019.07.167
16. Jabłońska R, Ślusarz R, Królikowska A, et al. Depression, social factors, and pain perception before and after surgery for lumbar and cervical degenerative vertebral disc disease. *J Pain Res*. 2017;10:89–99. doi: 10.2147/JPR.S121328
17. Amirdelfan K, Webster L, Poree L, et al. Treatment options for failed back surgery syndrome patients with refractory chronic pain: An evidence based approach. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2017; 42 Suppl 14:S41–S52. doi: 10.1097/BRS.0000000000002217
18. Costelloe C, Burns S, Yong RJ, et al. An analysis of predictors of persistent postoperative pain in spine surgery. *Curr Pain Headache Rep*. 2020;24(4):11. doi: 10.1007/s11916-020-0842-5
19. Manchikanti L, Knezevic NN, Sanapati SP, et al. Is percutaneous adhesiolysis effective in managing chronic low back and lower extremity pain in post-surgery syndrome: A systematic review and meta-analysis. *Curr Pain Headache Rep*. 2020;24(6):30. doi: 10.1007/s11916-020-00862-y
20. Edinoff AN, Kaufman S, Alpaugh ES, et al. Burst spinal cord stimulation in the management of chronic pain: Current perspectives. *Anesth Pain Med*. 2022;12(2):e126416. doi: 10.5812/aapm-126416
21. Saragiotto BT, Machado GC, Ferreira ML, et al. Paracetamol for low back pain. *Cochrane Database Syst Rev*. 2016;2016(6):CD012230. doi: 10.1002/14651858.CD012230
22. Enthoven WT, Roelofs PD, Deyo RA, et al. Non-steroidal anti-inflammatory drugs for chronic low back pain. *Cochrane Database Syst Rev*. 2016;2(2):CD012087. doi: 10.1002/14651858.CD012087
23. Fu JL, Perloff MD. Pharmacotherapy for spine-related pain in older adults. *Drugs Aging*. 2022;39(7):523–550. doi: 10.1007/s40266-022-00946-x
24. Bala R, Kaur J, Sharma J, Singh R. Comparative evaluation of pregabalin and clonidine as preemptive analgesics for the attenuation of postoperative pain following thoracolumbar spine surgery. *Asian Spine J*. 2019;13(6):967–975. doi: 10.31616/asj.2019.0031
25. Enke O, New HA, New CH, et al. Anticonvulsants in the treatment of low back pain and lumbar radicular pain: A systematic review and meta-analysis. *CMAJ*. 2018;190(26):E786–E793. doi: 10.1503/cmaj.171333
26. Giménez-Campos MS, Pimenta-Fermisson-Ramos P, Díaz-Cambronero JL, et al. A systematic review and meta-analysis of the effectiveness and adverse events of gabapentin and pregabalin for sciatica pain. *Aten Primaria*. 2022;54(1):102144. doi: 10.1016/j.aprim.2021.102144
27. Waelkens P, Alsabbagh E, Sauter A, et al.; PROSPECT Working group of the European Society of Regional Anaesthesia and Pain therapy (ESRA). Pain management after complex spine surgery: A systematic review and procedure-specific postoperative pain management recommendations. *Eur J Anaesthesiol*. 2021;38(9):985–994. doi: 10.1097/EJA.0000000000001448
28. Odonkor C, Kwak R, Ting K, et al. Fantastic four: Age, spinal cord stimulator waveform, pain localization and history of spine surgery influence the odds of successful spinal cord stimulator trial. *Pain Physician*. 2020;23(1):E19–E30.
29. Kumar K, Taylor RS, Jacques L, et al. Spinal cord stimulation versus conventional medical management for neuropathic pain: A multicentre randomised controlled trial in patients with failed back surgery syndrome. *Pain*. 2007;132(1-2):179–188. doi: 10.1016/j.pain.2007.07.028
30. Aryal V, Poudel S, Zulfiqar F, et al. Updates on the role of spinal cord stimulation in the management of non-surgical chronic lower back pain. *Cureus*. 2021;13(10):e18928. doi: 10.7759/cureus.18928
31. Hamm-Faber TE, Aukes H, van Gorp EJ, Gültuna I. Subcutaneous stimulation as an additional therapy to spinal cord stimulation for the treatment of low back pain and leg pain in failed back surgery syndrome: Four-year follow-up. *Neuromodulation*. 2015;18(7):618–622; discussion 622. doi: 10.1111/ner.12309

32. Van Gorp EJ, Teernstra O, Aukes HJ, et al. Long-term effect of peripheral nerve field stimulation as add-on therapy to spinal cord stimulation to treat low back pain in failed back surgery syndrome patients: A 12-month follow-up of a randomized controlled study. *Neuromodulation*. 2019;22(8):970–977. doi: 10.1111/ner.12776
33. Schu S, Slotty PJ, Bara G, et al. A prospective, randomised, double-blind, placebo-controlled study to examine the effectiveness of burst spinal cord stimulation patterns for the treatment of failed back surgery syndrome. *Neuromodulation*. 2014;17(5):443–450. doi: 10.1111/ner.12197
34. Liem L, Russo M, Huygen FJ, et al. A multicenter, prospective trial to assess the safety and performance of the spinal modulation dorsal root ganglion neurostimulator system in the treatment of chronic pain. *Neuromodulation*. 2013;16(5):471–482; discussion 482. doi: 10.1111/ner.12072
35. Morales A, Yong RJ, Kaye AD, Urman RD. Spinal cord stimulation: comparing traditional low-frequency tonic waveforms to novel high frequency and burst stimulation for the treatment of chronic low back pain. *Curr Pain Headache Rep*. 2019;23(4):25. doi: 10.1007/s11916-019-0763-3
36. Deer TR, Falowski SM, Moore GA, et al. Passive recharge burst spinal cord stimulation provides sustainable improvements in pain and psychosocial function: 2-year Results From the TRIUMPH Study. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2022;47(7):548–556. doi: 10.1097/BRS.0000000000004283
37. Siu R, Brown EH, Mesbah S, et al. Novel noninvasive spinal neuromodulation strategy facilitates recovery of stepping after motor complete paraplegia. *J Clin Med*. 2022;11(13):3670. doi: 10.3390/jcm11133670
38. Gill ML, Grahn PJ, Calvert JS, et al. Neuromodulation of lumbosacral spinal networks enables independent stepping after complete paraplegia. *Nat Med*. 2018;24(11):1677–1682. doi: 10.1038/s41591-018-0175-7
39. Kinfe TM, Asif M, Chakravarthy KV, et al. Unilateral L4-dorsal root ganglion stimulation evokes pain relief in chronic neuropathic postsurgical knee pain and changes of inflammatory markers: part II whole transcriptome profiling. *J Transl Med*. 2019;17(1):205. doi: 10.1186/s12967-019-1952-x
40. Peng MS, Wang R, Wang YZ, et al. Efficacy of therapeutic aquatic exercise vs physical therapy modalities for patients with chronic low back pain: a randomized clinical trial. *JAMA Netw Open*. 2022;5(1):e2142069. doi: 10.1001/jamanetworkopen.2021.42069

ОБ АВТОРАХ

Автор, ответственный за переписку:

Солх Мохаммед Ахмед Али, аспирант;
адрес: Россия, 414000, Астрахань, ул. Бакинская, д. 121;
e-mail: solhmohammed02@gmail.com;
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4122-5113>

Соавторы:

Белопасов Владимир Викторович, д.м.н., профессор;
e-mail: belopasov@yandex.ru; eLibrary SPIN: 6098-1321;
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0458-0703>

AUTHORS' INFO

The author responsible for the correspondence:

Solh Mohammed Ahmed Ali, Graduate Student;
address: 121 Bakinskaya street, 414000 Astrakhan, Russia;
e-mail: solhmohammed02@gmail.com;
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4122-5113>

Co-authors:

Vladimir V. Belopasov, MD, PhD, Professor;
e-mail: belopasov@yandex.ru; eLibrary SPIN: 6098-1321;
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0458-0703>