



КУРСЫ ЭЛЕКТРОСТИМУЛЯЦИИ ПРИ ПАРАЛИЧЕ СЕДАЛИЩНОГО НЕРВА ВСЛЕДСТВИЕ ПЕРЕЛОМОВ КОСТЕЙ ТАЗА

И. А. Мещерягина

Федеральное государственное бюджетное учреждение «Национальный медицинский исследовательский центр травматологии и ортопедии имени академика Г. А. Илизарова»
Министерства здравоохранения Российской Федерации, г. Курган

РЕЗЮМЕ. До настоящего времени полностью не решен вопрос нейрореабилитации пациентов с нейропатиями седалищного нерва, возникающими вследствие перелома костей таза. Одним из решений данной проблемы является проведение курса электростимуляции по имплантированным электродам.

ЦЕЛЬ ИССЛЕДОВАНИЯ: разработать и обосновать показания для проведения курса электростимуляции у пациентов с параличом седалищного нерва при травме костей таза.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ: ФГБУ «НМИЦ ТО имени академика Г. А. Илизарова» Минздрава России выполнено малоинвазивное оперативное вмешательство 26 пациентам. В зависимости от первоначального неврологического дефицита, связанного с повреждением седалищного нерва преимущественно малоберцовой порции, проведено от 1 до 6 курсов электростимуляции, проанализированы 55 имплантаций одноканальных электродов. Оценена динамика восстановления функции седалищного нерва у пациентов с последствиями травм вертлужной впадины.

РЕЗУЛЬТАТЫ. При сравнении результатов лечения в зависимости от пола, не удалось установить статистически значимых различий ($p = 0,056$). При увеличении силы мышц на 1 балл следует ожидать уменьшение возраста пациента на $3,4 \pm 0,5$ года и увеличения количества госпитализаций на 0,6 раз, полученная модель объясняет 10,5 % наблюдаемых различий в популяции. В зависимости от начала лечения «до курса электростимуляции» увеличение силы мышц на 1 балл следует ожидать увеличение «после курса электростимуляции» в 84,4 % случаев.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ. При отсутствии показаний к ревизионным вмешательствам, направленным на декомпрессию седалищного нерва, следует отдать предпочтение проведению курса прямой эпидуральной электростимуляции по имплантированным одноканальным электродам.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: перелом костей таза, паралич седалищный нерв, эпидуральная электростимуляция.

Для цитирования: Мещерягина И. А. Курсы электростимуляции при параличе седалищного нерва вследствие переломов костей таза. Российский нейрохирургический журнал им. проф. А. Л. Поленова. 2022; 14(2):92–97

COURSES OF ELECTRICAL STIMULATION FOR PARALYSIS OF THE SCIATIC NERVE DUE TO PELVIC FRACTURES

I. A. Mescheryagina

Federal State Budgetary Institution “National Medical Research Center for Traumatology and Orthopedics named after Academician G. A. Ilizarov” of the Ministry of Health of the Russian Federation, Kurgan

SUMMARY. To date, the issue of neurorehabilitation of patients with neuropathies of the sciatic nerve resulting from a fracture of the pelvic bones has not been completely resolved. One of the solutions to this problem is to conduct a course of electrical stimulation using implanted electrodes.

PURPOSE OF THE STUDY: to develop and substantiate the indications for conducting a course of electrical stimulation in patients with sciatic nerve palsy due to trauma to the pelvic bones.

MATERIAL AND METHODS: Minimally invasive surgery was performed on 26 patients. Depending on the initial neurological deficit associated with damage to the sciatic nerve, predominantly of the peroneal portion, from 1 to 6 courses of electrical stimulation were performed, 55 implantations of single-channel electrodes were analyzed. The dynamics of recovery of the sciatic nerve function in patients with the consequences of acetabular trauma was assessed.

RESULTS. When comparing the results of treatment depending on gender, it was not possible to establish statistically significant differences ($p = 0.056$). With an increase in muscle strength by 1 point, a decrease in the patient's age by 3.4 ± 0.5 years and an increase in the number of hospitalizations by 0.6 times should be expected, the resulting model explains 10.5 % of the observed differences in the population. Depending on the start of treatment “before the course of electrical stimulation”, an increase in muscle strength by 1 point should be expected to increase “after the course of electrical stimulation” in 84.4 % of cases.

CONCLUSION. In the absence of indications for revision interventions aimed at decompression of the sciatic nerve, a course of direct epidural electrical stimulation using implanted single-channel electrodes should be preferred.

KEYWORDS: pelvic fracture, sciatic nerve palsy, epidural electrical stimulation

For citation: Meshcheryagina I. A. Courses of electrical stimulation for paralysis of the sciatic nerve due to fractures of the pelvic bones. *Rossiiskii neirokhirurgicheskii zhurnal imeni professora A. L. Polenova.* 2022;14(2):92–97

Актуальность. За последние десятилетия сохраняется неуклонное увеличение частоты дорожно-транспортных аварий, травматизма на производстве, бытового травматизма, несчастных случаев и стихийных бедствий. Травматические повреждения нервных стволов конечностей встречаются преимущественно в молодом возрасте, что приводит к огромной социальной проблеме, составляя, примерно половину от всех заболеваний периферической нервной системы человека и занимает 1-е место по степени утраты трудоспособности [1].

Особое место занимают параличи седалищного нерва при переломах костей таза и бедра [2, 3] и относится к наиболее сложным в лечении осложнениям. Причиной пареза является компрессия седалищного нерва рубцами и спайками, гематомой, а также сдавлением между отломками костных фрагментов [4]. Частота повреждений седалищного нерва вследствие перелома вертлужной впадины колеблется в пределах 10–20 % и возрастает до 40 % при нестабильном вертикальном смещении костей в заднем полукольце [5, 6, 7, 8, 9].

Нарушение функции седалищного нерва на фоне тяжелого состояния больного, особенно у пациентов находящихся на ИВЛ, часто распознаётся не сразу, а спустя 1–2 месяца после травмы. При повреждении в тазовой локализации страдает функция седалищного нерва его малоберцовая и большеберцовая порции, в следствии аксонотмезиса или нейропраксии [10].

Доля повреждений седалищного нерва возрастает особенно в сочетании с задним вывихом бедра и в 35 % случаев при смещении задней колонны вертлужной впадины. До настоящего времени при тяжелых поражениях седалищного нерва не отмечается его полного восстановления [11].

Восстановление занимает длительный период до 2 и более лет [12, 13], что связано не только с точной репозицией костных фрагментов [14] и декомпрессией нервного ствола, отдельные повреждения нервов восстанавливаются спонтанно, а в некоторых случаях хирургическое вмешательство является единственным вариантом для улучшения неврологического дефицита, уменьшения невропатической боли [15].

В связи с этим следует рассматривать варианты нейрореабилитации. Прямыми показаниями к ревизионным вмешательствам является полное анатомическое повреждение или грубое компрессионное сдавление седалищного нерва, в остальных случаях нами разработана и применяется прямая эпидуральная электростимуляция по имплантированным одноканальным электродам.

Материал и методы: ФГБУ «НМИЦ ТО имени академика Г. А. Илизарова» Минздрава России проведено малоинвазивное оперативное вмешательство, выполнено 55 имплантаций одноканальных электродов у 26 больных с неврологическим дефицитом седалищного нерва преимущественно малоберцовой порции. Проведен анализ динамики восстановления неврологического дефицита у пациентов с последствиями травм вертлужной впадины.

В статью не вошли пациенты, требующие ревизионного оперативного вмешательства, направленного на декомпрессию седалищного нерва с целью устранения всех факторов, приводящих к сдавливанию нервного ствола, в том числе элементами металлоконструкции. Всем больным изучаемой группы проведен курс электростимуляции по имплантированным электродам. Предпочтение отдано комбинированной имплантации эпидуральных и эпинеуральных электродов.

Описание методов статистического анализа. Статистический анализ проводился с использованием программы StatTech v. 2.6.2 (разработчик — ООО «Статтех», Россия).

Количественные показатели оценивались на предмет соответствия нормальному распределению с помощью критерия Шапиро-Уилка (при числе исследуемых менее 50) или критерия Колмогорова-Смирнова (при числе исследуемых более 50). Количественные показатели, имеющие нормальное распределение, описывались с помощью средних арифметических величин (M) и стандартных отклонений (SD), границ 95 % доверительного интервала (95 % ДИ). В случае отсутствия нормального распределения количественные данные описывались с помощью медианы (Me) и нижнего и верхнего квартилей (Q1 — Q3). Категориальные данные описывались с указанием абсолютных значений и процентных долей. Сравнение двух групп по количественному показателю, распределение которого отличалось от нормального, выполнялось с помощью U-критерия Манна-Уитни. Сравнение трех и более групп по количественному показателю, распределение которого отличалось от нормального, выполнялось с помощью критерия Краскела-Уоллиса, апостериорные сравнения — с помощью критерия Данна с поправкой Холма. Направление и теснота корреляционной связи между двумя количественными показателями оценивались с помощью коэффициента ранговой корреляции Спирмена (при распределении показателей, отличном от нормального). Прогностическая модель, характеризующая зависимость количественной переменной от факторов, разрабатывалась с помощью метода линейной регрессии.

Таблица 1. Описательная статистика количественных переменных.

Table 1. Descriptive statistics of quantitative variables.

| Показатели | M±SD / Me | 95 % ДИ / Q ₁ -Q ₃ | n | min | max |
|--|-------------|--|----|------|------|
| порядковый номер госпитализации, Me (раз) | 2 | 1–3 | 55 | 1 | 6 |
| количество госпитализаций, Me (раз) | 3 | 2–5 | 55 | 1 | 6 |
| возраст, Me (лет) | 36 | 27–44 | 55 | 19 | 59 |
| промежуток между операциями на костях таза и имплантацией электродов, M±SD (месяц) | 13,55±11,26 | 10,5–16,59 | 55 | 0,25 | 43,0 |
| до курса электростимуляции, Me (баллы) | 1,0 | 0,25–1,5 | 55 | 0,0 | 4,5 |
| после курса электростимуляции, Me (баллы) | 1,0 | 0,5–2,0 | 55 | 0,0 | 5,0 |

Таблица 2. Описательная статистика категориальных переменных.

Table 2. Descriptive statistics of categorical variables.

| Показатели | Категории | Абс. | % |
|-----------------------|---|------|------|
| пол | женский | 14 | 25,5 |
| | мужской | 41 | 74,5 |
| сторонность | слева | 28 | 50,9 |
| | справа | 27 | 49,1 |
| Полное восстановление | Без динамики | 10 | 18,2 |
| | Динамика минимальна (тракционное повреждение) | 1 | 1,8 |
| | Динамика минимальна (краш-синдром) | 6 | 10,9 |
| | Уменьшение боли в ноге | 1 | 1,8 |
| | Практически полное восстановление | 7 | 12,7 |
| | Слабоположительная динамика за 3 недели | 1 | 1,8 |
| | Слабоположительная динамика за 7 месяцев | 4 | 7,3 |
| | Хорошее восстановление | 3 | 5,5 |
| | Частичное восстановление | 19 | 34,5 |
| | Через 3 месяца госпитализация к ортопедам — ограничена тыльная флексия стопы. | 1 | 1,8 |

Был выполнен анализ «до курса электростимуляции» в зависимости от пола. При сравнении показателей силы мышц «до курса электростимуляции» в зависимости от пола, не удалось установить статистически значимых различий ($p = 0,056$) (используемый метод: *U*-критерий Манна–Уитни).

Таблица 3. Анализ «до курса электростимуляции» в зависимости от пола.

Table 3. Analysis «before the course of electrical stimulation» depending on gender.

| Показатель | Категории | до курса электростимуляции (баллы) | | | p |
|------------|-----------|------------------------------------|--------------------------------|----|-------|
| | | Me | Q ₁ -Q ₃ | n | |
| пол | женский | 1,25 | 0,62–2,0 | 14 | 0,056 |
| | мужской | 1,00 | 0,0–1,0 | 41 | |

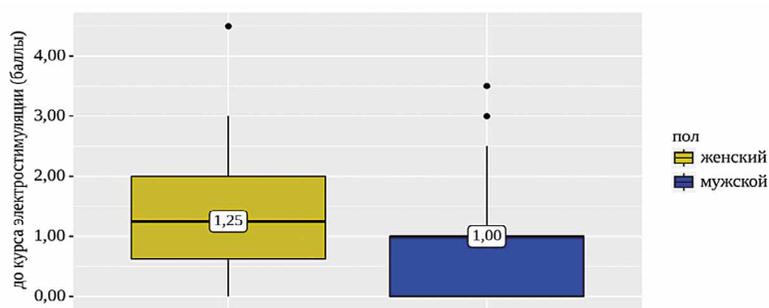


Рисунок 1. Анализ «до курса электростимуляции» в зависимости от пола.

Figure 1. Analysis «before the course of electrical stimulation» depending on gender.

Нами был проведен корреляционный анализ взаимосвязи «до курса электростимуляции» и количества госпитализаций.

Таблица 4. Результаты корреляционного анализа взаимосвязи «до курса электростимуляции» и количества госпитализаций.

Table 4. The results of the correlation analysis of the relationship «before the course of electrical stimulation» and the number of hospitalizations.

| Показатель | Характеристика корреляционной связи | | |
|--|-------------------------------------|--------------------------------|--------|
| | ρ | Теснота связи по шкале Чеддока | p |
| до курса электростимуляции — количество госпитализаций | 0,341 | Умеренная | 0,011* |

* различия показателей статистически значимы ($p < 0,05$).

Наблюдаемая зависимость количества госпитализаций от «до курса электростимуляции» описывается уравнением парной линейной регрессии:

$$Y_{\text{количество госпитализаций}} = 0,595 \times X_{\text{до курса электростимуляции}} + 2,602$$

При увеличении силы мышц «до курса электростимуляции» на 1 балл следует ожидать увеличение количества госпитализаций на 0,6 раз. Полученная модель объясняет 10,5 % наблюдаемой дисперсии количества госпитализаций.

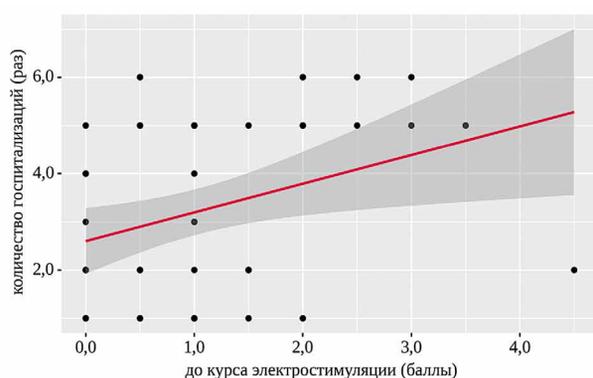


Рисунок 2. График регрессионной функции, характеризующий зависимость количества госпитализаций от «до курса электростимуляции».

Figure 2. Graph of the regression function that characterizes the dependence of the number of hospitalizations from «before the course of electrical stimulation».

Был выполнен корреляционный анализ взаимосвязи «до курса электростимуляции» и возраста.

Таблица 5. Результаты корреляционного анализа взаимосвязи «до курса электростимуляции» и возраста.

Table 5. The results of the correlation analysis of the relationship «before the course of electrical stimulation» and age.

| Показатель | Характеристика корреляционной связи | | |
|--------------------------------------|-------------------------------------|--------------------------------|--------|
| | ρ | Теснота связи по шкале Чеддока | p |
| до курса электростимуляции — возраст | -0,379 | Умеренная | 0,005* |

* различия показателей статистически значимы ($p < 0,05$).

Наблюдаемая зависимость возраста от «до курса электростимуляции» описывается уравнением парной линейной регрессии:

$$Y_{\text{возраст}} = -3,454 \times X_{\text{до курса электростимуляции}} + 39,479$$

При увеличении силы мышц «до курса электростимуляции» на 1 балл следует ожидать уменьшение возраста на $3,4 \pm 0,5$ года. Полученная модель объясняет 12,2 % наблюдаемой дисперсии возраста.

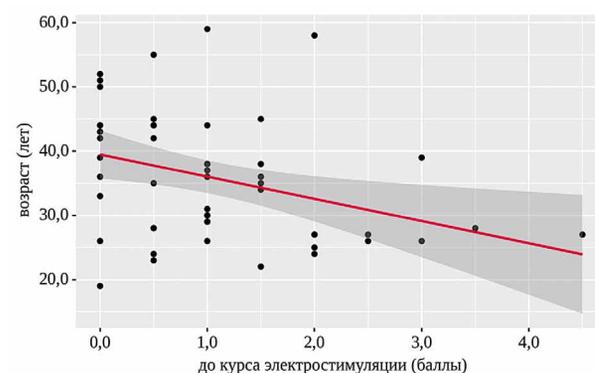


Рисунок 3. График регрессионной функции, характеризующий зависимость возраста от «до курса электростимуляции».

Figure 3. Graph of the regression function, characterizing the dependence of age on «before the course of electrical stimulation».

Был проведен корреляционный анализ взаимосвязи «до курса электростимуляции» и промежутка между операцией и имплантацией электрода.

Таблица 6. Результаты корреляционного анализа взаимосвязи «до курса электростимуляции» и промежутка между операцией и имплантацией электрода. Table 6. The results of the correlation analysis of the relationship «before the course of electrical stimulation» and the interval between the operation and implantation of the electrode.

| Показатель | Характеристика корреляционной связи | | |
|---|-------------------------------------|--------------------------------|--------|
| | ρ | Теснота связи по шкале Чеддока | p |
| до курса электростимуляции — промежуток между операциями на костях таза и имплантацией электродов | 0,357 | Умеренная | 0,007* |

* различия показателей статистически значимы ($p < 0,05$).

Наблюдаемая зависимость промежутка между операциями и имплантацией электрода от «до курса электростимуляции» описывается уравнением парной линейной регрессии:

$$Y_{\text{промежуток между операциями на костях таза и имплантацией электродов}} = 3,865 \times X_{\text{до курса электростимуляции}} + 9,54$$

При увеличении силы мышц «до курса электростимуляции» на 1 балл следует ожидать увеличение промежутка между операцией и имплантацией электрода на $3,8 \pm 0,3$ месяца. Полученная модель объясняет 11,8 % наблюдаемой дисперсии промежутка между операцией и имплантацией электрода.

Был проведен корреляционный анализ взаимосвязи «до курса электростимуляции» и «после курса электростимуляции».

Таблица 7. Результаты корреляционного анализа взаимосвязи «до курса электростимуляции» и «после курса электростимуляции». Table 7. The results of the correlation analysis of the relationship «before the course of electrical stimulation» and «after the course of electrical stimulation».

| Показатель | Характеристика корреляционной связи | | |
|--|-------------------------------------|--------------------------------|----------|
| | ρ | Теснота связи по шкале Чеддока | p |
| до курса электростимуляции — после курса электростимуляции | 0,901 | Весьма высокая | < 0,001* |

* различия показателей статистически значимы ($p < 0,05$).

Наблюдаемая зависимость «после курса электростимуляции» от «до курса электростимуляции» описывается уравнением парной линейной регрессии:

$$Y_{\text{после курса электростимуляции}} = 1,084 \times X_{\text{до курса электростимуляции}} + 0,286$$

При увеличении силы мышц в зависимости от начала лечения «до курса электростимуляции» на 1 балл следует ожидать увеличение «после курса электростимуляции» на 1,08 балла. Полученная модель объясняет 84,4 % наблюдаемой дисперсии после курса электростимуляции.

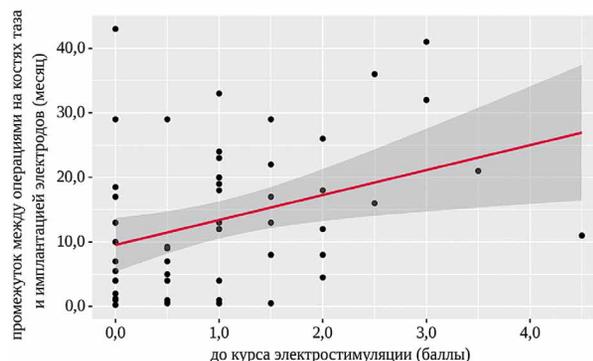


Рисунок 4. График регрессионной функции, характеризующий зависимость промежутка между операцией и имплантацией электрода от «до курса электростимуляции». Figure 4. Graph of the regression function, characterizing the dependence of the interval between the operation and implantation of the electrode from «to the course of electrical stimulation».

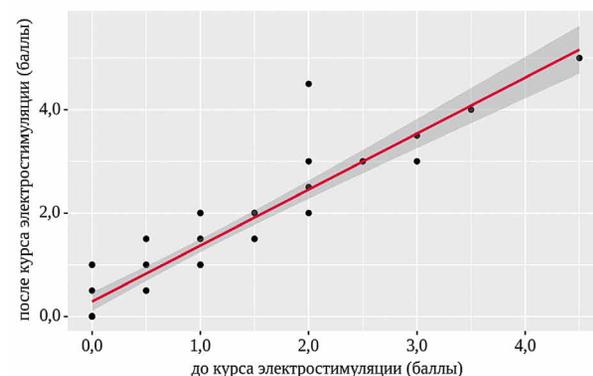


Рисунок 5. График регрессионной функции, характеризующий зависимость «после курса электростимуляции» от «до курса электростимуляции». Figure 5. Graph of the regression function, characterizing the dependence «after the course of electrical stimulation» from «before the course of electrical stimulation».

Заключение. Обоснованием для применения эпидуральной электростимуляции является возможность перекрытия клинически-значимого сегмента, согласно топографическим функциональным особенностям. Проведена оценка соотношения рисков и пользы, а также впервые разработаны и одобрены протоколы ведения пациентов с последствиями травм нервных стволов, а также другой документацией, связанной с проведением клинических исследований. Работа опирается на современные разработки в области диагностики и лечения пациентов с нейропатиями, сопоставляет полученные результаты с дан-

ными, опубликованными в современной мировой литературе. Исследование направлено на расширение возможностей различных вариантов и сочетаний эпинеуральной и эпидуральной электростимуляции, дополнительных методов лечения патологии периферических нервов и сплетений для оценки показателей восстановления функций нервов, совершенствование подходов реабилитации в лечении больных разных возрастных групп. Проведен обобщающий анализ полученных данных проблеме исследования. Изучена эффективность электростимуляции, полученные результаты можно отнести к приводящим к улучшению качества жизни пациента, в том числе к выздоровлению и снижению осложнений, сокращению сроков восстановления, улучшению качества социальной адаптации. Данное исследование отнесено II классу, относящемуся к хорошо спланированному открытому клиническому исследованию, которое при известной доле критичности результатов этого испытания могут применяться в клинической практике.

Конфликт интересов. Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов. **Conflict of interest.** The author declares no conflict of interest.

Финансирование. Исследование проведено без спонсорской поддержки. **Financing.** The study was performed without external funding.

Соблюдение прав пациентов и правил биоэтики: Все пациенты подписали информированное согласие на участие в исследовании. **Compliance with patient rights and principles of bioethics.** All patients gave written informed consent to participate in the study.

ORCID автора / ORCID of author:

Мещерягина Иванна Александровна/
Meshcheryagina Ivanna Alexandrovna
<https://orcid.org/0000-0001-9363-5109>

Литература/References

1. Маргасов А. В. Актуальные проблемы травмы периферических нервов // РМЖ. 2018 № 12(1) стр. 21–24. [Margasov A. V. Actual problems of peripheral nerve injuries // RMJ. 2018. № 12(1). P. 21–24. (In Russ.)] https://www.rmj.ru/articles/nevrologiya/Aktualnyye_problemy_travmy_perifericheskikh_nervov/#ixzz7W0o2lj5O
2. Варсегова Татьяна Николаевна Патогистологические изменения седалищного нерва при сочетанных травмах таза и бедра в эксперименте // Известия ОГАУ. 2012. № 1–1. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/patogistologicheskie-izmeneniya-sedalischnogo-nervapri-sochetannyh-travmah-taza-i-bedra-v-eksperimente>
3. Management and outcomes in 353 surgically treated sciatic nerve lesions / D. H. Kim, J. A. Murovic, R. Tiel, D. G. Kline // J. Neurosurg. 2004. Jul. 101 (1). P. 8–17. DOI: 10.3171/jns.2004.101.1.0008
4. Дятлов М. М. Повреждения магистральных нервов таза (обзор литературы). Проблемы здоровья и экологии. 2005;(4):44–49. [Dyatlov M. M. Affection of great nerves of pelvis (literature review). Health and Ecology Issues. 2005;(4):44–49. (In Russ.)] <https://journal.gsmu.by/jour/article/view/378/378>
5. Henderson R. C. The long-term results of nonoperatively treated major pelvic disruptions // J Orthop Trauma. 1989;3(1):41–7. doi: 10.1097/00005131-198903010-00008.
6. Huittinen V.M., Slätis P. Fractures of the pelvis: Trauma mechanism, types of injury and principles of treatment // Acta Chir Scand. 1972;138(6):563–9.
7. Pohlemann T., Bosch U., Gansslen A., Tscherne H. The Hannover experience in management of pelvic fractures // Clin Orthop Relat Res. 1994 Aug;(305):69–80.
8. Fassler P.R., Swiontkowski M. F., Kilroy A. W., Roult M. L. and Tennessee N. Injury of the Sciatic Nerve Associated with Acetabular Fracture // J Bone Joint Surg Am. 1993 Aug;75(8):1157–66. doi: 10.2106/00004623-199308000-00005.
9. Connolly J.F. and Yao J. Central fracturedislocation of the hip with sciatic nerve injury // Nebr Med J. 1986 Feb;71(2):42–4.
10. Антонов Н. И., Варсегова Т. Н. Морфологические изменения седалищного нерва собак в эксперименте при моделировании переломов седалищной кости и их лечении консервативным и оперативным методами // Ветеринарная патология. 2008. № 4. С. 8–14. [Antonov N. I., Varsegova T. N. Morphological changes in the sciatic nerve of dogs in the experiment in modeling ischial fractures and their treatment by conservative and surgical methods. Veterinary Pathology. 2008. No. 4. S. 8–14. (in Russ.)] <https://ur.booksc.eu/book/36440993/6a220e>
11. Jacob J. R., Rao J. P. and Ciccarelli C. Traumatic dislocation and fracture dislocation of the hip. A long-term follow-up study // Clin Orthop Relat Res. 1987 Jan;(214):249–63.
12. Denis F., Davis S., Comfort T. Sacral fractures: An important problem. Retrospective analysis of 236 cases // Clin Orthop Relat Res. 1988 Feb;227:67–81.
13. Majeed S.A. Neurologic deficits in major pelvic injuries // Clin Orthop Relat Res. 1992 Sep;(282):222–8.
14. Reilly M. C., Zinar D. M., Matta J. M. Neurologic Injuries in Pelvic Ring Fractures // Clin Orthop Relat Res. 1996 Aug;(329):28–36. doi: 10.1097/00003086-199608000-00005.
15. Seddighi A, Nikouei A, Seddighi AS, Zali AR, Tabatabaei SM, Sheykhi AR, Yourdkhani F, Naeimian S. Peripheral Nerve Injury: A Review Article. Int Clin Neurosci J [Internet]. 2016 Jul. 9;3(1):1–6. <https://journals.sbm.ac.ir/neuroscience/article/view/12016>