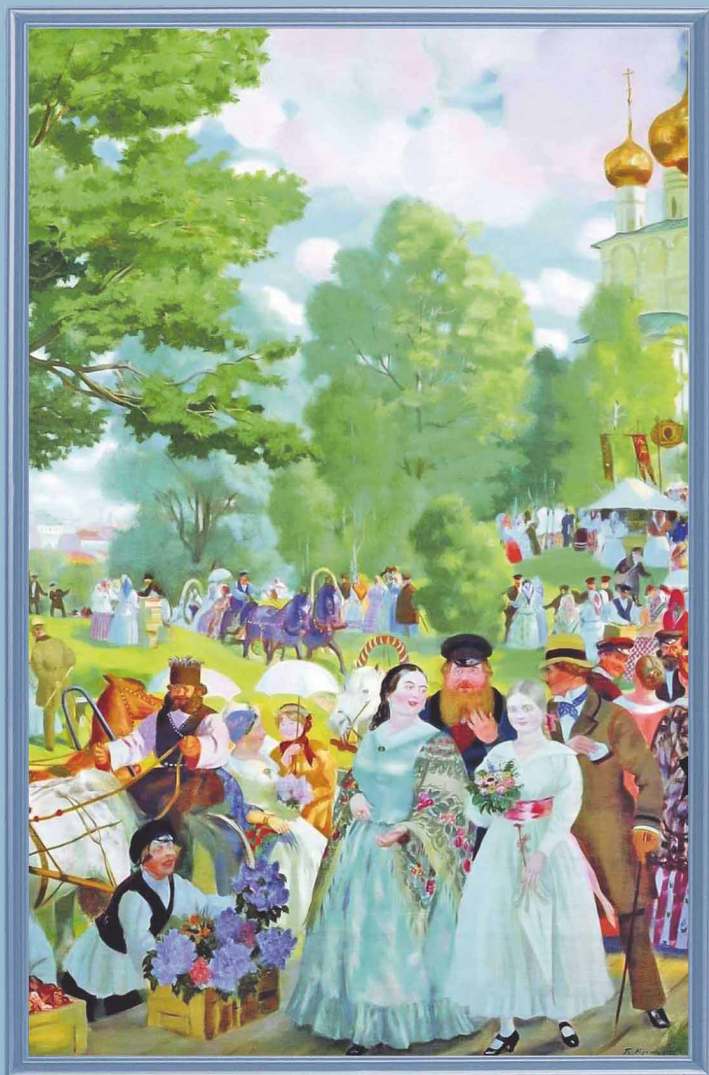


Хирургия ПОЗВОНОЧНИКА

Russian Journal of Spine Surgery

2024. Т. 21. № 2



Хирургическое лечение
пациентов с травматическими повреждениями
позвоночника на фоне анкилозирующего
спондилита

Эффективность и безопасность консервативной
терапии у пациентов со взрывными
неосложненными переломами позвоночника

Педиатрическая модификация шкалы
Японской ассоциации ортопедов

Вертеброгенез: что добавили открытия
XXI в. в классическое понимание эмбриогенеза
позвоночника вообще
и краниовертебральной зоны в частности?

Оценка эффективности хирургического
лечения синдрома фиксированного спинного
мозга вторичного генеза при *spina bifida*

Повреждения позвоночного столба:
с самого начала



2024. Т. 21. № 2

Хирургия
ПОЗВОНОЧНИКА
Russian Journal of Spine Surgery

Научно-практический журнал

УЧРЕДИТЕЛИ ЖУРНАЛА

ФГБУ «НОВОСИБИРСКИЙ НИИТО ИМ. Я.А. ЦИВЬЯНА» МИНЗДРАВА РОССИИ
МЕЖРЕГИОНАЛЬНАЯ ОБЩЕСТВЕННАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ «АССОЦИАЦИЯ ХИРУРГОВ-ВЕРТЕБРОЛОГОВ»

Главный редактор А.Ю. Мушкин (Санкт-Петербург, Россия)
Заместитель главного редактора А.О. Гушча (Москва, Россия)
Отв. секретарь М.В. Михайловский (Новосибирск, Россия)

Редакционная коллегия

А.Г. Аганесов (Москва, Россия)
А. Аланай (Стамбул, Турция)
А.А. Афаунов (Краснодар, Россия)
И.В. Басанкин (Краснодар, Россия)
А.В. Бурцев (Курган, Россия)
С.В. Виссарионов (Санкт-Петербург, Россия)
А.А. Гринь (Москва, Россия)
А.В. Губин (Москва, Россия)
А.К. Дулаев (Санкт-Петербург, Россия)
Ж.Ф. Дюбуссе (Париж, Франция)
А.М. Зайдман (Новосибирск, Россия)
Л. Каплан (Иерусалим, Израиль)
И.А. Кирилова (Новосибирск, Россия)
Д.А. Клементс (Глассборо, США)
С.В. Колесов (Москва, Россия)
Н.А. Коновалов (Москва, Россия)
Н.А. Корж (Харьков, Украина)
М.Н. Кравцов (Санкт-Петербург, Россия)
А.А. Кулешов (Москва, Россия)
М.Н. Лебедева (Новосибирск, Россия)
Х.М. Майер (Мюнхен, Германия)
И.А. Норкин (Саратов, Россия)
О.Г. Прудникова (Курган, Россия)
Д.А. Пташников (Санкт-Петербург, Россия)
В.В. Рерих (Новосибирск, Россия)
С.О. Рябых (Москва, Россия)
А.Е. Симонович (Новосибирск, Россия)
В.А. Сороковиков (Иркутск, Россия)
С.И. Станчев (София, Болгария)
В.В. Ступак (Новосибирск, Россия)

Editor-in-Chief A.Yu. Mushkin (St. Petersburg, Russia)
Deputy Editor A.O. Gushcha (Moscow, Russia)
Executive Secretary M.V. Mikhaylovskiy (Novosibirsk, Russia)

Editorial Board

A.G. Aganesov (Moscow, Russia)
A. Alanay (Istanbul, Turkey)
A.A. Afaunov (Krasnodar, Russia)
I.V. Basankin (Krasnodar, Russia)
A.V. Burtsev (Kurgan, Russia)
S.V. Vissarionov (St. Petersburg, Russia)
A.A. Grin (Moscow, Russia)
A.V. Gubin (Moscow, Russia)
A.K. Dulaev (St. Petersburg, Russia)
J.F. Dubousset (Paris, France)
A.M. Zaidman (Novosibirsk, Russia)
L. Kaplan (Jerusalem, Israel)
I.A. Kirilova (Novosibirsk, Russia)
D.A. Clements (Glassboro, USA)
S.V. Kolesov (Moscow, Russia)
N.A. Konovalov (Moscow, Russia)
N.A. Korzh (Kharkov, Ukraine)
M.N. Kravtsov (St. Petersburg, Russia)
A.A. Kuleshov (Moscow, Russia)
M.N. Lebedeva (Novosibirsk, Russia)
H.M. Mayer (Munich, Germany)
I.A. Norkin (Saratov, Russia)
O.G. Prudnikova (Kurgan, Russia)
D.A. Ptashnikov (St. Petersburg, Russia)
V.V. Rerikh (Novosibirsk, Russia)
S.O. Ryabikh (Moscow, Russia)
A.E. Simonovich (Novosibirsk, Russia)
V.A. Sorokovikov (Irkutsk, Russia)
S.I. Stanchev (Sofia, Bulgaria)
V.V. Stupak (Novosibirsk, Russia)

Издатель: ФГБУ «ННИИТО им. Я.А. Цивьяна» Минздрава России

Адрес редакции, издателя:
630091, Новосибирск, ул. Фрунзе, 17
Тел.: 8 (383) 363-12-91, факс: 8 (383) 363-39-73
E-mail: MBedulina@niito.ru
www.spinesurgery.ru

Руководитель М.А. Бедулина
Редактор И.Г. Шевченко
Корректор О.А. Забродина
Переводчик Т.П. Панькова
Дизайн и верстка Н.В. Зиновьева
Администратор сайта О.А. Забродина
Распространение М.А. Бедулина

Журнал зарегистрирован
в Федеральной службе по надзору
в сфере связи, информационных технологий
и массовых коммуникаций.
Свидетельство о регистрации ПИ № ФС 77-74930
от 11 февраля 2019 г.

© Хирургия позвоночника, 2024



2024. Т. 21. № 2

Хирургия
позвоночника
Russian Journal of Spine Surgery

Научно-практический журнал

содержание

contents

КОЛОНКА РЕДАКТОРА

4 EDITORIAL

ПОВРЕЖДЕНИЯ ПОЗВОНОЧНИКА

SPINE INJURIES

Басанкин И.В., Гюльзатян А.А., Афаунов А.А., Тахмазян К.К.,
Грицаев И.Е., Степаненко С.М., Томина М.И., Шаповалов В.К.
ОПЫТ ХИРУРГИЧЕСКОГО ЛЕЧЕНИЯ ПАЦИЕНТОВ
С ТРАВМАТИЧЕСКИМИ ПОВРЕЖДЕНИЯМИ ПОЗВОНОЧНИКА
НА ФОНЕ АНКИЛОЗИРУЮЩЕГО СПОНДИЛИТА

6 Basankin I.V., Giulzatyan A.A., Afaunov A.A., Takhmazyan K.K.,
Gritsaev I.E., Stepanenko S.M., Tomina M.I., Shapovalov V.K.
EXPERIENCE IN SURGICAL TREATMENT OF PATIENTS
WITH TRAUMATIC SPINAL INJURIES ASSOCIATED
WITH ANKYLOSING SPONDYLITIS

Стаценко И.А., Лебедева М.Н., Пальмаш А.В., Лукинов В.Л., Рерих В.В.
ОСОБЕННОСТИ ТЕЧЕНИЯ ОСЛОЖНЕННОЙ ТРАВМЫ
НИЖНЕШЕЙШЕГО ОТДЕЛА ПОЗВОНОЧНИКА
В ЗАВИСИМОСТИ ОТ СРОКА ВЫПОЛНЕНИЯ
ХИРУРГИЧЕСКОЙ ДЕКОМПРЕССИИ СПИННОГО МОЗГА

13 Statsenko I.A., Lebedeva M.N., Palmash A.V., Lukinov V.L., Rerikh V.V.
FEATURES OF THE COURSE OF COMPLICATED INJURY
OF THE LOWER CERVICAL SPINE DEPENDING
ON THE TIMING OF SURGICAL DECOMPRESSION
OF THE SPINAL CORD

Гринь А.А., Каранадзе В.А., Кордонский А.Ю.,
Талыпов А.Э., Львов И.С., Абдрафиев Р.И.
ЭФФЕКТИВНОСТЬ И БЕЗОПАСНОСТЬ КОНСЕРВАТИВНОЙ
ТЕРАПИИ У ПАЦИЕНТОВ СО ВЗРЫВНЫМИ
НЕОСЛОЖНЕННЫМИ ПЕРЕЛОМАМИ ГРУДНОГО
И ПОЯСНИЧНОГО ОТДЕЛОВ ПОЗВОНОЧНИКА: МЕТААНАЛИЗ

27 Grin A.A., Karanadze V.A., Kordonskiy A.Yu.,
Talyпов A.E., Lvov I.S., Abdrafiev R.I.
EFFICACY AND SAFETY OF CONSERVATIVE
TREATMENT IN PATIENTS WITH NEUROLOGICALLY
INTACT THORACOLUMBAR BURST FRACTURES:
A META-ANALYSIS

Борzych К.О., Рерих В.В., Синявин В.Д.
ХИРУРГИЧЕСКОЕ ЛЕЧЕНИЕ КИФОЗОВ,
ВОЗНИКШИХ ВСЛЕДСТВИЕ АВАСКУЛЯРНЫХ
ОСТЕОНЕКРОЗОВ ТЕЛ ПОЗВОНКОВ

39 Borzykh K.O., Rerikh V.V., Sinyavin V.D.
SURGICAL TREATMENT OF KYPHOSIS
DUE TO AVASCULAR
OSTEONECROSIS OF THE VERTEBRAL BODIES

ДЕФОРМАЦИИ ПОЗВОНОЧНИКА

SPINE DEFORMITIES

Рябых С.О., Калашников А.А., Лысачёв Д.А., Климов В.С., Губин А.В.,
Дьячков К.А., Хужаназаров И.И., Эшкуллов Д.И.
ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ХИРУРГИЧЕСКОГО ЛЕЧЕНИЯ
СИНДРОМА ФИКСИРОВАННОГО СПИННОГО МОЗГА
ВОТРИЧНОГО ГЕНЕЗА ПРИ SPINA BIFIDA:
СИСТЕМАТИЧЕСКИЙ ОБЗОР

49 Ryabykh S.O., Kalashnikov A.A., Lysachev D.A., Klimov V.S., Gubin A.V.,
Dyachkov K.A., Khuzhanazarov I.I., Eshkulov D.I.
EVALUATION OF THE EFFECTIVENESS
OF SURGICAL TREATMENT OF TETHERED SPINAL CORD SYNDROME
OF SECONDARY ORIGIN IN SPINA BIFIDA:
A SYSTEMATIC REVIEW

Сергеенко О.М., Савин Д.М., Евсюков А.В., Бурцев А.В.
ПЕДИАТРИЧЕСКАЯ МОДИФИКАЦИЯ ШКАЛЫ
ЯПОНСКОЙ АССОЦИАЦИИ ОРТОПЕДОВ

57 Sergeenko O.M., Savin D.M., Evsyukov A.V., Burtsev A.V.
PEDIATRIC MODIFICATION OF THE JAPANESE
ORTHOPEDIC ASSOCIATION SCALE

Индекс 46350
для подписки по каталогу «Книга-Сервис».
ISSN 1810-8997 (print),
ISSN 2313-1497 (online)

На обложке: фрагмент картины «Троицын день» (1920)
Бориса Михайловича Кустодиева

Молотков Ю.В., Рябых С.О., Евсюков А.В., Савин Д.М., Филатов Е.Ю.	66	Molotkov Yu.V., Ryabykh S.O., Evsyukov A.V., Savin D.M., Filatov E.Yu.
РЕЗУЛЬТАТЫ ХИРУРГИЧЕСКОГО ЛЕЧЕНИЯ СКОЛИОЗА С РАННИМ НАЧАЛОМ С ПРИМЕНЕНИЕМ ПРИНЦИПА РАСТУЩИХ СИСТЕМ: АНАЛИЗ 10-ЛЕТНЕЙ МОНОЦЕНТРОВОЙ КОГОРТЫ		RESULTS OF SURGICAL TREATMENT OF EARLY-ONSET SCOLIOSIS USING GROWTH-FRIENDLY IMPLANTS: ANALYSIS OF A 10-YEAR MONOCENTRIC COHORT

ОБЩИЕ ВОПРОСЫ	GENERAL ISSUE
---------------	---------------

Краснов И.М., Мушкин М.А., Мушкин А.Ю.	81	Krasnov I.M., Mushkin M.A., Mushkin A.Yu.
ВЕРТЕБРОГЕНЕЗ: ЧТО ДОБАВИЛИ ОТКРЫТИЯ XXI ВЕКА В КЛАССИЧЕСКОЕ ПОНИМАНИЕ ЭМБРИОГЕНЕЗА ПОЗВОНОЧНИКА ВООБЩЕ И КРАНИОВЕРТЕБРАЛЬНОЙ ЗОНЫ В ЧАСТНОСТИ? НАУЧНЫЙ ОБЗОР		VERTEBROGENESIS: WHAT THE DISCOVERIES OF THE 21ST CENTURY ADDED INTO THE CLASSICAL UNDERSTANDING OF THE EMBRYOGENESIS OF THE SPINE IN GENERAL AND OF THE CRANIOVERTEBRAL ZONE IN PARTICULAR? SCIENTIFIC REVIEW

ЛЕКЦИЯ	LECTURE
--------	---------

Михайловский М.В.	90	Mikhaylovskiy M.V.
ПОВРЕЖДЕНИЯ ПОЗВОНОЧНОГО СТОЛБА: С САМОГО НАЧАЛА		SPINAL COLUMN INJURIES: FROM THE VERY BEGINNING

20 ЛЕТ СПУСТЯ...	20 YEARS LATER...
------------------	-------------------

Иванова А.А., Лебедева М.Н.	104	Ivanova A.A., Lebedeva M.N.
НИМБЕКС В ХИРУРГИИ ПОЗВОНОЧНИКА		NIMBEX IN SPINE SURGERY

Новиков В.В., Васюра А.С.	105	Novikov V.V., Vasyura A.S.
ХИРУРГИЧЕСКОЕ ЛЕЧЕНИЕ СКОЛИОЗА: ЧТО ИЗМЕНИЛОСЬ ЗА 20 ЛЕТ В ОЦЕНКЕ РЕЗУЛЬТАТОВ?		SURGICAL TREATMENT OF SCOLIOSIS: WHAT HAS CHANGED IN ASSESSING RESULTS FOR 20 YEARS?

ЮБИЛЕЙ	JUBILEE
--------	---------

Владимир Владимирович Островский		Vladimir Vladimirovich Ostrovsky
----------------------------------	--	----------------------------------

ПАМЯТИ КОЛЛЕГИ	IN MEMORIAM OF OUR COLLEAGUE
----------------	------------------------------

Владимир Владимирович Зарецков		Vladimir Vladimirovich Zaretskov
--------------------------------	--	----------------------------------

ФОРУМЫ ДЛЯ ВЕРТЕБРОЛОГОВ	MEETING FOR SPINE SPECIALISTS
--------------------------	-------------------------------

КНИЖНЫЕ НОВИНКИ	NOVELTY BOOKS
-----------------	---------------

ИНФОРМАЦИЯ ДЛЯ АВТОРОВ	INFORMATION FOR AUTHORS
------------------------	-------------------------



В год своего 20-летия журнал «Хирургия позвоночника» сохраняет, с одной стороны, приверженность освещению наиболее важных аспектов вертебральной патологии, с другой – старается представить как результаты оригинальных работ, так и исследований высокого уровня доказательности, по возможности соблюдая баланс между публикациями преимущественно нейрохирургической или ортопедической направленности.

Во втором номере журнала за 2024 г. большое внимание уделяется вопросам повреждений позвоночника и спинного мозга. Оригинальные исследования И.В. Басанкина с соавт. анализируют опыт хирургического лечения таких повреждений на фоне анкилозирующего спондилита, И.А. Стаценко с соавт. – эффективность декомпрессии шейного отдела спинного мозга, выполненной в первые 8 ч и в более поздние сроки осложненной травмы позвоночника. В свою очередь, метаанализ, подготовленный группой коллег под руководством А.А. Гриня, оценивает эффективность консервативного лечения неосложненных переломов грудных и поясничных позвонков. Как пограничные с точки зрения этиологии можно рассматривать переломы позвонков на фоне ишемического остеонекроза. Хирурги старшего поколения больше помнят эту патологию под названием «болезнь Кюммеля», для современных специалистов актуальность остеонекрозов любой, в том числе вертебральной, локализации резко возросла на фоне пандемии новой коронавирусной инфекции. Эти вопросы подняты в статье К.О. Борзых с соавт.

Сразу несколько публикаций касаются вопросов патологии позвоночника у детей, традиционно занимающей значительное место на страницах журнала. На этот раз группа авторов из Российской Федерации и Узбекистана под руководством С.О. Рябых подготовила систематический обзор, посвященный эффективности хирургического лечения вторичной фиксации спинного мозга при спинно-мозговых грыжах, О.М. Сергеенко с соавт. – опыт адаптации для педиатрии шкалы оценки неврологического статуса Японской ассоциации ортопедов, Ю.М. Молотков с соавт. – результаты моноцентрового анализа применения растущих конструкций при сколиозах с ранним началом.

Надеемся, что научный обзор И.М. Краснова с соавт., посвященный современным взглядам на эмбриогенез позвоночника, не останется без внимания не только тех вертебрологов, которые занимаются пороками развития, но и тех, для кого интересна теоретическая возможность их моделирования и управления процессами формирования костного блока.

Тот, кто познакомится с лекцией М.В. Михайловского, получит огромное удовольствие от посвященного повреждениям позвоночника исторического экскурса, иллюстрированного удивительными фактами и рисунками, найти которые нам вряд ли удалось бы самим.

Продолжая опыт предыдущего номера, мы благодарим А.А. Иванову и М.Н. Лебедеву, а также В.В. Новикова и А.С. Васюру, представивших комментарии к статьям, опубликованным 20 лет назад в самом первом номере нашего журнала.

Проф. А.Ю. Мушкин,
главный редактор
журнала «Хирургия позвоночника»



Хирургия ПОЗВОНОЧНИКА

Russian Journal of Spine Surgery

Научно-практический журнал

2024. Т. 21. № 2

Журнал представлен:

- в международной библиографической и реферативной базе данных Scopus
- Russian Science Citation Index (RSCI) на платформе Web of Science
- онлайн-платформе Directory of Open Access Journals (DOAJ)
- международной справочной системе по периодическим и продолжающимся изданиям «Ulrich's Periodicals Directory» (издательство «Bowker», США)
- информационном сервисе EBSCO
- поисковой системе научных публикаций Google Scholar
- Перечне ведущих рецензируемых научных журналов и изданий России, рекомендованных ВАК для публикации научных результатов диссертаций на соискание ученой степени доктора и кандидата наук по специальностям «травматология и ортопедия» и «нейрохирургия»
- Российском индексе научного цитирования
- Реферативном журнале и базах данных ВИНТИ РАН
- научной электронной библиотеке «КиберЛенинка»
- Национальном электронно-информационном консорциуме



ОПЫТ ХИРУРГИЧЕСКОГО ЛЕЧЕНИЯ ПАЦИЕНТОВ С ТРАВМАТИЧЕСКИМИ ПОВРЕЖДЕНИЯМИ ПОЗВОНОЧНИКА НА ФОНЕ АНКИЛОЗИРУЮЩЕГО СПОНДИЛИТА

**И.В. Басанкин¹, А.А. Гюльзатян¹, А.А. Афаунов², К.К. Тахмазян¹, И.Е. Грицаев¹, С.М. Степаненко²,
М.И. Томина¹, В.К. Шаповалов¹**

¹НИИ — Краснодарская краевая клиническая больница № 1 им. проф. С.В. Очаповского, Краснодар, Россия

²Кубанский государственный медицинский университет, Краснодар, Россия

Цель исследования. Анализ характеристик, диагностических особенностей и результатов хирургического лечения пациентов с травматическими повреждениями позвоночника на фоне анкилозирующего спондилита.

Материал и методы. Выполнен ретроспективный анализ результатов хирургического лечения 32 больных (25 мужчин и 7 женщин), прооперированных в 2019–2022 гг. Результаты в течение 12 мес. прослежены у всех пациентов. Рассматривали характеристики пациентов, диагностические особенности, клинические результаты, а также спектр постоперационных осложнений.

Результаты. Количество поврежденных уровней в шейном, грудном и поясничном отделах позвоночника — 39. У 20 (62,5 %) пациентов была низкоэнергетическая травма (падение с высоты роста и из положения сидя), у 12 (37,5 %) — высокоэнергетическая травма в результате падения с высоты более 1 м и ДТП. Переломы типа В3 по классификации AOSpine были у 23 (71,8 %) пациентов, трансляционные переломы типа С — у 9 (28,2 %). После полученной травмы в течение 24 ч КТ позвоночника и верификация диагноза выполнена у 24 (75,0 %) пациентов. У 8 (25,0 %) пациентов первичная диагностика проведена в более поздние сроки — $19,8 \pm 24,4$ дня (диапазон 5–46 дней). Всем пациентам выполнена дорсальная инструментальная фиксация с декомпрессией и без декомпрессии. Время хирургического вмешательства зависело от наличия неврологической симптоматики. При осложненной травме 21 (65,6 %) пациенту проведено хирургическое вмешательство в течение 8 ч после поступления в стационар. У остальных 11 (34,4 %) пациентов без неврологических осложнений операции выполнены в течение $3,2 \pm 1,4$ дня. Госпитальная летальность составила 6,25 % ($n = 2$), годовая летальность — 28,00 % ($n = 9$). У 11 (36,7 %) пациентов неврологической симптоматики до и после оперативного вмешательства не отмечалось. В группе больных с исходными неврологическими осложнениями ($n = 21$) у 3 (14,3 %) пациентов отмечался полный регресс неврологической симптоматики (с AIS D до AIS E), у 4 (19 %) — неполный регресс симптоматики (с AIS C до AIS D), у 14 (66,7 %) — без существенной положительной динамики. ТЭЛА и пневмония отмечались у 5 (15,60 %) и 6 (18,75 %) пациентов соответственно. Чаще всего в послеоперационном периоде наблюдался тромбоз вен нижних конечностей ($n = 9$; 28,1 %), из них у 5 была ТЭЛА.

Заключение. Основу диагностики переломов у пациентов с анкилозирующим спондилитом составляют клинические данные (усиление болевого синдрома после падения и/или появление неврологического дефицита) и данные лучевой диагностики (КТ всего позвоночника). Переломы при анкилозирующем спондилите характеризуются абсолютной нестабильностью с высоким риском развития вторичного неврологического дефицита в случае консервативного лечения или отсроченного хирургического вмешательства. Основой хирургического вмешательства является использование протяженной фиксации от 8 винтов в шейном отделе и от 10 винтов в грудном и поясничном отделах позвоночника. Наиболее часто встречаются осложнения раннего послеоперационного периода, среди которых ликворея, нагноение операционной раны, ТЭЛА, пневмония, а также расшатывание транспедикулярных винтов.

Ключевые слова: травматические повреждения позвоночника, анкилозирующий спондилит, неврологический дефицит, осложнения.

Для цитирования: Басанкин И.В., Гюльзатян А.А., Афаунов А.А., Тахмазян К.К., Грицаев И.Е., Степаненко С.М., Томина М.И., Шаповалов В.К.

Опыт хирургического лечения пациентов с травматическими повреждениями позвоночника на фоне анкилозирующего спондилита // Хирургия позвоночника. 2024. Т. 21. № 2. С. 6–12.

DOI: <http://dx.doi.org/10.14551/ss2024.2.6-12>.

EXPERIENCE IN SURGICAL TREATMENT OF PATIENTS WITH TRAUMATIC SPINAL INJURIES ASSOCIATED WITH ANKYLOSING SPONDYLITIS

I.V. Basankin¹, A.A. Giulzatyan¹, A.A. Afaunov², K.K. Takhmazyan¹, I.E. Gritsaev¹, S.M. Stepanenko², M.I. Tomina¹, V.K. Shapovalov¹

¹Research Institute — Regional Clinical Hospital No. 1 n.a. Prof. S.V. Ochapovsky, Krasnodar, Russia

²Kuban State Medical University, Krasnodar, Russia

Objective. To analyze characteristics, diagnostic features and results of surgical treatment of patients with traumatic spinal injuries associated with ankylosing spondylitis.

Material and Methods. A retrospective analysis of the results of surgical treatment of 32 patients (25 men and 7 women) operated on in 2019–2022 was performed. Results were followed-up during 12 months in all patients. Patient characteristics, diagnostic features, clinical outcomes, and the range of postoperative complications were reviewed.

Results. The number of damaged levels in the cervical, thoracic and lumbar spine was 39. Low-energy injury (fall from a height and from a sitting position) was observed in 20 patients (62.5 %), and high-energy injury (fall from a height of more than 1 m and a road traffic accident) — in 12 patients (37.5 %). Type B3 fractures according to the AOSpine classification were present in 23 patients (71.8 %), and type C translational fractures — in 9 (28.2 %). CT of the spine and verification of the diagnosis were performed within 24 hours after the injury in 24 patients (75 %). The remaining 8 (25 %) patients underwent primary diagnosis later — in 19.8 ± 24.4 days (range 5–46 days). All patients underwent posterior fixation with or without decompression. The time of surgical intervention depended on the presence of neurological symptoms. Twenty one (65.6 %) patients with complicated injury underwent surgical intervention within 8 hours after admission to the hospital. In the remaining 11 (34.4 %) neurologically uncomplicated patients, operations were performed within 3.2 ± 1.4 days. In-hospital mortality was 6.25 % ($n = 2$), and 1-year mortality was 28 % ($n = 9$). There were no neurological symptoms before or after surgery in 11 patients (36.7 %). In the group of patients with initial neurological complications ($n = 21$), 3 (14.3 %) patients had complete regression of neurological symptoms (from AIS D to AIS E), 4 (19 %) — incomplete regression of symptoms (from AIS C to AIS D), and 14 (66.7 %) patients did not show significant positive dynamics. Pulmonary embolism (PE) and pneumonia were observed in 5 (15.6 %) and 6 (18.75 %) patients, respectively. In the postoperative period, the deep vein thrombosis of the lower extremities was most frequent ($n = 9$; 28.1 %), and in 5 cases it was complicated by PE.

Conclusion. The basis for diagnosing fractures in patients with ankylosing spondylitis is clinical data (increased pain after a fall and/or the appearance of neurological deficit) and radiological data (CT scan of the whole spine). Fractures in ankylosing spondylitis are characterized by absolute instability with a high risk of developing secondary neurological deficits in the case of conservative treatment or delayed surgical intervention. The essence of the surgery is the use of extended fixation with 8 screws in the cervical spine and more than 10 screws in the thoracic and lumbar spine. The most common complications of the early postoperative period include liquorrhea, surgical wound suppuration, pulmonary embolism, pneumonia, and loosening of transpedicular screws.

Key Words: traumatic spinal injuries, ankylosing spondylitis, neurological deficit, complications.

Please cite this paper as: Basankin IV, Giulzatyan AA, Afaunov AA, Takhmazyan KK, Gritsaev IE, Stepanenko SM, Tomina MI, Shapovalov VK. Experience in surgical treatment of patients with traumatic spinal injuries associated with ankylosing spondylitis. Russian Journal of Spine Surgery (Khirurgiya Pozvonochnika). 2024;21(2):6–12. In Russian.

DOI: <http://dx.doi.org/10.14531/ss2024.2.6-12>.

Анкилозирующий спондилит (болезнь Бехтерева) – хроническое аутоиммунное воспалительное заболевание группы спондилоартритов, поражающее крестцово-подвздошные сочленения и/или позвоночник [1]. По данным 36 исследований, приведенных Dean et al. [2], средняя распространенность анкилозирующего спондилита составила в Европе 23,8 на 10 тыс. человек, в Азии – 16,7, в Северной Америке – 31,9, в Латинской Америке – 10,2, в Африке – 7,4. Общая заболеваемость взрослого населения анкилозирующим спондилитом в Российской Федерации в 2010 г. составила 34,4 на 100 тыс. [3].

Распространенность переломов позвоночника у пациентов с анкилозирующим спондилитом в Европе и Северной Америке составляет 10 и 17 % соответственно, а частота позвоночно-спинномозговой травмы – 19,0 и 21,1 % [4]. Более высокий риск переломов у пациентов с анкилози-

рующим спондилитом объясняется сопутствующим снижением минеральной плотности костной ткани (МПКТ), когда даже низкоэнергетические травмы могут вызывать повреждения позвоночника. Согласно Bessant и Keat [5], частота остеопороза у пациентов с анкилозирующим спондилитом колеблется от 18,7 до 62,0 %.

Отсроченная диагностика переломов позвоночника у пациентов с анкилозирующим спондилитом является нередким явлением. Пациенты с отсроченным или поздним диагнозом обычно страдают прогрессирующим болевым синдромом, нарастающими симптомами неврологического дефицита и увеличением деформации позвоночника [6, 7].

Диагностика и тактика лечения травматических повреждений позвоночника у больных анкилозирующим спондилитом в настоящее время отличаются в различных учреждениях из-за отсутствия общепризнанных

алгоритмов. В отечественной литературе работы, анализирующие результаты лечения пациентов с анкилозирующим спондилитом, в основном представлены в виде клинических случаев [8–11].

Цель исследования – анализ эпидемиологических характеристик, диагностических критериев, особенностей и результатов хирургического лечения, частоты и структуры послеоперационных осложнений у пациентов с травматическими повреждениями позвоночника на фоне анкилозирующего спондилита.

Материал и методы

Исследование является наблюдательным описательным ретроспективным анализом серии случаев ($n = 32$).

Объект исследования – пациенты с изолированными или сочетанными травматическими повреждениями позвоночника на фоне анкилозирующего спондилита.

Предмет исследования – особенности диагностики, хирургического лечения повреждений позвоночника у больных анкилозирующим спондилитом и их исходов.

В исследовании использовали следующие методы:

- 1) неврологический и клинический осмотры – для объективной оценки состояния пациента;
- 2) классификацию ASIA/ISNCSCI – для оценки неврологического статуса до операции и во время выписки пациентов из стационара;
- 3) шкалу ASIA Impairment Scale (AIS) – для оценки степени повреждения спинного мозга;
- 4) ВАШ – для оценки интенсивности болевого синдрома до операции и во время выписки пациентов из стационара;
- 5) классификацию AOSpine – для систематизации переломов по данным КТ с применением специфичных модификаторов для болезни Бехтерева: M2 – при переломах грудного и поясничного отделов позвоночника, M3 – при переломах субаксиального шейного отдела [12].

Полученные клинические результаты обрабатывали с использованием программной системы IBM SPSS. Для определения статистической значимости полученных результатов использовали критерий знаковых рангов Уилкоксона, для оценки значимости различий выборочных совокупностей – критерии непараметрической статистики, в качестве нижней границы достоверности приняли уровень статистической достоверности $p < 0,05$.

Результаты

Характеристика пациентов

Выполнен ретроспективный анализ результатов лечения 32 больных (25 (78 %) мужчин и 7 (22 %) женщин), оперированных в 2019–2022 гг. Средний возраст пациентов – 58,8 (36–86) года. Катамнез у всех пациентов составил 12 мес. после операции.

У 11 (34,4 %) пациентов основной жалобой при поступлении явля-

лась боль в спине, у 21 (65,6 %) – боль в спине и неврологический дефицит. По механизму преобладала низкоэнергетическая травма (падение с высоты роста и из положения сидя), реже наблюдалась высокоэнергетическая (падение с высоты более 1 м и ДТП): соответственно 20 (62,5 %) и 12 (37,5 %) пациентов. Переломы типа B3 по классификации AOSpine выявлены у 23 (71,8 %) пациентов, трансляционные переломы типа C – у 9 (28,2 %). Общее количество поврежденных позвонков составило 39, в том числе в шейном, грудном и поясничном отделах – 23 (59 %), 14 (36 %) и 2 (5 %) соответственно (у 6 пациентов имелись множественные повреждения позвонков).

У 26 (81,2 %) пациентов отмечена изолированная травма позвоночника, у 6 (18,8 %) – ее сочетание, в том числе с травмой грудной клетки (перелом ребер, пневмо-, гидро-, гемоторакс, перелом грудины) – у четырех пациентов, травматической диссекцией правой позвоночной артерии и переломом костей таза – у одной, ушибом головного мозга средней степени тяжести с переломом нижней челюсти – у одного.

Диагностика

КТ позвоночника с верификацией диагноза после травмы выполнили 24 (75 %) пациентам в течение 24 ч. Остальные 8 (25 %) пострадавших подверглись первичной диагностике в сроки от 5 до 46 дней (в среднем $19,8 \pm 24,4$ дня), из них 6 пациентов после низкоэнергетической травмы из-за незначительной боли в спине первично не обращались за медицинской помощью. Причиной последующего обращения 4 (12,5 %) пациентов явилось усиление болевого синдрома, а 2 (6,3 %) – появление неврологического дефицита в виде нижнего парапареза. Еще в 2 (6,3 %) случаях переломы не были идентифицированы на первичной КТ, но из-за нарастания болей в спине пациенты повторно обратились в лечебное учреждение, где диагноз установлен отсрочено.

Хирургическое лечение

Всем пациентам выполняли дорсальную инструментальную фик-

сацию с декомпрессией спинного мозга или без нее. Время хирургического вмешательства зависело от наличия неврологической симптоматики. При осложненной травме 21 (65,6 %) пациенту хирургическое вмешательство проведено в течение 8 ч после поступления в стационар. У 11 (34,4 %) неврологически не осложненных пациентов, не оперированных в эти сроки, операции выполняли в течение $3,2 \pm 1,4$ дня. При повреждениях грудного или поясничного отдела позвоночника применяли 8–12-винтовую фиксацию, при повреждениях шейного отдела позвоночника – исключительно дорсальную 8-винтовую фиксацию. У 18 (56,3 %) пациентов установили 8-винтовую, у 9 (28,1 %) – 10-винтовую, у 5 (15,6 %) – 12-винтовую систему. Перкутанная фиксация выполнена в 9 (28,0 %) случаях при повреждениях грудного и поясничного отделов позвоночника, цементная аугментация винтов – в 7 (21,8 %). Во всех случаях оперативное лечение прошло успешно, интраоперационных осложнений в виде повреждений сосудистых и нервных структур не отмечали. Средняя продолжительность операции при перкутанной фиксации составила $125,0 \pm 57,0$ мин (от 65 до 170 мин), при открытых вмешательствах – $145,0 \pm 90,5$ мин (от 55 до 240 мин); интраоперационная кровопотеря при перкутанной фиксации составила $74,0 \pm 25,0$ мл (от 50 до 100 мл), при открытых вмешательствах – $760,8 \pm 396,4$ мл (от 420 до 1200 мл).

Клинические результаты

Изучаемая группа пациентов составила 2 % от всех больных, оперированных в нашей клинике в 2019–2022 гг. по поводу травматических повреждений позвоночника. Сроки выписки из стационара составили $25,4 \pm 16,0$ дня (min 9; max 42) при госпитальной летальности 6,3 % ($n = 2$), годовой летальности – 28,0 % ($n = 9$).

Динамика выраженности оцененных по ВАШ болей в спине представлена в табл. 1.

У 11 (36,7 %) пациентов неврологической симптоматики до и после

оперативного вмешательства не отмечали. Из 21 пациента, исходно имевших неврологические осложнения, у 3 (14,3 %) зафиксировали полный регресс неврологической симптоматики (с AIS D до E), у 4 (19,0 %) – неполный (с AIS C до D), у остальных 14 (66,7 %) – без положительной динамики. Отрицательной неврологической симптоматики в послеоперационном периоде не было ни у одного пациента (табл. 2).

В послеоперационном периоде у 13 (40,6 %) пациентов были осложнения, спектр которых отображен в табл. 3.

Возникновение ликвореи удалось нивелировать путем установления люмбального дренажа на 6 дней и строгого постельного режима, причем установка дренажа сопровождалась значительными техническими сложностями за счет оссификации связок позвоночника. При нагноении послеоперационной раны выполняли ее ревизию, наложение ВАК-повязок и ушивание.

Нестабильность металлоконструкций в виде расшатывания транспедикулярных винтов отметили через $27,6 \pm 10,8$ дня после оперативного вмешательства (15; 38), причем во всех 5 случаях ее развития была выполнена дорсальная 8-винтовая фиксация гиперэкстензионных повреждений (B3) грудного отдела позвоночника без цементной аугментации (связь между числом установленных винтов и нестабильностью металлоконструкции достоверна, $p < 0,05$). В трех случаях выполнили ревизионную операцию с удлинением металлоконструкции до 12 винтов, а также аугментацию расшатанных винтов алло костной крошкой и ортобиологическим продуктом. У двух пациентов из-за бессимптомности малой зоны резорбции костной ткани (1–2 мм) использовали иммобилизацию корсетом и назначили большие дозы витамина Д с положительным эффектом.

Пять из девяти случаев тромбоза вен нижних конечностей сопровождалась ТЭЛА, которая явилась причиной госпитальной летальности у двух

Таблица 1

Показатели ВАШ до и после операции ($M \pm SD$, критерии знаковых рангов Уилкоксона)

Срок	ВАШ, баллы	Z, p-значение
До операции (n = 32)	$7,3 \pm 1,2$	—
При выписке (n = 30)	$3,2 \pm 0,4$	$Z = -3,865; p < 0,001$
Через 12 мес. (n = 23)	$2,1 \pm 0,2$	$Z = -2,43; p < 0,001$

Таблица 2

Динамика показателей AIS при поступлении пациентов в стационар и во время выписки

AIS	При поступлении (n = 32)	При выписке (n = 30)
A	5 (15,6 %)	3 (10,0 %)
B	2 (6,3 %)	2 (6,8 %)
C	6 (18,8 %)	2 (6,7 %)
D	8 (25,0 %)	9 (30,0 %)
E	11 (34,4 %)	14 (46,7 %)

Таблица 3

Осложнения у пациентов в послеоперационном периоде, n (%)

Осложнения	Пациенты (n = 13)
Острая почечная недостаточность	1 (3,1)
Желудочно-кишечное кровотечение	2 (6,3)
Раневая ликворея	2 (6,3)
Нагноение послеоперационной раны	4 (12,5)
Нестабильность металлоконструкции (расшатывание винтов)	5 (15,6)
Тромбоэмболия легочной артерии	5 (15,6)
Пневмония	6 (18,8)
Тромбоз вен нижних конечностей	9 (28,1)

пациентов и годовой – у одного. Еще в шести случаях причиной летального исхода была пневмония.

Обсуждение

Особенности пациентов с анкилозирующим спондилитом обуславливают сложности диагностики и хирургического лечения переломов позвоночника. У таких пациентов отмечается прогрессирующий кифоз и нарушение мышечной силы, что приводит к сагиттальному дисбалансу и, следовательно, к увеличению риска падений с высоты роста [13]. Эктопическая оссификация и снижение МПКТ также приводят к повышен-

ному риску возникновения переломов [14]. У пациентов с анкилозирующим спондилитом риск позвоночно-спинномозговой травмы в 11,4 раза больше, чем в целом в популяции [15], при этом по механизму травмы чаще всего отмечается гиперэкстензионная – тип B3 по AOSpine [16]. Данные нашего исследования: низкоэнергетические травмы (падения из положения стоя или сидя) – 62,5 %, гиперэкстензионный механизм повреждения – 71,8 %, что коррелирует с указанными выше цифрами.

Повышенная уязвимость оссифицированного позвоночника к повреждению (в нашем исследовании число сломанных позвон-

ков на 21,8 % превышало количество пациентов – соответственно 39 и 32) диктует необходимость выполнять КТ всего позвоночника больным с анкилозирующим спондилитом при наличии факта травмы [17]. По мнению Chaudhary et al. [18], упавших пациентов с анкилозирующим спондилитом и диффузным идиопатическим гиперостозом следует считать перенесшими травму позвоночника, пока не доказано обратное.

Длительность диагностики повреждения позвоночника является распространенным событием среди пациентов с анкилозирующим спондилитом [19]. В нашем исследовании переломы не были первично идентифицированы или выявлялись через длительный период времени у 25,0 % пациентов, в исследовании Westerveld et al. [20] задержка в установке диагноза отмечалась у 17,1 %, по данным Kobayashi et al. [21], этот показатель достигал 40,0 %.

Консервативная терапия при повреждении позвоночника на фоне анкилозирующего спондилита противопоказана в связи с крайне нестабильным характером переломов и высоким риском вторичного повреждения спинного мозга [22]. При переломах шейного отдела позвоночника рекомендовано вентродорсальное, дорсовентральное или дорсальное хирургическое вмешательство с применением металлоконструкций [23], при повреждениях грудного и поясничного отделов – дорсальная протяженная открытая или перкутанная фиксация с декомпрессией нервных структур или без нее [24]. В нашем исследовании применяли только дорсальные стабилизирующие (при отсутствии неврологического дефицита) и декомпрессивно-стабилизирующие

вмешательства (при наличии неврологического дефицита). При использовании в зависимости от уровня и характера перелома 8-, 10-, 12-винтовых стабилизирующих конструкций их нестабильность в виде расшатывания винтов отмечалась лишь в грудном и поясничном отделах позвоночника при использовании 8-опорных систем. При продлении зоны инструментации уровни расшатывания винтов усиливались аллокастной стружкой и регенеративным продуктом (Тромбогель) [25], при этом у всех пациентов с повреждением шейного отдела позвоночника 8-винтовая система сохраняла свою стабильность весь период наблюдения.

К сожалению, независимо от стратегии хирургического лечения, частота послеоперационных осложнений и летальность пациентов с анкилозирующим спондилитом значительно выше, чем больных в контрольных группах [20]. Согласно Caron et al. [26], после оперативного лечения у 87,5 % пациентов с анкилозирующим спондилитом и у 85,7 % пациентов с диффузным идиопатическим гиперостозом возникло хотя бы одно осложнение с госпитальной летальностью 7,1 %. Спектр отмеченных в литературе осложнений (дыхательная недостаточность, пневмония, ТЭЛА, тромбоз вен нижних конечностей, нагноение послеоперационной раны, нестабильность металлоконструкции) полностью соответствует зарегистрированным нами. При этом сопряженные с переломом позвоночника особенности заболевания и последствия перенесенных осложнений ухудшают прогноз исходов заболевания.

Заключение

Пациенты с анкилозирующим спондилитом имеют высокий риск возникновения переломов даже при низкоэнергетической травме. Основу их диагностики составляют клинические данные (усиление болевого синдрома после падения и/или появление неврологического дефицита) и данные лучевой диагностики (КТ всего позвоночника). Переломы при анкилозирующем спондилите наиболее часто соответствуют 3-колонным дистракционным повреждениям с наличием или отсутствием диастаза в зоне перелома и характеризуются абсолютной нестабильностью с высоким риском развития вторичного неврологического дефицита в случае консервативного лечения или отсроченного хирургического вмешательства. Основой оперативного вмешательства является протяженная фиксация с применением не менее 8 винтов в шейном отделе и 10 и более винтов в грудном и поясничном отделах позвоночника. Осложнения послеоперационного периода существенно ухудшают результаты лечения и способствуют повышению летальности как в раннем, так и в отдаленном периоде.

Исследование выполнено при финансовой поддержке Кубанского научного фонда в рамках научно-инновационного проекта НИИП-20.1/22.24. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Проведение исследования одобрено локальными этическими комитетами учреждений.

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

Литература/References

1. Tu PH, Liu ZH, Yeap MC, Liu YT, Li YC, Huang YC, Lin TM, Chen CC. Spinal cord injury and spinal fracture in patients with ankylosing spondylitis. BMC Emerg Med. 2022;22:73. DOI: 10.1186/s12873-022-00635-3.
2. Dean LE, Jones GT, MacDonald AG, Downham C, Sturrock RD, Macfarlane GJ. Global prevalence of ankylosing spondylitis. Rheumatology (Oxford). 2014;53:650–657. DOI: 10.1093/rheumatology/ket387.
3. Сороцкая В.Н., Вайсман Д.Ш., Балабанова Р.М., Эрдес Ш.Ф. Динамика и достоверность показателей заболеваемости и смертности от анкилозирующего спондилита у взрослого населения Тульской области в сравнении с показателями по Российской Федерации // Научно-практическая ревматология. 2015. Т. 53, № 4. С. 409–413. [Sorotskaya VN, Vrismen DSh, Balabanova RM, Erdes ShF. Trend and validity of ankylosing spondylitis prevalence and patient mortality rates in the adult population of the Tula region versus the Russian Federation. Rheumatology Science and Practice. 2015;53(4):409–413]. DOI: 10.14412/1995-4484-2015-409-413.
4. Lukasiewicz AM, Bohl DD, Varthi AG, Basques BA, Webb ML, Samuel AM, Grauer JN. Spinal fracture in patients with ankylosing spondylitis: cohort definition, distribution of injuries, and hospital outcomes. Spine. 2016;41:191–196. DOI: 10.1097/BRS.0000000000001190.
5. Bessant R, Keat A. How should clinicians manage osteoporosis in ankylosing spondylitis? J Rheumatol. 2002;29:1511–1519.
6. Anwar F, Al-Khayer A, Joseph G, Fraser MH, Jigajinni MV, Allan DB. Delayed presentation and diagnosis of cervical spine injuries in long-standing ankylosing spondylitis. Eur Spine J. 2011;20:403–407. DOI: 10.1007/s00586-010-1628-y.
7. Schiefer TK, Milligan BD, Bracken CD, Jacob JT, Krauss WE, Pichelmann MA, Clarke MJ. In-hospital neurologic deterioration following fractures of the ankylosed spine: a single-institution experience. World Neurosurg. 2015;83:775–783. DOI: 10.1016/j.wneu.2014.12.041.
8. Норкин И.А., Чехонацкий А.А., Нинель В.Г., Островский В.В. Лечение перелома шейного отдела позвоночника при болезни Бехтерева // Хирургия позвоночника. 2007. № 2. С. 23–25. [Norkin IA, Chekhonatsky AA, Ninel VG, Ostrovsky VV. Treatment of cervical spine fracture in a patient with Bekhterev's disease. Russian Journal of Spine Surgery (Khirurgiya Pozvonochnika). 2007;(2):23–25]. DOI: 10.14531/ss2007.2.23-25.
9. Колесов С.В., Сажнев М.Л., Кудряков С.А., Прохоров А.Н. Оперативное лечение перелома шейного отдела позвоночника у пациента с болезнью Бехтерева // Хирургия позвоночника. 2011. № 2. С. 8–11. [Kolesov SV, Sazhnev ML, Kudryakov SA, Prokhorov AN. Surgical treatment of cervical spine fracture in a patient with ankylosing spondylitis. Russian Journal of Spine Surgery (Khirurgiya Pozvonochnika). 2011;(2):8–11]. DOI: 10.14531/ss2011.2.8-11.
10. Рерих В.В., Ракхматиллаев Ш.Н. Лечение псевдоартроза анкилозированного груднопоясничного отдела позвоночника при болезни Бехтерева // Хирургия позвоночника. 2004. № 3. С. 84–88. [Rerikh VV, Rakhmatillaev ShN. Treatment for pseudoarthrosis in ankylosed thoracolumbar spine associated with Bekhterev's disease. Russian Journal of Spine Surgery (Khirurgiya Pozvonochnika). 2004;(3):84–88].
11. Чехонацкий В.А., Древал О.Н., Кузнецов А.В., Горозжанян А.В., Сидоренко В.В. Хирургическое лечение перелома грудного отдела позвоночника на фоне анкилозирующего спондилита: клинический случай и обзор литературы // Журнал «Вопросы нейрохирургии им. Н.Н. Бурденко». 2022. Т. 86. № 3. С. 71–76. [Chekhonatsky VA, Dreval ON, Kuznetsov AV, Gorozhanian AV, Sidorenko VV. Surgical treatment of thoracic spine fracture in a patient with ankylosing spondylitis: case report and literature review. Burdenko's Journal of Neurosurgery (Zhurnal voprosy neurokhirurgii imeni N.N. Burdenko). 2022;86(3):71–76]. DOI: 10.17116/neiro20228603171.
12. Divi SN, Schroeder GD, Oner FC, Kandziora F, Schnake KJ, Dvorak MF, Benneker LM, Chapman JR, Vaccaro AR. AOSpine – Spine Trauma Classification System: The value of modifiers: a narrative review with commentary on evolving descriptive principles. Global Spine J. 2019;9(1 Suppl):77S–88S. DOI: 10.1177/2192568219827260.
13. Mesci E, Mesci N. The relationship of multifidus and gastrocnemius muscle thickness with postural stability in patients with ankylosing spondylitis. Turk J Phys Med Rehabil. 2023;69:222–229. DOI: 10.5606/tftrd.2023.11990.
14. Chen H, Zhu X, Zhou Q, Pu X, Wang B, Lin H, Zhu Z, Qiu Y, Sun X. Utility of MRI-based vertebral bone quality scores and CT-based Hounsfield unit values in vertebral bone mineral density assessment for patients with diffuse idiopathic skeletal hyperostosis. Osteoporos Int. 2024;35:705–715. DOI: 10.1007/s00198-023-06999-x.
15. Alaranta H, Luoto S, Kontinen YT. Traumatic spinal cord injury as a complication to ankylosing spondylitis. An extended report. Clin Exp Rheumatol. 2002;20:66–68.
16. Cirillo TJI, Gimbernat RM, Far as MI, Hernandez Vargas G, Urz a BA, Ballesteros PJV. Hyperextension-distraction fractures in ankylosing and spondylitic spines: injury profile and treatment results. Int Orthop. 2022;46:889–895. DOI: 10.1007/s00264-022-05310-7.
17. Reinhold M, Knop C, Kneitz C, Disch A. Spine fractures in ankylosing diseases: Recommendations of the Spine Section of the German Society for Orthopaedics and Trauma (DGOU). Global Spine J. 2018;8(2 Suppl):56S–68S. DOI: 10.1177/2192568217736268.
18. Chaudhary SB, Hullinger H, Vives MJ. Management of acute spinal fractures in ankylosing spondylitis. ISRN Rheumatol. 2011;2011:150484. DOI: 10.5402/2011/150484.
19. Bernstein DN, McCalla DJ, Molinari RW, Rubery PT, Menga EN, Mesfin A. An analysis of patient and fracture characteristics and clinical outcomes in patients with hyperostotic spine fractures. Global Spine J. 2020;10:964–972. DOI: 10.1177/2192568219887157.
20. Westerveld LA, Verlaan JJ, Oner FC. Spinal fractures in patients with ankylosing spinal disorders: a systematic review of the literature on treatment, neurological status and complications. Eur Spine J. 2009;18:145–156. DOI: 10.1007/s00586-008-0764-0.
21. Kobayashi K, Okada E, Yoshii T, Tushima M, Yamada T, Watanabe K, Katsumi K, Hiyama A, Katoh H, Watanabe M, Nakagawa Y, Okada M, Endo T, Shiraishi Y, Takeuchi K, Matsunaga S, Maruo K, Sakai K, Kobayashi S, Ohba T, Wada K, Ohya J, Mori K, Nishimura H, Tsuji T, Watanabe K, Okawa A, Matsumoto M, Imagama S. Risk factors for delayed diagnosis of spinal fracture associated with diffuse idiopathic skeletal hyperostosis: A nationwide multiinstitution survey. J Orthop Sci. 2021;26:968–973. DOI: 10.1016/j.jos.2020.10.019.
22. Teunissen FR, Verbeek BM, Cha TD, Schwab JH. Spinal cord injury after traumatic spine fracture in patients with ankylosing spinal disorders. J Neurosurg Spine. 2017;27:709–716. DOI: 10.3171/2017.5.SPINE1722.
23. Werner BC, Samartzis D, Shen FH. Spinal fractures in patients with ankylosing spondylitis: etiology, diagnosis, and management. J Am Acad Orthop Surg. 2016;24:241–249. DOI: 10.5435/JAAOS-D-14-00149.
24. Kurucan E, Bernstein DN, Mesfin A. Surgical management of spinal fractures in ankylosing spondylitis. J Spine Surg. 2018;4:501–508. DOI: 10.21037/jss.2018.06.15.
25. Басанкин И.В., Гюльзатян А.А., Гилевич И.В., Грицаев И.Е., Тайорский Д.А., Порханов В.А. Остеопластика костных дефектов позвонка вследствие расшатывания транспедикулярных винтов с использованием ортобиологических подходов: пилотное исследование серии случаев // Хирургия позвоночника. 2023. Т. 20. № 3. С. 86–95. [Basankin IV, Gulzatyan AA, Gilevich IV, Gritsaev IE, Tayurski DA, Porkhanov VA. Osteoplasty of vertebral bone defects caused

by pedicle screw loosening using orthobiological approaches: a pilot study of case series. Russian Journal of Spine Surgery (Khirurgiya Pozvonochnika). 2023;20(3):86–95]. DOI: 10.14531/ss2023.3.86-95.

Адрес для переписки:

Гюльзатян Абрам Акопович
 350086, Россия, Краснодар, ул. 1 Мая, 167,
 НИИ – Краснодарская краевая клиническая больница № 1
 им. проф. С.В. Очаповского,
 abramgulz@gmail.com

Статья поступила в редакцию 02.11.2022

Рецензирование пройдено 27.02.2023

Подписано в печать 03.03.2023

26. **Caron T, Bransford R, Nguyen Q, Agel J, Chapman J, Bellabarba C.** Spine fractures in patients with ankylosing spinal disorders. Spine. 2010;35:E458–E464. DOI: 10.1097/BRS.0b013e3181cc764f.

Address correspondence to:

Giulzatyan Abram Akopovich
 Research Institute – Regional Clinical Hospital No. 1
 n.a. Prof. S.V. Ochapovsky,
 167 Pervogo Maya str., Krasnodar, 350086, Russia,
 abramgulz@gmail.com

Received 02.11.2022

Review completed 27.02.2023

Passed for printing 03.03.2023

Игорь Вадимович Басанкин, д-р мед. наук, заведующий отделением нейрохирургии № 3, НИИ – Краснодарская краевая клиническая больница № 1 им. проф. С.В. Очаповского, Россия, 350086, Краснодар, ул. 1 Мая, 167, ORCID: 0000-0003-3549-0794, basankin@rambler.ru;
 Абрам Акопович Гюльзатян, канд. мед. наук, врач-нейрохирург нейрохирургического отделения № 3, НИИ – Краснодарская краевая клиническая больница № 1 им. проф. С.В. Очаповского, Россия, 350086, Краснодар, ул. 1 Мая, 167, ORCID: 0000-0003-1260-4007, abramgulz@gmail.com;
 Аскер Алиевич Афаунов, д-р мед. наук, проф., заведующий кафедрой ортопедии, травматологии и ВПХ, Кубанский государственный медицинский университет, Россия, 350063, Краснодар, ул. Митрофана Седина, 4, ORCID: 0000-0001-7976-860X, afaunovkr@mail.ru;
 Карпет Карпетович Тахмязян, канд. мед. наук, врач-нейрохирург нейрохирургического отделения № 3, НИИ – Краснодарская краевая клиническая больница № 1 им. проф. С.В. Очаповского, Россия, 350086, Краснодар, ул. 1 Мая, 167, ORCID: 0000-0003-4146-6790, dr.karpo@gmail.com;
 Иван Евгеньевич Грицаев, врач-нейрохирург нейрохирургического отделения № 3, НИИ – Краснодарская краевая клиническая больница № 1 им. проф. С.В. Очаповского, Россия, 350086, Краснодар, ул. 1 Мая, 167, ORCID: 0000-0001-7854-7741, felicio94@yandex.ru;
 Сильвестр Михайлович Степаненко, врач-ординатор кафедры нейрохирургии, Кубанский государственный медицинский университет, Россия, 350063, Краснодар, ул. Митрофана Седина, 4, ORCID: 0009-0000-2422-6168, silvestr.stepanenko@mail.ru;
 Марина Игоревна Томина, врач-невролог нейрохирургического отделения № 3, НИИ – Краснодарская краевая клиническая больница № 1 им. проф. С.В. Очаповского, Россия, 350086, Краснодар, ул. 1 Мая, 167, ORCID: 0000-0001-9388-5220, marinaa07@inbox.ru;
 Владимир Константинович Шаповалов, врач-травматолог-ортопед нейрохирургического отделения № 3, НИИ – Краснодарская краевая клиническая больница № 1 им. проф. С.В. Очаповского, Россия, 350086, Краснодар, ул. 1 Мая, 167, ORCID: 0000-0003-4556-251X, shapovalovspine@gmail.com.

Igor Vadimovich Basankin, DMSc, Head of the Department of Neurosurgery No. 3, Research Institute – Regional Clinical Hospital No. 1 n.a. Prof. S.V. Ochapovsky, 167 Pervogo Maya str., Krasnodar, 350086, Russia, ORCID: 0000-0003-3549-0794, basankin@rambler.ru;
 Abram Akopovich Giulzatyan, MD, PhD, neurosurgeon, Department of Neurosurgery No. 3, Research Institute – Regional Clinical Hospital No. 1 n.a. Prof. S.V. Ochapovsky, 167 Pervogo Maya str., Krasnodar, 350086, Russia, ORCID: 0000-0003-1260-4007, abramgulz@gmail.com;
 Asker Alievich Afaunov, DMSc, Prof., Head of the Department of Orthopedics, Traumatology and Field Surgery, Kuban State Medical University, 4 Mitrofana Sedina str., Krasnodar, 350063, Russia, ORCID: 0000-0001-7976-860X, afaunovkr@mail.ru;
 Karapet Karapetovich Takhmazyan, MD, PhD, neurosurgeon, Department of Neurosurgery No.3, Research Institute – Regional Clinical Hospital No. 1 n.a. Prof. S.V. Ochapovsky, 167 Pervogo Maya str., Krasnodar, 350901, Russia, ORCID: 0000-0003-4146-6790, dr.karpo@gmail.com;
 Ivan Evgenyevich Gritsaev, neurosurgeon, Department of Neurosurgery No.3, Research Institute – Regional Clinical Hospital No. 1 n.a. Prof. S.V. Ochapovsky, 167 Pervogo Maya str., Krasnodar, 350086, Russia, ORCID: 0000-0001-7854-7741, felicio94@yandex.ru;
 Silvestr Mikhailovich Stepanenko, resident physician at the Department of Neurosurgery, Kuban State Medical University, 4 Mitrofana Sedina str., Krasnodar, 350063, Russia, ORCID: 0009-0000-2422-6168, silvestr.stepanenko@mail.ru;
 Marina Igorevna Tomina, neurologist, Department of Neurosurgery No. 3, Research Institute – Regional Clinical Hospital No. 1 n.a. Prof. S.V. Ochapovsky, 167 Pervogo Maya str., Krasnodar, 350086, Russia, ORCID: 0000-0001-9388-5220, marinaa07@inbox.ru;
 Vladimir Konstantinovich Shapovalov, trauma orthopedist, Department of Neurosurgery No. 3, Research Institute – Krasnodar Regional Clinical Hospital No.1 n.a. Prof. S.V. Ochapovsky, 167 Pervogo Maya str., Krasnodar, 350086, Russia, ORCID: 0000-0003-3549-0794, shapovalovspine@gmail.com.



ОСОБЕННОСТИ ТЕЧЕНИЯ ОСЛОЖНЕННОЙ ТРАВМЫ НИЖНЕШЕЙНОГО ОТДЕЛА ПОЗВОНОЧНИКА В ЗАВИСИМОСТИ ОТ СРОКА ВЫПОЛНЕНИЯ ХИРУРГИЧЕСКОЙ ДЕКОМПРЕССИИ СПИННОГО МОЗГА

И.А. Стаценко, М.Н. Лебедева, А.В. Пальмаш, В.Л. Лукинов, В.В. Рерих

*Новосибирский научно-исследовательский институт травматологии и ортопедии
им. Я.Л. Цивьяна, Новосибирск, Россия*

Цель исследования. Анализ влияния срочности выполнения хирургической декомпрессии спинного мозга (СМ) на течение острого и раннего периодов осложненной травмы нижнешейного отдела позвоночника.

Материал и методы. Ретроспективно проанализированы результаты лечения 75 пациентов с острой осложненной травмой нижнешейного отдела позвоночника с тяжестью повреждения СМ ASIA A и B. В зависимости от срока хирургической декомпрессии спинного мозга после травмы сформированы две группы: I — 33 пациента, у которых декомпрессия СМ выполнена в первые восемь часов после травмы; II — 42 пациента, у которых декомпрессия выполнена в срок свыше восьми часов.

Результаты. Средний возраст пациентов в группе I — 29 [25; 39] лет, в группе II — 35 [30; 42] лет ($p = 0,129$). Пациентов мужского пола в группе I — 31 (94,0 %), в группе II — 38 (90,5 %; $p > 0,999$). Время от момента травмы до декомпрессии СМ составило 6,1 [5; 7,5] ч в группе I и 16,9 [11,8; 39,6] ч — в группе II ($p < 0,001$). Пневмония развилась у 55 % [38 %; 70 %] пациентов в группе I, у 86 % [72 %; 93 %] — в группе II ($p = 0,004$). Длительность течения пневмонии в группе I — 18 [8; 20] сут, в группе II — 28 [20; 39] сут ($p < 0,001$). Показано, что отношение рисков развития пневмонии при отсроченной декомпрессии СМ в 2,08 [1,17; 3,67] раза выше ($p = 0,01$). Длительность ИВЛ в группе I составила 12 [7; 17] сут против 19 [11; 26] сут в группе II ($p = 0,001$). Поддержание целевых показателей АДср ≥ 85 мм рт. ст. потребовалось 73 (97,3 %) пациентам с продолжительностью гемодинамической поддержки 6 [3; 10] сут в группе I против 10 [5; 15] сут в группе II ($p = 0,019$). Показано, что декомпрессия СМ в первые восемь часов от момента травмы уменьшала долю пациентов с оценкой по шкале SOFA 4 балла и более в остром периоде на 20 %, к пятым суткам раннего периода травмы — на 42 %. Положительная динамика в неврологическом статусе зарегистрирована у 30,0 % [17,0 %; 47,0 %] пациентов в группе I и только у 2,0 % [0,0 %; 12,0 %] — в группе II ($p < 0,001$). Продолжительность лечения в ОРИТ составила: 20 [16,00; 25,00] сут в группе I, 29 [23,50; 41,75] сут — в группе II ($p = 0,001$). Общая длительность госпитализации в группе I составила 38 [27; 46] сут против 57 [45,75; 67,50] сут в группе II ($p < 0,001$). Летальность зарегистрирована только в группе II — 5,3 %. **Заключение.** Декомпрессивно-стабилизирующие операции в первые восемь часов после травмы в совокупности с комплексом мероприятий интенсивной терапии при острой осложненной травме нижнешейного отдела позвоночника имеют значимое положительное влияние на течение острого и раннего периодов травматической болезни СМ.

Ключевые слова: осложненная травма позвоночника, травма спинного мозга, респираторные осложнения, продолжительность ИВЛ, гемодинамическая поддержка, шкала SOFA, летальность.

Для цитирования: Стаценко И.А., Лебедева М.Н., Пальмаш А.В., Лукинов В.Л., Рерих В.В. Особенности течения осложненной травмы нижнешейного отдела позвоночника в зависимости от срока выполнения хирургической декомпрессии спинного мозга // Хирургия позвоночника. 2024. Т. 21. № 2. С. 13–26.

DOI: <http://dx.doi.org/10.14531/ss2024.2.13-26>.

FEATURES OF THE COURSE OF COMPLICATED INJURY OF THE LOWER CERVICAL SPINE DEPENDING ON THE TIMING OF SURGICAL DECOMPRESSION OF THE SPINAL CORD

I.A. Statsenko, M.N. Lebedeva, A.V. Palmash, V.L. Lukinov, V.V. Rerikh

Novosibirsk Research Institute of Traumatology and Orthopaedics n.a. Ya.L. Tsivyan, Novosibirsk, Russia

Objective. To determine the influence of the urgency of performing surgical decompression of the spinal cord (SC) on the course of acute and early periods of complicated injury of the lower cervical spine.

Material and Methods. The results of treatment of 75 patients with acute complicated injury of the lower cervical spine with ASIA A and ASIA B severity of spinal cord injuries were retrospectively analyzed. Two groups were formed, depending on the timing of surgical decompression of the spinal cord after injury. Group I included 33 patients in whom the SC decompression was performed within the first

eight hours after the injury, and Group II included 42 patients in whom the SC decompression was performed in more than eight hours after the injury.

Results. The mean age of patients in Group I was 29 [25; 39] years, in Group II – 35 [30; 42] years ($p = 0.129$). There were 31 (94.0 %) male patients in Group I and 38 (90.5 %; $p > 0.999$) in Group II. The time from the moment of injury to decompression of the spinal cord was 6.1 [5.0; 7.5] hours in Group I and 16.9 [11.8; 39.6] hours in Group II ($p < 0.001$). Pneumonia developed in 55 % [38 %; 70 %] of patients in Group I and in 86 % [72 %; 93 %] of patients in Group II ($p = 0.004$). The duration of pneumonia in Group I was 18 [8; 20] days, and in Group II – 28 [20; 39] days ($p < 0.001$). It was shown that the risk ratio for developing pneumonia in patients with delayed decompression of the spinal cord was 2.08 [1.17; 3.67] times higher ($p = 0.01$). The duration of mechanical ventilation in Group I was 12 [7; 17] days versus 19 [11; 26] days in Group II ($p = 0.001$). Maintaining the target blood pressure levels ≥ 85 mm Hg was required in 73 (97.3 %) patients with a duration of hemodynamic support of 6 [3; 10] days in Group I versus 10 [5; 15] days in Group II ($p = 0.019$). It was shown that SC decompression within the first eight hours after injury reduced the proportion of patients with a SOFA score of 4 points or more by 20 % in the acute period and by 42 % by the fifth day of the early period of injury. Positive dynamic in neurological status was recorded in 30.0 % [17.0 %; 47.0 %] of patients in Group I and only in 2.0 % [0.0 %; 12.0 %] of patients in Group II ($p < 0.001$). The duration of treatment in the ICU was 20 [16; 25] days in Group I and 29 [23.5; 41.75] days in Group II ($p = 0.001$). The total length of hospital stay was 38 [27; 46] days in Group I versus 57 [45.75; 67.50] days in Group II ($p < 0.001$). Mortality was recorded only in Group II and amounted to 5.3 %.

Conclusion. Decompression and stabilization surgery within the first eight hours after the injury, together with a complex of intensive care measures for acute complicated injury of the lower cervical spine have a significant positive effect on the course of the acute and early periods of traumatic SC disease.

Key Words: complicated spinal injury, spinal cord injury, respiratory complications, duration of mechanical ventilation, hemodynamic support, SOFA scale, mortality.

Please cite this paper as: Statsenko IA, Lebedeva MN, Palmash AV, Lukinov VL, Rerikh VV. Features of the course of complicated injury of the lower cervical spine depending on the timing of surgical decompression of the spinal cord. Russian Journal of Spine Surgery (Khirurgiya Pozvonochnika). 2024;21(2):13–26. In Russian.

DOI: <http://dx.doi.org/10.14531/ss2024.2.13-26>.

Повреждения нижнешейного отдела позвоночника, сопровождающиеся компрессией спинного мозга (СМ), являются причиной тяжелых неврологических нарушений, а иногда и смертельных исходов [1, 2]. Обязательной частью комплекса лечебных мероприятий при подобных травмах являются декомпрессионно-стабилизирующие хирургические вмешательства. В научной литературе существуют некоторые разногласия в определении оптимальных сроков выполнения таких операций. Есть мнение, что период от 24 до 36 ч является критическим временным окном, в котором сокращение времени до декомпрессии может улучшить неврологические исходы, в то время как при отсроченной декомпрессии СМ наблюдается резкое и постоянное снижение двигательного восстановления [3, 4]. В соответствии с самыми последними рекомендациями требуется ранняя декомпрессия СМ, которая определяется как хирургическое вмешательство, выполненное в течение 24 ч от момента травмы [5]. Анализи-

руя влияние срока декомпрессии СМ на клинические исходы у пациентов с травмой СМ, большинство исследователей рассматривает динамику неврологического статуса [4, 6]. Так, Burke et al. [7] сравнивали эффективность декомпрессии, выполненной в первые 12 ч, в период от 12 до 24 ч и свыше 24 ч от момента травмы. У 88,8 % пациентов, прооперированных в срок до 12 ч, на момент выписки из стационара наблюдался регресс неврологических нарушений против 38,4 % случаев, когда декомпрессия СМ была выполнена отсрочено. Результаты метаанализов, опубликованных в 2020 и 2021 гг., свидетельствуют об эффективности декомпрессии СМ в первые восемь часов от момента травмы без увеличения количества осложнений и длительности общей госпитализации [8, 9]. Однако имеются и противоположные результаты. Так, исследование Liu et al. [10] показало ухудшение неврологического статуса в группе ранней декомпрессии СМ в сравнении с группой поздней декомпрессии СМ: 6,6 % и 0,7 %

соответственно ($p < 0,001$). Аналогичные результаты были получены авторами и при анализе частоты неблагоприятных исходов – 7,1 % и 2,1 % ($p = 0,003$). При этом по длительности ИВЛ, частоте развития инфекционных и сосудистых осложнений значимых различий это исследование не показало [10].

Таким образом, анализ опубликованных научных сведений свидетельствует о достаточном количестве публикаций, оценивающих эффективность ранней декомпрессии СМ с позиций неврологического исхода. При этом вопросы влияния срока декомпрессии СМ на тяжесть состояния пострадавших после хирургического этапа лечения при проведении интенсивной терапии в условиях ОРИТ освещены в меньшей степени, что и определило цель нашего исследования.

Цель исследования – анализ влияния срочности выполнения хирургической декомпрессии СМ на течение острого и раннего периодов осложненной травмы нижнешейного отдела позвоночника.

Материал и методы

Ретроспективно проанализированы результаты лечения 75 пациентов с острой осложненной травмой нижнешейного отдела позвоночника, получивших специализированную хирургическую помощь в Новосибирском НИИТО им. Я.Л. Цивьяна в период с декабря 2014 г. по ноябрь 2023 г.

Критерии включения в исследование: изолированная осложненная травма нижнешейного отдела позвоночника, тяжесть повреждения СМ ASIA A и B, хирургическая декомпрессия СМ, потребность в ИВЛ.

Критерии не включения: сочетанная травма, политравма, уровень повреждения СМ C_1 – C_2 , возраст старше 60 лет, вирусные пневмонии, вторичный иммунодефицит.

Критерии исключения из исследования не было.

В зависимости от срока хирургической декомпрессии СМ после травмы сформировали две группы: I (основная) – 33 пациента, у которых декомпрессию СМ выполнили в первые восемь часов после травмы; II (сравнения) – 42 пациента, у которых декомпрессию СМ выполнили в срок свыше восьми часов от момента травмы.

Исследование одобрено этическим комитетом учреждения (выписка № 008/24 из протокола 004/24 от 17 мая 2024 г.).

Для межгруппового сравнения анализировали пол, возраст, механизм травмы, тяжесть повреждения СМ, наличие сопутствующей патологии, характер и частоту осложнений, показатели газообмена, продолжительность ИВЛ, характер и длительность гемодинамической поддержки, вариабельность сердечного ритма (BCP), тяжесть состояния пациентов и выраженность органных дисфункций, динамику неврологического статуса, данные лучевых методов диагностики, количество дней нахождения в ОРИТ, длительность госпитализации, летальность.

В ходе исследования осуществляли мониторинг показателей ИВЛ и расширенный мониторинг гемодинами-

ки. Мониторинг ИВЛ включал в себя частоту дыхания (ЧД), дыхательный объем (ДО), минутный объем дыхания (МОВ), объем форсированного дыхания (ОФД), инспираторное давление на вдохе (Pinsp), положительное давление конца выдоха (PEEP), торакопульмональную податливость (Cstat), сопротивление дыхательных путей (Raw). Расширенный гемодинамический мониторинг осуществляли методом импедансной кардиографии при помощи монитора Nicom Reliant (Израиль) с регистрацией уровня артериального давления систолического (АДсис), диастолического (АДдиаст), среднего (АДср), показателей сердечного выброса (CO), сердечного индекса (CI), ударного объема (SV), периферического сосудистого сопротивления (TPR).

Регистрацию BCP выполняли аппаратом «Поли-Спектр.NET» (Россия) с программным обеспечением. Регистрацию проводили в течение 5 мин в положении пациента лежа, в состоянии покоя.

Тяжесть повреждения СМ оценивали по классификации American Spinal Injury Association (ASIA/IMSOP) [11], тяжесть состояния пациентов – по шкале APACHE II [12], выраженность органных дисфункций – по шкале SOFA [13].

Контрольные точки исследования: при поступлении, 1, 3, 5, 7, 10, 15, 20, 30-е сут интенсивной терапии в ОРИТ.

Статистические расчеты проводили в программе Rstudio (version 0.99.879 – © 2009 2016 RStudio, Inc., USA, 250 Northern Ave, Boston, MA 02210 844-448-121).

Из-за малого числа показателей, удовлетворяющих условию применимости параметрического t-критерия сравнения Стьюдента, непрерывные показатели сравнивали непараметрическими ранговыми критериями: U-критерием Манна – Уитни и знаковым критерием Вилкоксона.

Дескриптивная статистика для непрерывных данных представлена в виде медианы [первый квартиль; третий квартиль]; бинарные данные – в виде количества элементов (событий, осложнений

и т.п.), процента от размера группы [нижняя граница 95 % ДИ; верхняя граница 95 % ДИ] по формуле Вильсона; для каждого уровня категориальных данных приводится количество пациентов на уровне (процент от общего количества пациентов в группе). Для статистической проверки гипотез о равенстве выборочных распределений у непрерывных показателей в разных временных точках использовали критерий Вилкоксона. Выявление предикторов проводили построением моделей логистических регрессий.

Проверку статистических гипотез выполнили при критическом уровне значимости 0,05, то есть различие считалось статистически значимым при достигнутом уровне $p < 0,05$.

Результаты

Среди пациентов обеих групп преобладали лица мужского пола трудоспособного возраста. Средний возраст пациентов группы I – 29 [25; 39] лет, II – 35 [30; 42]; $p = 0,129$. Пациентов мужского пола в группе I было 31 (94,0 %), в группе II – 38 (90,5 %); $p > 0,999$. Ведущими причинами травмы в общей выборке явились травма ныряльщика – 36 (48,6 %) пациентов, ДТП – 18 (24,3 %) и кататравма – 12 (16,2 %) при отсутствии статистически значимых межгрупповых различий.

Распределение пациентов в группах по тяжести повреждения СМ представлено в табл. 1.

Травма на уровнях C_5 – C_6 , C_6 и C_6 – C_7 являлась наиболее часто встречаемой – 38 (51,3 %) случаев в общей выборке пациентов при отсутствии статистически значимых межгрупповых различий ($p > 0,999$).

Показатели газового состава артериальной крови при поступлении пострадавших на фоне самостоятельного дыхания перед началом дотации кислорода в исследуемых группах были следующие: в группе I PaO_2 – 89,0 [76,0; 140,5] мм рт. ст., $PaCO_2$ – 41,0 [38,5; 42,25] мм рт. ст., индекс оксигенации (ИО) – 400,0 [366,0; 423,0]; в группе II PaO_2 – 87,0 [80,5; 103,5] мм рт. ст., $PaCO_2$ – 37,0

Таблица 1

Распределение пациентов по тяжести повреждения спинного мозга

Тяжесть повреждения	Группа I (n = 33)	Группа II (n = 42)	p-уровень
ASIA A, n (%)	24 (72,7)	36 (85,4)	0,246
ASIA B, n (%)	9 (27,3)	6 (14,6)	0,246

Сравнение причин травматизма проводили точным двусторонним критерием Фишера.

[34,0; 44,0] мм рт. ст., ИО – 323,0 [287,75; 361,0]. При межгрупповом анализе представленных показателей газообмена статистически значимые различия получены только по значениям ИО, которые были ниже у пациентов группы II ($p = 0,015$). Значения ИО в диапазоне от 100 до 200 на дооперационном этапе в группе I были зарегистрированы у одного (3,0 %) пациента, в группе II ИО ниже 200 не было, но значения ИО в диапазоне от 200 до 300 были зарегистрированы у 6 (14,3 %) пациентов. Выявленные нарушения газообмена могли свидетельствовать о наличии у пациентов острой формы диффузного повреждения легких – острого респираторного дистресс-синдрома (ОРДС), что подтверждалось и данными МСКТ органов грудной клетки на этом этапе исследования – диффузное усиление легочного рисунка за счет сосудистого компонента, наличие симметричных

зон затемнений, а также снижение пневматизации.

Всем пострадавшим по неотложным показаниям выполнили декомпрессивно-стабилизирующие операции. Время от момента травмы до декомпрессии СМ статистически значимо различалось и составило 6,1 [5,0; 7,5] ч в группе I и 16,9 [11,8; 39,6] ч – в группе II ($p < 0,001$). Длительность операции – 240 [200; 280] мин в группе I и 225 [196; 256] мин – в группе II ($p = 0,278$). Объем интраоперационной кровопотери в группе I составил 300 [150; 400] мл, в группе II – 175 [100; 300] мл ($p = 0,029$). Во время хирургической декомпрессии СМ ни у одного из пациентов не было зафиксировано осложнений, которые могли бы повлиять на дальнейшее течение травмы.

После хирургического этапа дальнейшего наблюдения и лечение проводили в условиях ОРИТ. Всем пациен-

там осуществляли продленную ИВЛ, соответствующую концепции протективной ИВЛ.

Анализ значений ИО в 1-е сут наблюдения и лечения в ОРИТ показал, что в группе I у 1 (3,0 %) пациента значения ИО были ниже 200 мм рт. ст., а значения ИО в диапазоне от 200 до 300 мм рт. ст. – у 7 (21,2 %) пациентов. При этом причиной травматизма у всех пациентов с ИО ниже 300 мм рт. ст. явилась травма, полученная при нырянии на мелководье. У всех остальных пациентов группы I с аналогичным и другими механизмами травмы показатели ИО были 300 мм рт. ст. и выше. Значения ИО ниже 200 мм рт. ст. в группе II в 1-е сут лечения в ОРИТ были зарегистрированы у 4 (9,5 %) пациентов, у троих из них причинами травмы явилась травма, полученная при нырянии на мелководье, а в одном случае – ДТП. Пациентов с ИО в диапазоне от 200 до 300 мм рт. ст. в группе II было 9 (21,4%), из них только в двух случаях причиной травматизма явилась травма ныряльщика. В остальных случаях значения показателя ИО были 300 мм рт. ст. и больше.

Для обеспечения адекватной санации трахеобронхиального дерева 68 (90,7 %) пациентам в общей выборке выполнили трахеостомию:

Таблица 2

Характер и частота респираторных осложнений в группах исследования

Осложнение	Группа I (n = 33)	Группа II (n = 42)	Точный двусторонний тест Фишера	
	n % [95 % ДИ]	n % [95 % ДИ]	ОШ [95 % ДИ]	p-уровень
Пневмония	18 55 [38; 70]	36 86 [72; 93]	0,2 [0,1; 0,7]	0,004*
Острый респираторный дистресс-синдром	13 39 [25; 56]	27 66 [51; 78]	2,9 [1,0; 8,6]	0,035*
Обструкция главных бронхов	1 3 [1; 15]	12 29 [18; 44]	12,9 [1,7; 581,6]	0,004*
Гидроторакс	11 33 [20; 50]	25 61 [46; 74]	3,1 [1,1; 9,1]	0,021*
Ателектаз легкого	7 21 [11; 38]	22 54 [39; 68]	4,2 [1,4; 14,2]	0,008*
Гнойный трахеобронхит	30 91 [76; 97]	40 98 [87; 100]	3,9 [0,3; 214,9]	0,318

ДИ – доверительный интервал; ОШ – отношение шансов; * статистически значимая разница.

в группе I – на 3-и [2; 3] сут, в группе II – на 2-е [2; 3] сут послеоперационного наблюдения ($p = 0,323$).

Для оценки влияния ранней декомпрессии СМ на частоту развития осложнений со стороны дыхательной системы провели сравнительный межгрупповой анализ (табл. 2), из данных которого видно, что получена статистически значимая разница по частоте развития всех осложнений, кроме гнойного трахеобронхита, который является характерным осложнением, сопровождающим изучаемую травму.

Сравнительный межгрупповой анализ длительности течения пневмонии показал статистически значимое различие: в группе I – 18 [8; 20] сут, в группе II – 28 [20; 39] сут ($p < 0,001$). При этом стоит отметить, что срок до выполнения декомпрессии СМ у пациентов с пневмонией составил 11 [7,5; 32,5] ч против 7 [7,85; 12,5] ч

в тех случаях, когда пневмония не развилась ($p = 0,019$).

Анализ сроков развития пневмонии выполнен методом построения кривых Каплана – Майера (рис. 1).

В основной группе исследования наиболее часто пневмонию фиксировали на 4–12-е сут наблюдения, первый случай был диагностирован на 4-е сут. В группе сравнения пневмонии чаще диагностировали на 4–9-е сут, у двух пациентов – уже на 1-е сут нахождения в ОРИТ. Анализ показал, что отношение рисков развития пневмонии у пациентов группы сравнения в 2,08 [1,17; 3,67] раза выше по сравнению с пациентами основной группы ($p = 0,01$). Разрешение пневмонии к 20 сут произошло в основной группе в 13 (72 %) случаях, в группе сравнения – только в 9 (27 %); $p = 0,031$.

Путем построения однофакторных моделей логистической регрессии выявили отдельные значимые

предикторы развития пневмонии: длительность ИВЛ ($p = 0,001$), время перевода во вспомогательный режим ИВЛ ($p = 0,004$), тяжесть неврологического дефицита ASIA B ($p = 0,004$), тяжесть неврологического дефицита ASIA A ($p = 0,004$), длительность нахождения в ОРИТ ($p = 0,005$), положительная динамика в неврологическом статусе ($p = 0,009$).

Показано, что увеличение продолжительности ИВЛ на трое суток ($p = 0,001$) сопряжено с увеличением шансов развития пневмонии в 1,6 [1,3; 2,2] раза; увеличение времени до перевода во вспомогательный режим ИВЛ на трое суток ассоциировано с увеличением шансов развития пневмонии в 2,0 [1,3; 3,3] раза; наличие тяжести неврологических нарушений (тип ASIA A) ассоциировано с повышением шансов развития пневмонии в 5,87 [1,79; 20,81] раза; увеличение продолжительности нахождения в ОРИТ

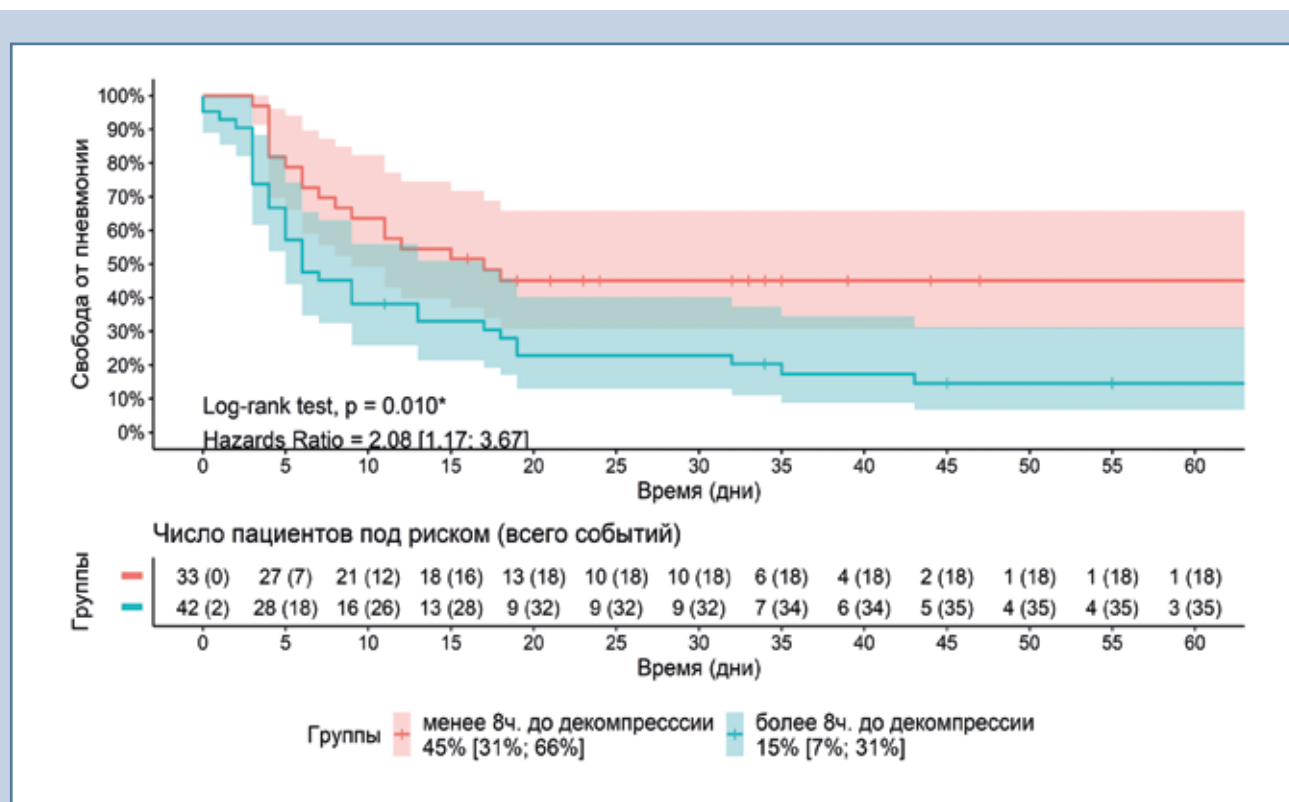


Рис. 1

Сроки развития пневмонии в группах исследования

на трое суток ассоциировано с повышением шансов развития пневмонии в 1,3 [1,1; 1,5] раза; положительная динамика в неврологическом статусе ассоциирована с понижением шансов развития пневмонии в 0,16 [0,04; 0,62] раза.

При сравнительном межгрупповом анализе частоты развития пульмоногенного сепсиса не было получено статистически значимой разницы ($p = 0,249$), но все три случая его развития были зафиксированы у пациентов группы сравнения.

Длительность механической вентиляции легких в группе I была значительно меньше, чем у пациентов группы II, и составила 12 [7; 17] сут и 19 [11; 26] сут соответственно ($p = 0,001$).

Гемодинамическая поддержка на этапе предоперационного обследования для достижения целевых значений АДср ≥ 85 мм рт. ст. потребовалось 13 (39,4 %) пациентам в группе I и 21 (51,0 %) – в группе II и осуществлялась путем инфузион-

ной терапии и использования вазопрессорных препаратов. Основным ориентиром для выбора медикаментозного средства на этом этапе являлась ЧСС. Дозы норэпинефрина 0,02 % составили в группе I – 0,08 [0,04; 0,12] мкг/кг/мин, в группе II – 0,125 [0,08; 0,22] мкг/кг/мин ($p = 0,126$); допамин 0,5 % в группе I – 3,0 [2,55; 4,15] мкг/кг/мин, в группе II – 3,46 [3,23; 4,66] мкг/кг/мин ($p = 0,905$). На этапе хирургического лечения количество пациентов, нуждающихся в коррекции уровня АД, увеличилось до 65,3 %. После окончания хирургического этапа лечения поддержание целевых показателей АДср ≥ 85 мм рт. ст. осуществляли в ОРИТ, это потребовалось 73 (97,3 %) пациентам.

Присоединение расширенного мониторинга гемодинамики в 1-е сут наблюдения в ОРИТ позволило выявить три варианта гемодинамических нарушений. В 62,5 % случаев снизилось TPR при нормальных значениях CI, у 25,0 % пациентов было снижение

как TPR, так и CI, в 12,5 % случаев причиной гипотонии являлось изолированное снижение CI. Продолжительность гемодинамической поддержки значительно различалась в группах исследования: в группе I – 6 [3; 10] сут, в группе II – 10 [5; 15] сут ($p = 0,019$).

Тяжесть состояния пациентов по шкале APACHE II при поступлении не имела статистически значимых различий и составила 7 [5; 9] баллов в группе I и 7 [7; 9] баллов в группе II ($p = 0,072$). При этом выраженность органических дисфункций, оцениваемая по шкале SOFA, свидетельствовала о наличии статистически значимых межгрупповых различий: 2 [0; 3] балла в группе I и 3 [2; 4] – в группе II ($p = 0,022$).

Результаты межгруппового сравнительного анализа с использованием шкал APACHE II и SOFA на последующих этапах исследования представлены в табл. 3.

При анализе по шкале SOFA наибольшая выраженность органических дис-

Таблица 3

Оценка межгруппового сравнительного анализа с использованием шкал APACHE II и SOFA

Период исследования, сут	Группа I (n=33)	Группа II (n=42)	Сравнение U-критерием Манна – Уитни	
	МЕД [ИКИ]	МЕД [ИКИ]	МЕД [95 % ДИ]	p-уровень
Шкала APACHE II				
1-е	7 [6,00; 9,00]	8 [7,00; 9,75]	1 [0,00; 2,00]	0,037*
3-и	7 [5,75; 7,25]	9 [7,00; 10,00]	2 [1,00; 2,00]	<0,001*
5-е	7 [5,00; 7,50]	9 [7,00; 10,00]	2 [1,00; 3,00]	<0,001*
7-е	7 [6,00; 8,75]	8 [7,00; 10,00]	2 [1,00; 2,00]	0,002*
10-е	7 [5,00; 7,00]	8 [7,00; 10,00]	2 [1,00; 2,00]	0,001*
15-е	5 [5,00; 7,00]	8 [7,00; 10,00]	2 [1,00; 3,00]	<0,001*
20-е	5,5 [5,00; 7,00]	8 [6,00; 9,50]	1 [1,00; 3,00]	0,002*
25-е	7 [5,00; 7,00]	8 [7,00; 9,00]	1 [0,00; 2,00]	0,128
30-е	7 [5,00; 7,00]	8 [6,75; 8,25]	1,91 [0,00; 4,00]	0,022*
Шкала SOFA				
1-е	3 [3,00; 5,00]	4,0 [3,00; 5,00]	1 [0,00; 1,00]	0,124
3-и	3 [2,00; 4,00]	4,0 [3,00; 5,00]	1 [0,00; 1,00]	0,052
5-е	2 [1,00; 3,00]	4,0 [3,00; 5,00]	2 [1,00; 2,00]	<0,001*
7-е	2 [1,00; 3,00]	3,0 [2,00; 4,00]	1 [0,00; 1,00]	0,100
10-е	1 [0,00; 2,00]	2,0 [1,00; 4,00]	1 [1,00; 2,00]	<0,001*
15-е	1 [0,00; 1,75]	2,0 [1,00; 3,00]	1 [1,00; 2,00]	<0,001*
20-е	1 [0,00; 1,00]	2,0 [1,00; 3,00]	1 [0,00; 2,00]	0,005*
25-е	1 [1,00; 1,00]	1,5 [1,00; 2,25]	1 [0,00; 1,00]	0,132
30-е	1 [1,00; 1,00]	2,0 [1,00; 2,00]	—	—

МЕД — медиана; ИКИ — интерквартильный интервал; ДИ — доверительный интервал; * статистически значимые различия.

функций по сумме совокупных баллов зафиксирована в группе I на 1-е и 3-и сут, в группе II – 1–5-е сут. При этом статистически значимые межгрупповые различия, свидетельствующие о большей выраженности органических дисфункций у пациентов в группе II, отмечены на 5-е сут наблюдения.

Тяжесть состояния пациентов в группе I, выраженная в баллах по шкале APACHE II, была стабильной в течение первых 10 сут и значимо ниже аналогичной оценки в группе II на всех этапах исследования.

В результате корреляционного анализа установлена высокая положительная корреляционная связь баллов по шкале SOFA с длительностью нахождения в ОРИТ на 30-е сут наблюдения ($r = 0,77$; $p < 0,001$), средняя положительная корреляционная связь на 15-е сут ($r = 0,64$; $p < 0,001$) и 20-е ($r = 0,57$; $p < 0,001$).

Показатели ВСР в динамике были зарегистрированы у 10 пациентов общей выборки (табл. 4), из которых следует, что снижение временных и спектральных составляющих ВСР, а также превалирование в общей мощности спектра VLF-компоненты, доля которой составляла более 60 % в острый и более 50 % в ранний пери-

од травмы, отражают повышенную активность центрального контура регуляции сердечного ритма и свидетельствуют о высоком уровне напряжения регуляторных систем и низких адаптационных возможностях сердечно-сосудистой системы у пациентов с осложненной травмой позвоночника.

Положительная динамика в неврологическом статусе отмечена у 11 (15,0 %) пациентов в общей выборке: у 10 пациентов в группе I – 30,0 % [17,0 %; 47,0 %] и только у одного пациента в группе II – 2,0 % [0,0 %; 12,0 %]; $p < 0,001$. В группе I у четырех пациентов отмечен переход тяжести повреждения СМ из класса ASIA A в класс B и у шести пациентов – из класса ASIA B в класс C. В группе II положительная динамика в неврологическом статусе соответствовала переходу тяжести травмы СМ из класса ASIA B в класс C.

Для определения предикторов регресса неврологических нарушений использовали метод логистической регрессии для однофакторных и многофакторных моделей.

Путем построения однофакторных моделей логистической регрессии выявили отдельные значимые предикторы регресса невро-

логических нарушений у всех пациентов, включенных в исследование: тяжесть повреждения СМ класса ASIA A ($p = 0,001$); тяжесть повреждения СМ класса ASIA B ($p = 0,001$); время от момента травмы до начала интенсивной терапии ($p = 0,006$); время от момента травмы до декомпрессии СМ ($p = 0,008$); повреждение СМ на уровне C₆ ($p = 0,024$); продолжительность гемодинамической поддержки ($p = 0,029$).

Показано, что повреждение СМ класса ASIA A ассоциировано с понижением шансов регресса неврологических нарушений в 0,08 [0,02; 0,33] раза; повреждение СМ класса ASIA B ассоциировано с повышением шансов регресса неврологических нарушений в 12,25 [3,05; 56,67] раза; время от момента травмы до начала интенсивной терапии менее 4,65 ч ассоциировано с повышением шансов регресса неврологических нарушений в 9,9 [2,3; 68,98] раза; время от момента травмы до декомпрессии СМ менее 8,2 ч ассоциировано с повышением шансов регресса неврологических нарушений в 17,83 [3,12; 337,74] раза; травма СМ на уровне C₆ ассоциирована с повышением шансов регресса неврологических нарушений в 5,52

Таблица 4

Показатели вариабельности сердечного ритма

Показатель / норма	Период исследования					
	1-е сут	3-и сут	5-е сут	7-е сут	10-е сут	15-е сут
Статистические показатели						
ЧСС / 60–80 уд. в мин	68,6 ± 7,8	70,0 ± 5,4	73,0 ± 9,8	71,4 ± 7,7	69,2 ± 6,6	65,9 ± 9,3
RRmin, мс	755,0 ± 147,5	710,3 ± 151,8	792,8 ± 100,9	792,0 ± 92,3	645,6 ± 69,3	808,0 ± 62,8
RRmax, мс	1052,3 ± 139,6	1014,1 ± 133,6	1029,3 ± 109,8	976,8 ± 87,1	936,4 ± 154,1	1041,0 ± 100,4
SDNN / 60 ± 6 мс	55,0 ± 19,5	38,3 ± 11,8	35,0 ± 11,3	32,1 ± 12,7	38,5 ± 8,3	31,2 ± 12,6
RMSSD / 27 ± 12 мс	28,6 ± 10,0	24,3 ± 12,5	25,6 ± 10,0	23,7 ± 14,2	25,2 ± 8,2	25,6 ± 15,0
pNN50 / 29,00 ± 19,55 %	6,9 ± 5,9	5,5 ± 5,2	9,0 ± 9,6	5,3 ± 7,3	2,8 ± 2,9	6,9 ± 9,3
Спектральные показатели						
TP / 3466 ± 1018 мс ² /Гц	2574,3 ± 1375,8	969,7 ± 492,3	1279,8 ± 813,7	666,3 ± 400,4	1231,0 ± 289,6	645,4 ± 323,8
VLF / 765 ± 410 мс ² /Гц	1716,8 ± 1068,6	589,1 ± 338,7	713,1 ± 532,7	383,2 ± 248,9	623,8 ± 240,2	332,2 ± 192,2
LF / 1170 ± 416 мс ² /Гц	536,5 ± 334,6	207,4 ± 124,9	252,8 ± 182,9	106,0 ± 36,3	330,0 ± 204,4	179,8 ± 128,2
HF / 975 ± 203 мс ² /Гц	320,8 ± 205,4	173,0 ± 126,0	326,4 ± 283,2	173,2 ± 170,3	277,2 ± 175,4	133,8 ± 76,2
LF/HF / 1,5–2,0	2,1 ± 1,1	1,5 ± 0,5	1,4 ± 0,9	1,9 ± 1,4	2,0 ± 1,4	1,6 ± 0,5
SI, 1/с ²	101,5 ± 68,9	258,9 ± 220,2	207,6 ± 131,8	322,7 ± 190,3	136,3 ± 46,2	207,9 ± 41,0

[1,18; 24,81] раза; увеличение продолжительности гемодинамической поддержки на одни сутки ассоциировано с понижением шансов регресса неврологических нарушений в 0,82 [0,67; 0,95] раза.

Построение многофакторной модели логистической регрессии выявило мультипликативные значимые предикторы регресса неврологических нарушений: тяжесть повреждения СМ класса ASIA B ($p = 0,001$), время от факта травмы до начала интенсивной терапии ($p = 0,006$). Показано, что тяжесть повреждения СМ класса ASIA B ассоциирована с повышением шансов регресса неврологических нарушений в 18,76 [3,59; 150,75] раза, время от момента травмы до начала интенсивной терапии менее 4,65 ч ассоциировано с повышением шансов регресса неврологических нарушений в 15,18 [2,7; 154,33] раза. Для данной многофакторной модели с помощью ROC-анализа определены наилучшие показатели чувствительности (100,0 %) и специфичности (59,4 %) для порогового значения вероятности регресса неврологических нарушений 9,0 %.

Летальные исходы были зафиксированы у 4 (5,3 %) пациентов группы II с тяжелым повреждением СМ (класс ASIA A). При межгрупповом сравнении показателя летальности статистически значимой разницы не получено ($p = 0,126$). Причинами летальных исходов в двух случаях явилась комбинация пульмоногенного сепсиса, развившегося на фоне тяжелого течения внутригоспитальной пневмонии, и абдоминального сепсиса, развившегося на фоне острого некалькулезного холецистита. В одном случае причиной летального исхода был пульмоногенный сепсис, еще в одном случае – острое нарушение мозгового кровообращения по геморрагическому типу.

С учетом отсутствия статистически значимых различий по частоте летальных исходов в исследуемых группах провели сравнительный анализ для двух исходов: благоприятный – 71 (94,7 %) пациент и летальный – 4 (5,3 %) пациента.

Установлено, что пациенты с неблагоприятным исходом имели статистически значимую разницу в возрасте по отношению к пациентам с благоприятным исходом: 53,5 [48,0; 56,0] года и 33,0 [26,0; 41,5] года соответственно ($p = 0,01$). Также получена значимая разница по сроку поступления в приемное отделение: 30,0 [11,0; 57,5] ч и 5,5 [2,4; 13,5] ч ($p = 0,037$) и времени до декомпрессии СМ от момента травмы: 34,25 [13,88; 68] ч и 9,20 [6,5; 19,75] ч ($p = 0,41$).

Для определения предикторов летальных исходов использовали метод логистической регрессии.

Путем построения однофакторных моделей логистической регрессии выявлены отдельные значимые предикторы неблагоприятных исходов: длительность ИВЛ ($p = 0,002$); длительность нахождения в ОРИТ ($p = 0,003$); продолжительность гемодинамической поддержки ($p = 0,037$); возраст пациента ($p = 0,002$); наличие ишемической болезни сердца ($p = 0,003$); наличие хронической сердечной недостаточности ($p = 0,012$); повреждение СМ на уровне C_3-C_4 ($p = 0,04$). Показано, что длительность ИВЛ более 52 сут ассоциирована с повышением шансов летальности в 140 [7,97; 6116,91] раз; длительность нахождения в ОРИТ более 55,5 сут ассоциирована с повышением шансов летальности в 69 [4,85; 1970,09] раз; продолжительность гемодинамической поддержки более семи суток ассоциирована с повышением шансов летальности в 3,19 [1,5; 11] раза; возраст более 51,5 года ассоциирован с повышением шансов летальности в 69 [4,85; 1970,09] раз; наличие ишемической болезни сердца ассоциировано с повышением шансов летальности в 70 [4,92; 1998,46] раз; наличие хронической сердечной недостаточности ассоциировано с повышением шансов летальности в 20,67 [2,37; 444,19] раза; повреждение СМ на уровне C_3-C_4 ассоциировано с повышением шансов летальности в 23,33 [0,8; 704,15] раза.

Длительность нахождения в ОРИТ составила в группе I – 20 [16; 25] сут,

в группе II – 29 [23,5; 41,75] сут ($p = 0,001$), общая длительность госпитализации в группе I – 38 [27; 46] сут, в группе II – 57 [45,75; 67,5] сут ($p < 0,001$).

Следует отметить, что все результаты исследования получены на фоне применения одинакового подхода к мероприятиям интенсивной терапии в обеих группах по представленным алгоритмам (рис. 2, 3).

Обсуждение

Хотя травматические повреждения позвоночника встречаются достаточно часто, вопросы, касающиеся их, до сих пор дискутируются, особенно при лечении пациентов с тяжелыми травмами [14]. Течение острого и раннего периодов осложненной травмы нижнешейного отдела позвоночника с наличием компрессии СМ мы изучали с учетом фактора срочности декомпрессивно-стабилизирующих операций. В исследование включены только пациенты с изолированной травмой нижнешейного отдела позвоночника, чтобы свести к минимуму возможное влияние на течение травматической болезни СМ других травм.

Известно, что острое повреждение СМ характеризуется ранней респираторной дисфункцией, затрагивающей все уровни респираторной системы [15]. В выполненном исследовании показано, что уже на этапе госпитализации пострадавших выявлялись признаки, свидетельствующие о наличии острого повреждения легких – ОРДС, проявляющегося нарушением газообмена и характерными признаками по данным МСКТ легких. Соответствующие признаки были зарегистрированы в основной группе у 3,0 %, в группе сравнения – у 14,3 % пострадавших. О степени острого повреждения легких мы судили по значениям ИО, которые соответствовали ОРДС легкой и средней степени тяжести.

Полученные данные вполне соответствуют результатам последних экспериментальных исследований, авторы которых показали наличие застоя в легочных капиллярах через 6 ч после

травмы, заполнение легочных альвеол эритроцитами и серозным экссудатом – через 12 ч, наличие кровоизлияний и отеков в интерстиции и альвеолах легких – через 24 ч [16–

18]. Поскольку наиболее частой причиной травматизма в общей выборке пациентов явилась травма, полученная при нырянии на мелководье (49,3 %), логично предположить, что вероятная

аспирация могла послужить первичным повреждающим фактором в патогенезе ОРДС, а также причиной развития пневмонии, которая, по данным научной литературы [19–21], при этом механизме травмы регистрируется в 42,5 % случаев.

Еще более убедительные данные, свидетельствующие о наличии диффузного повреждения легких у изучаемой категории пациентов, получены в 1-е сут после травмы на фоне ИВЛ, когда признаки ОРДС регистрировались в основной группе в 24,2 % случаев, а в группе сравнения – в 57,1 % ($p < 0,001$). Значения ИО свидетельствовали о наличии у всех этих пациентов повреждений легких в легкой или умеренной степени. При наблюдении в динамике характерные рентгенологические признаки ОРДС в виде зон матового стекла в группе I были выявлены у 39,0 % пациентов, а в группе II – у 67,0 % ($p = 0,022$). Полученные результаты совпадают с выводами ранее выполненных клинических исследований, авторы которых показали, что при травме СМ встречаются две распространенные формы респираторных осложнений: острое повреждение легких и его наиболее тяжелая форма – ОРДС, возникающие вследствие как самой травмы, так и пневмонии, шока, аспирации и сепсиса [22–24].

Известно, что развитие осложнений со стороны органов дыхания является наиболее частым и в общей структуре осложнений после травмы СМ. Более того, около 30 % всех смертей при травме СМ обусловлены именно респираторными осложнениями, причем пневмония является наиболее распространенной причиной на всех этапах течения травматической болезни СМ [25], которая серьезно влияет на продолжительность пребывания в больнице и неврологический исход у пациентов с травмой СМ [26, 27]. В выполненном исследовании развитие пневмонии зарегистрировано у 72 % пациентов. Однако декомпрессия СМ в первые восемь часов от момента травмы статистически значимо (на 31 %) снижала как часто-

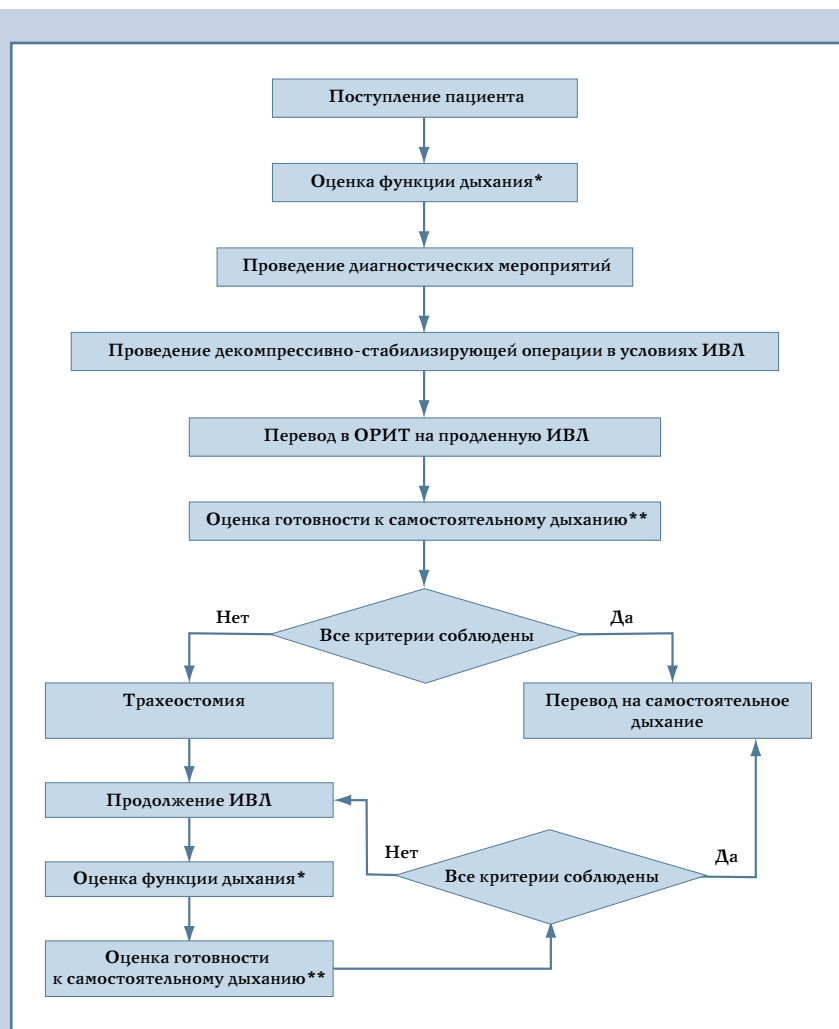


Рис. 2

Алгоритм определения готовности пациентов к самостоятельному дыханию:

* оценка функции системы дыхания: ЧД, SpO₂, газовый состав и КОС артериальной крови; функциональное состояние диафрагмы методом УЗИ (ТДФД, ЭДФД, ЭДСД);

** критерии готовности пациента к самостоятельному дыханию: общие критерии (отсутствие угнетения сознания и патологических ритмов дыхания, полное прекращение действия миорелаксантов и других препаратов, угнетающих дыхание, отсутствие признаков шока, стабильная гемодинамика, отсутствие активного инфекционного процесса); респираторные критерии (ИВЛ во вспомогательных режимах вентиляции с параметрами респираторной поддержки на уровне Pinsp 6–10 мбар и РЕЕР 5–8 мбар, индекс оксигенации >300, SpO₂ > 95 % при использовании FiO₂ < 40 %); дополнительные критерии (значения функционального состояния диафрагмы ТДФД, ЭДФД, ЭДСД должны превышать показатели, зарегистрированные в момент поступления)

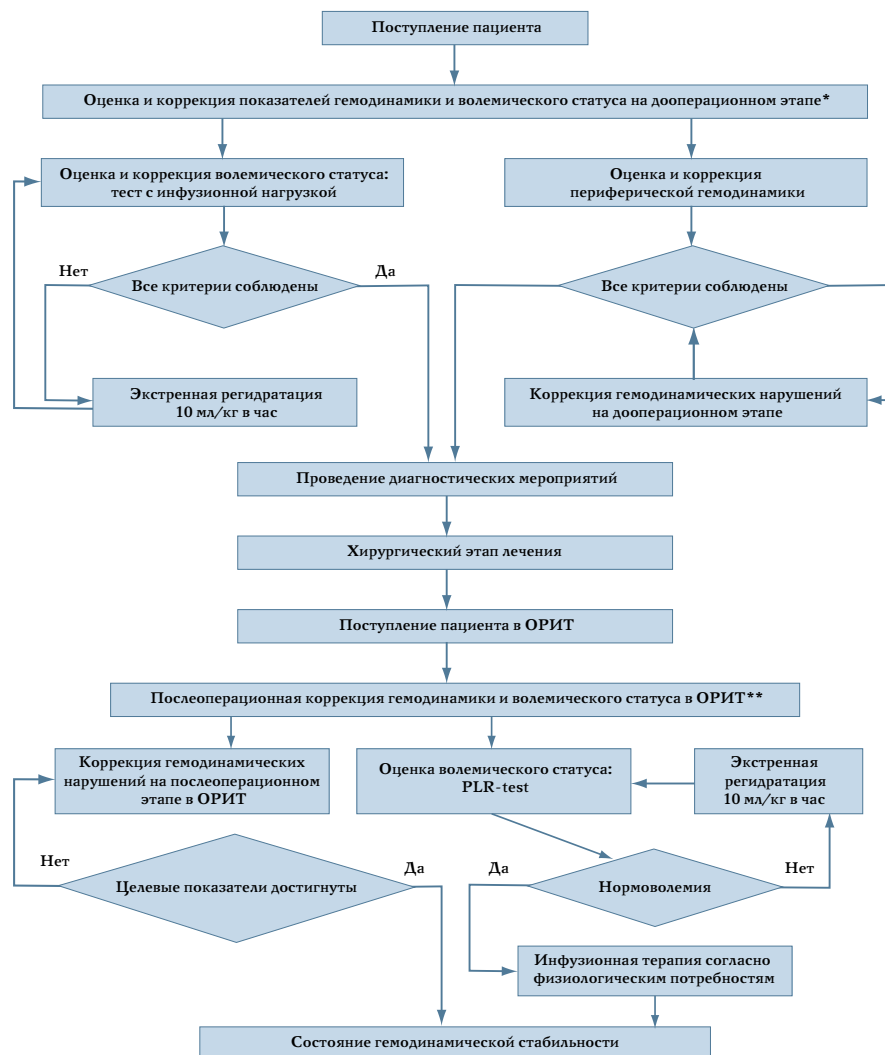


Рис. 3

Алгоритм стабилизации гемодинамики: * оценка волемического статуса (тест с инфузионной нагрузкой – в/в введение кристаллоидного раствора из расчета 3 мл/кг в течении 5–10 мин); оценка и коррекция гемодинамики на дооперационном этапе (целевые показатели АДср ≥ 85 мм рт. ст. и ЧСС ≥ 65 уд. в мин; регистрация АДср ≤ 85 мм рт. ст. и ЧСС ≥ 65 уд. в мин – назначается норэпинефрин в дозировке 0,01–0,50 мкг/кг; регистрация АДср ≥ 85 мм рт. ст. и ЧСС ≤ 65 уд. в мин – назначается допамин в дозировке 1,0–10,0 мкг/кг в мин; регистрация АДср ≤ 85 мм рт. ст. и ЧСС ≤ 65 уд. в мин – назначается норэпинефрин 0,01–0,50 мкг/кг в комбинации с допамином 1,0–10,0 мкг/кг в мин); ** оценка и коррекция показателей системной гемодинамики на послеоперационном этапе в ОРИТ (целевые показатели: АДср 85–95 мм рт. ст.; ЧСС 65–80 уд. в мин; CI 2,5–4,0 л/мин/м²; TPR 800–1200 дин°с/см⁵); на основании показателей центральной гемодинамики определяют тип гемодинамических нарушений и вариант медикаментозной коррекции (тип 1: показатели CI 2,5–4,0 л/мин/м² и TPR ≤ 800 дин°с/см⁵ – при значениях ЧСС ≤ 65 уд. в мин назначается допамин в дозировке 1,0–10,0 мкг/кг в мин, при значениях ЧСС ≥ 65 уд. в мин назначается норэпинефрин 0,01–0,50 мкг/кг; тип 2: CI $\leq 2,5$ л/мин/м² и TPR 800–1200 дин°с/см⁵ – назначается добутамин 1,0–10,0 мкг/кг в мин; тип 3: CI $\leq 2,5$ л/мин/м² и TPR ≤ 800 дин°с/см⁵ – назначается добутамин 1,0–10,0 мкг/кг в мин в комбинации с норэпинефрином 0,01–0,50 мкг/кг); оценка и коррекция волемического статуса: Passive leg raising (PLR test) – при увеличении SV на 10 % и более дополнительно к назначенной ранее терапии назначается экстренная регидратация в объеме 10 мл/кг/ч, при возрастании менее 10 % инфузионная терапия проводится в объеме физиологической потребности с учетом патологических потерь

ту развития пневмоний, так и продолжительность течения патологического процесса. Также проведенный анализ показал, что отношение рисков развития пневмонии при отсроченной декомпрессии СМ в 2,08 [1,17; 3,67] раза выше ($p = 0,01$).

Наличие измененной механики дыхания у изучаемой категории пациентов в силу самой травмы, а также присоединения инфекционных осложнений определяет необходимость ИВЛ [28]. Общая продолжительность ИВЛ в основной группе была значительно меньше. Также зарегистрировано малое количество неудачных случаев отлучения пациентов от ИВЛ – 3,0 % в основной группе против 7,1 % в группе сравнения.

Известно, что при травме СМ задействованы два механизма повреждения нервной ткани – первичное и вторичное. Вторичными повреждениями, которые могут усугубить исходную травму, обычно являются гипоксия и гипотония. В свете нынешнего понимания патогенеза повреждения СМ эпизоды гипотонии в острой фазе травмы снижают перфузию СМ и приводят к более медленному неврологическому восстановлению или его отсутствию [29]. Поэтому основной целью лечения является поддержание уровня АДср 85–90 мм рт. ст. в течение семи дней после травмы СМ. Для поддержания рекомендуемых значений АД требуется интенсивное управление гемодинамикой. Обычно используются вазопрессорные препараты, которые могут давать свои собственные осложнения [30, 31].

По отношению к общей выборке пациентов мы придерживались существующих мировых рекомендаций. Вместе с тем расширенный мониторинг показателей гемодинамики позволил выявить три варианта гемодинамических нарушений и определить возможность индивидуализированного подхода с корректным выбором препаратов и подбором адекватной дозы для достижения эффективных значений АД с учетом установленного гемодинамического профиля пациента. Полученные результаты

созвучны с мнением других исследователей о том, что гипотония представляет собой спектр гемодинамических профилей, учет этого фактора является очень важным для принятия решений по лечению пациентов [32, 33].

Мы установили, что гемодинамическая поддержка зависит от срочности выполнения хирургической декомпрессии СМ и статистически значимо менее продолжительна при выполнении операции в первые восемь часов после травмы. Этот результат безусловно явился следствием не только своевременного устранения продолжающейся компрессии СМ, но и максимально раннего начала лечебных мероприятий по устранению гемодинамических нарушений. При этом именно достижение гемодинамической стабильности на этапе госпитализации пострадавших позволяло выполнять декомпрессивно-стабилизирующие операции в максимально ранние сроки.

Есть сведения, что после травмы СМ возникает интенсивная системная воспалительная реакция, что способствует органной дисфункции [34]. Для определения тяжести состояния пациентов и количественной оценки случаев органной дисфункции мы использовали шкалы SOFA и APACHE II, которые широко применяются в общемировой практике отделений ОРИТ [35, 36]. При межгрупповом сравнении установлено, что совокупный балл SOFA и аналогичный показатель APACHE II на большинстве этапов исследования оказались статистически значимо меньшими у пациентов основной группы исследования.

Полученные результаты оценки тяжести состояния и выраженности органной дисфункции, на наш взгляд, обусловлены тем фактом, что пациенты группы I имели значительно меньшее количество осложнений со стороны респираторной системы как инфекционного, так и неинфекционного характера. Также имела значение и продолжительность осуществления гемодинамической поддержки, которая в группе I была статистически значимо меньшей. Именно показате-

ли, свидетельствующие о нарушениях функции респираторной и сердечно-сосудистой систем, учитываемые в используемых шкалах, и являлись определяющими при расчете совокупного количества баллов.

У пациентов, перенесших раннюю декомпрессивную операцию, наблюдается более высокий уровень улучшения исходного неврологического статуса, в ряде случаев на две степени по шкале повреждений ASIA [37, 38]. Выполненное исследование продемонстрировало, что ранняя хирургическая декомпрессия была связана с благоприятным неврологическим восстановлением у 30,3 % пациентов против 2,0 % случаев, когда декомпрессия СМ выполнялась отсрочено ($p < 0,001$). Результаты, полученные при многофакторном регрессионном анализе, указывают на то, что раннее начало мероприятий комплексной интенсивной терапии, направленных на коррекцию органной дисфункции, в совокупности с ранним устранением компрессии СМ являются значимыми предикторами регресса исходного неврологического дефицита по шкале ASIA.

В выполненном нами исследовании показано, что продолжительность нахождения пациентов в ОРИТ и общая длительность госпитализации имеют статистически значимые межгрупповые различия ($p = 0,001$) и указывают на преимущества ранних декомпрессивно-стабилизирующих вмешательств.

Известно, что пациенты с травмами СМ имеют высокий риск летальных исходов. Последние исследования показывают, что внутрибольничная летальность у изучаемой категории пациентов колеблется от 5,0 до 12,6 % [14, 36]. Есть сведения, что у пациентов с тетраплегией летальность может достигать 22,0 %. При этом респираторные осложнения и сердечно-сосудистые причины (ОШ = 39,03; 95 % ДИ = 8,29–183,89) были значимыми факторами риска, связанными с неблагоприятным исходом [39]. Летальность в нашем исследовании, которая составила 5,3 %, стремится к минимальным

показателям, представленным в научных источниках. Все случаи летальных исходов были у пациентов с тяжестью повреждений СМ ASIA A, которым хирургическую декомпрессию СМ выполняли в сроки более восьми часов от момента травмы. Причинами летальных исходов в 75,0 % случаев служили тяжелые инфекционные осложнения.

Заклучение

Полученные в ходе исследования результаты дают право считать, что мак-

симально раннее проведение декомпрессиивно-стабилизирующих операций в совокупности с максимально ранним началом осуществления комплекса мероприятий интенсивной терапии имеют значимое положительное влияние на течение острого и раннего периодов травматической болезни СМ: уменьшают количество респираторных осложнений и выраженность органных дисфункций, сокращают продолжительность ИВЛ и гемодинамической поддержки, снижают сроки наблюдения и лечения пациентов

в реанимации, общую длительность госпитализации и летальность.

Исследование не имело спонсорской поддержки. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Проведение исследования одобрено локальным этическим комитетом учреждения.

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

Литература/References

- van Den Hauwe L, Sundgren PC, Flanders AE, Hodler J, Kubik-Huch RA, von Schulthess GK. Spinal Trauma and Spinal Cord Injury (SCI). In: Hodler J, Kubik-Huch RA, von Schulthess GK, editors. Diseases of the Brain, Head and Neck, Spine 2020–2023: Diagnostic Imaging [Internet]. Cham (CH): Springer; 2020. Chapter 19. DOI: 10.1007/978-3-030-38490-6_19.
- Anandasivam NS, Ondeck NT, Bagi PS, Galivanche AR, Samuel AM, Bohl DD, Grauer JN. Spinal fractures and/or spinal cord injuries are associated with orthopedic and internal organ injuries in proximity to the spinal injury. N Am Spine Soc J. 2021;6:100057. DOI: 10.1016/j.xnsj.2021.100057.
- Badhiwala JH, Wilson JR, Witiw CD, Harrop JS, Vaccaro AR, Aarabi B, Grossman RG, Geisler FH, Fehlings MG. The influence of timing of surgical decompression for acute spinal cord injury: a pooled analysis of individual patient data. Lancet Neurol. 2021;20:117–126. DOI: 10.1016/S1474-4422(20)30406-3.
- Ramakonar H, Fehlings MG. 'Time is Spine': new evidence supports decompression within 24 h for acute spinal cord injury. Spinal Cord. 2021;59:933–934. DOI: 10.1038/s41393-021-00654-0.
- Lee BJ, Jeong JH. Early decompression in acute spinal cord injury: review and update. J Korean Neurosurg Soc. 2023;66:6–11. DOI: 10.3340/jkns.2022.0107.
- Виссарионов С.В., Белянчиков С.М., Солохина И.Ю., Кокушин Д.Н. Оценка временного фактора операции на динамику неврологических нарушений у детей с позвоночно-спинномозговой травмой // Успехи современного естествознания. 2015. № 4. С. 14–18. [Vissarionov SV, Belyanchikov SM, Solokhina IYu, Kokurin DN. Influence of surgical treatment timing on development of neurological disorders in children with spinal cord injury // Advances in current natural science. 2015;4:14–18].
- Burke JF, Yue JK, Ngwenya LB, Winkler EA, Talbott JF, Pan JZ, Ferguson AR, Beattie MS, Bresnahan JC, Haefeli J, Whetstone WD, Suen CG, Huang MC, Manley GT, Tarapore PE, Dhall SS. ultra-early (<12 hours) surgery correlates with higher rate of American Spinal Injury Association Impairment Scale conversion after cervical spinal cord injury. Neurosurgery. 2019;85:199–203. DOI: 10.1093/neuros/nyy537.
- Ma Y, Zhu Y, Zhang B, Wu Y, Liu X, Zhu Q. The impact of urgent (<8 hours) decompression on neurologic recovery in traumatic spinal cord injury: a meta-analysis. World Neurosurg. 2020;140:e185–e194. DOI: 10.1016/j.wneu.2020.04.230.
- Qiu Y, Chen Y, Xie Y, Xie H, Dong J. Comparative analysis of the efficacy of early and late surgical intervention for acute spinal cord injury: A systematic review and meta-analysis based on 16 studies. Int J Surg. 2021;94:106098. DOI: 10.1016/j.ijsu.2021.106098.
- Liu Y, Shi CG, Wang XW, Chen HJ, Wang C, Cao P, Gao R, Ren XJ, Luo ZJ, Wang B, Xu JG, Tian JW, Yuan W. Timing of surgical decompression for traumatic cervical spinal cord injury. Int Orthop. 2015;39:2457–2463. DOI: 10.1007/s00264-014-2652-z.
- Guest J, Datta N, Jimshelishvili G, Gater DR Jr. Pathophysiology, classification and comorbidities after traumatic spinal cord injury. J Pers Med. 2022;12:1126. DOI: 10.3390/jpm12071126.
- Knaus WA, Draper EA, Wagner DP, Zimmerman JE. APACHE II: a severity of disease classification system. Crit Care Med. 1985;13:818–829. DOI: 10.1097/000034465-198603000-00013.
- Lambden S, Laterre PF, Levy MM, Francois B. The SOFA score-development, utility and challenges of accurate assessment in clinical trials. Crit Care. 2019;23:374. DOI: 10.1186/s13054-019-2663-7.
- Spota A, Giorgi PD, Cioffi SPB, Altomare M, Schiro GR, Legrenzi S, Villa FG, Chiara O, Cimbanassi S. Spinal injury in major trauma: Epidemiology of 1104 cases from an Italian first level trauma center. Injury. 2023;54:1144–1150. DOI: 10.1016/j.injury.2023.02.039.
- Mokra D. Acute lung injury – from pathophysiology to treatment. Physiol Res. 2020;69(Suppl 3):S353–S366. DOI: 10.33549/physiolres.934602.
- He B, Nan G. Pulmonary edema and hemorrhage after acute spinal cord injury in rats. Spine J. 2016;16:547–551. DOI: 10.1016/j.spinee.2015.11.065.
- Huffman EE, Dong BE, Clarke HA, Young LEA, Gentry MS, Allison DB, Sun RC, Waters CM, Alilain WJ. Cervical spinal cord injury leads to injury and altered metabolism in the lungs. Brain Commun. 2023;5:fcad091. DOI: 10.1093/braincomms/fcad091.
- Chu R, Wang N, Bi Y, Nan G. Rapamycin prevents lung injury related to acute spinal cord injury in rats. Sci Rep. 2023;13:10674. DOI: 10.1038/s41598-023-37884-6.
- Первухин С.А., Филичкина Е.А., Стаценко И.А., Пальмаш А.В., Витковская И.В., Лебедева М.Н. Этиология госпитальной пневмонии у пациентов с осложненной травмой шейного отдела позвоночника // Вестник интенсивной терапии им. А.И. Салтанова. 2020;(3):104–114. [Pervukhin SA, Filichkina EA, Statsenko IA, Palmash AV, Vitkovskaya IV, Lebedeva MN. Etiology of hospital-acquired pneumonia in patients with complicated cervical spine injury. A retrospective study. Annals of critical care. 2020;(3):104–114]. DOI: 10.21320/18-474-X-2020-3-104-114.
- Ull C, Yilmaz E, Jansen O, Lotzien S, Schildhauer TA, Aach M, Konigshausen M. Spinal cord injury with tetraplegia in young persons after diving into shallow water: what has changed in the past 10 to 15 years? Global Spine J. 2021;11:1238–1247. DOI: 10.1177/2192568220944124.

21. Stuhr M, Kowald B, Schulz AP, Meyer M, Hirschfeld S, Bothig R, Thietje R. Demographics and functional outcome of shallow water diving spinal injuries in northern Germany – A retrospective analysis of 160 consecutive cases. *Injury*. 2023;S0020–1383(23)00198–5. DOI: 10.1016/j.injury.2023.03.002.
22. Veeravagu A, Jiang B, Rincon F, Maltenfort M, Jallo J, Ratliff JK. Acute respiratory distress syndrome and acute lung injury in patients with vertebral column fracture(s) and spinal cord injury: a nationwide inpatient sample study. *Spinal Cord*. 2013;51:461–465. DOI: 10.1038/sc.2013.16.
23. Santa Cruz R, Alvarez LV, Heredia R, Villarejo F. Acute respiratory distress syndrome: mortality in a single center according to different definitions. *J Intensive Care Med*. 2017;32:326–332. DOI: 10.1177/0885066615608159.
24. Chen M, Lu J, Chen Q, Cheng L, Geng Y, Jiang H, Wang X. [Statin in the treatment of ALI/ARDS: a systematic review and Meta-analysis based on international databases]. *Zhonghua Wei Zhong Bing Ji Jiu Yi Xue*. 2017;29:51–56. DOI: 10.3760/cma.j.issn.2095-4352.2017.01.011. In Chinese.
25. Savic G, DeVivo MJ, Frankel HL, Jamous MA, Soni BM, Charlifue S. Causes of death after traumatic spinal cord injury – a 70-year British study. *Spinal Cord*. 2017;55:891–897. DOI: 10.1038/sc.2017.64.
26. Agostinello J, Battistuzzo CR, Batchelor PE. Early clinical predictors of pneumonia in critically ill spinal cord injured individuals: a retrospective cohort study. *Spinal Cord*. 2019;57:41–48. DOI: 10.1038/s41393-018-0196-6.
27. Raab AM, Mueller G, Elsig S, Gandevia SC, Zwahlen M, Hopman MTE, Hilfiker R. Systematic review of incidence studies of pneumonia in persons with spinal cord injury. *J Clin Med*. 2021;11:211. DOI: 10.3390/jcm11010211.
28. Schreiber AF, Garlasco J, Vieira F, Lau YH, Stavi D, Lightfoot D, Rigamonti A, Burns K, Friedrich JO, Singh JM, Brochard LJ. Separation from mechanical ventilation and survival after spinal cord injury: a systematic review and meta-analysis. *Ann Intensive Care*. 2021;11:149. DOI: 10.1186/s13613-021-00938-x.
29. Ryken TC, Hurlbert RJ, Hadley MN, Aarabi B, Dhall SS, Gelb DE, Rozzelle CJ, Theodore N, Walters BC. The acute cardiopulmonary management of patients with cervical spinal cord injuries. *Neurosurgery*. 2013;72 Suppl 2:84–92. DOI: 10.1227/NEU.0b013e318276ee16.
30. Tee JW, Altaf F, Belanger L, Ailon T, Street J, Paquette S, Boyd M, Fisher CG, Dvorak MF, Kwon BK. Mean arterial blood pressure management of acute traumatic spinal cord injured patients during the pre-hospital and early admission period. *J Neurotrauma*. 2017;34:1271–1277. DOI: 10.1089/neu.2016.4689.
31. Evaniew N, Mazlouman SJ, Belley-Cote EP, Jacobs WB, Kwon BK. Interventions to optimize spinal cord perfusion in patients with acute traumatic spinal cord injuries: a systematic review. *J Neurotrauma*. 2020;37:1127–1139. DOI: 10.1089/neu.2019.6844.
32. Summers RL, Baker SD, Sterling SA, Porter JM, Jones AE. Characterization of the spectrum of hemodynamic profiles in trauma patients with acute neurogenic shock. *J Crit Care*. 2013;28:531.e1–e5. DOI: 10.1016/j.jccr.2013.02.002.
33. Lee YS, Kim KT, Kwon BK. Hemodynamic management of acute spinal cord injury: a literature review. *Neurospine*. 2021;18:7–14. DOI: 10.14245/ns.2040144.072.
34. Sun X, Jones ZB, Chen XM, Zhou L, So KF, Ren Y. Multiple organ dysfunction and systemic inflammation after spinal cord injury: a complex relationship. *J Neuroinflammation*. 2016;13:260. DOI: 10.1186/s12974-016-0736-y.
35. Moreno R, Rhodes A, Piquilloud L, Hernandez G, Takala J, Gershengorn HB, Tavares M, Coopersmith CM, Myatra SN, Singer M, Rezende E, Prescott HC, Soares M, Timsit JF, de Lange DW, Jung C, De Waele JJ, Martin GS, Summers C, Azoulay E, Fujii T, McLean AS, Vincent JL. The Sequential Organ Failure Assessment (SOFA) Score: has the time come for an update? *Crit Care*. 2023;27:15. DOI: 10.1186/s13054-022-04290-9.
36. Esmor s-Arijon I, Galeiras R, Montoto Marques A, Pertega Diaz S. Organ dysfunction as determined by the SOFA score is associated with prognosis in patients with acute traumatic spinal cord injury above T6. *Spinal Cord*. 2022;60:274–280. DOI: 10.1038/s41393-021-00701-w.
37. Hsieh YL, Tay J, Hsu SH, Chen WT, Fang YD, Liew CQ, Chou EH, Wolfshohl J, d'Etienne J, Wang CH, Tsuang FY. Early versus late surgical decompression for traumatic spinal cord injury on neurological recovery: a systematic review and meta-analysis. *J Neurotrauma*. 2021;38:2927–2936. DOI: 10.1089/neu.2021.0102.
38. Eli I, Lerner DP, Ghogawala Z. Acute traumatic spinal cord injury. *Neurol Clin*. 2021;39:471–488. DOI: 10.1016/j.ncl.2021.02.004.
39. Chhabra HS, Sharawat R, Vishwakarma G. In-hospital mortality in people with complete acute traumatic spinal cord injury at a tertiary care center in India – a retrospective analysis. *Spinal Cord*. 2022;60:210–215. DOI: 10.1038/s41393-021-00657-x.

Адрес для переписки:

Стаценко Иван Анатольевич
630091, Россия, Новосибирск, ул. Фрунзе, 17,
Новосибирский НИИ травматологии и ортопедии
им. Я.Л. Цивьяна,
Stacenko_i@mail.ru

Address correspondence to:

Statsenko Ivan Anatolyevich
Novosibirsk Research Institute of Traumatology and Orthopaedics
n.a. Ya.L. Tsivyan,
17 Frunze str., Novosibirsk, 630091, Russia,
Stacenco_i@mail.ru

Статья поступила в редакцию 15.05.2024

Рецензирование пройдено 30.05.2024

Подписано в печать 04.06.2024

Received 15.05.2024

Review completed 30.05.2024

Passed for printing 04.06.2024

Иван Анатольевич Стаценко, врач-анестезиолог-реаниматолог отделения анестезиологии-реанимации с палатами реанимации и интенсивной терапии, Новосибирский научно-исследовательский институт травматологии и ортопедии им. Я.Л. Цивьяна, Россия, 630091, Новосибирск, ул. Фрунзе, 17, ORCID: 0000-0003-2860-9566, Stacenko_i@mail.ru;

Майя Николаевна Лебедева, д-р мед. наук, начальник научно-исследовательского отделения анестезиологии и реаниматологии, Новосибирский научно-исследовательский институт травматологии и ортопедии им. Я.Л. Цивьяна, Россия, 630091, Новосибирск, ул. Фрунзе, 17, ORCID: 0000-0002-9911-8919, MLebedeva@niito.ru;

Алексей Викторович Пальмаиш, врач-анестезиолог-реаниматолог отделения анестезиологии-реанимации с палатами реанимации и интенсивной терапии, Новосибирский научно-исследовательский институт травматологии и ортопедии им. Я.Л. Цивьяна, Россия, 630091, Новосибирск, ул. Фрунзе, 17, ORCID: 0000-0002-2454-477X, alexpslmaspb@gmail.com;

Виталий Леонидович Лукинов, канд. физ.-мат. наук, ведущий научный сотрудник, отдел организации научных исследований, Новосибирский научно-исследовательский институт травматологии и ортопедии им. Я.Л. Цивьяна, Россия, 630091, Новосибирск, ул. Фрунзе, 17, ORCID: 0000-0002-3411-508X, vitaliy.lukinov@gmail.com;

Виктор Викторович Рерих, д-р мед. наук, проф., начальник научно-исследовательского отделения патологии позвоночника, Новосибирский научно-исследовательский институт травматологии и ортопедии им. Я.Л. Цивьяна, Россия, 630091, Новосибирск, ул. Фрунзе, 17, ORCID: 0000-0001-8545-0024, rvv_nsk@mail.ru.

Ivan Anatolyevich Statsenko, anesthesiologist-intensivist of the intensive care unit, Novosibirsk Research Institute of Traumatology and Orthopaedics n.a. Ya.L. Tsivyan, 17 Frunze str., Novosibirsk, 630091, Russia, ORCID: 0000-0003-2860-9566, Stacenco_i@mail.ru;

Maya Nikolayevna Lebedeva, DMSc, Head of Research Department of Anesthesiology and Reanimatology, Novosibirsk Research Institute of Traumatology and Orthopaedics n.a. Ya.L. Tsivyan, 17 Frunze str., Novosibirsk, 630091, Russia, ORCID: 0000-0002-9911-8919, MLebedeva@niito.ru;

Aleksey Viktorovich Palmash, anesthesiologist-intensivist of the intensive care unit, Novosibirsk Research Institute of Traumatology and Orthopaedics n.a. Ya.L. Tsivyan, 17 Frunze str., Novosibirsk, 630091, Russia, ORCID: 0000-0002-2454-477X, alexpalsmaspb@gmail.com;

Vitaliy Leonidovich Lukinov, PhD in Physics and Mathematics, leading researcher, Department of organization of scientific research, Novosibirsk Research Institute of Traumatology and Orthopaedics n.a. Ya.L. Tsivyan, 17 Frunze str., Novosibirsk, 630091, Russia, ORCID: 0000-0002-3411-508X, vitaliy.lukinov@gmail.com;

Viktor Viktorovich Rerikh, DMSc, Prof., Head of the Research Department of Spine Pathology, Novosibirsk Research Institute of Traumatology and Orthopaedics n.a. Ya.L. Tsivyan, 17 Frunze str., Novosibirsk, 630091, Russia, ORCID: 0000-0001-8545-0024, rvv_nsk@mail.ru.

Федеральное государственное бюджетное учреждение
«Новосибирский научно-исследовательский институт
травматологии и ортопедии им. Я.Л. Цивьяна»
Министерства здравоохранения Российской Федерации

Объявляет конкурсный прием

в ординатуру по специальностям «травматология и ортопедия», «нейрохирургия»,
«анестезиология-реаниматология» и в аспирантуру по направлению «Клиническая
медицина» по специальностям «травматология и ортопедия», «нейрохирургия»,
«анестезиология-реаниматология»

Контактная информация: niito@niito.ru
Тел.: 8 (383) 363-39-81



ЭФФЕКТИВНОСТЬ И БЕЗОПАСНОСТЬ КОНСЕРВАТИВНОЙ ТЕРАПИИ У ПАЦИЕНТОВ СО ВЗРЫВНЫМИ НЕОСЛОЖНЕННЫМИ ПЕРЕЛОМАМИ ГРУДНОГО И ПОЯСНИЧНОГО ОТДЕЛОВ ПОЗВОНОЧНИКА: МЕТААНАЛИЗ

А.А. Гринь, В.А. Каранадзе, А.Ю. Кордонский, А.Э. Талыпов, И.С. Львов, Р.И. Абдрафиев

Научно-исследовательский институт скорой помощи им. Н.В. Склифосовского, Москва, Россия

Цель исследования. Метаанализ исследований, посвященных консервативному лечению взрывных переломов грудного и поясничного отделов позвоночника, а также определение эффективности и безопасности этого метода в рассматриваемой группе пациентов.

Материал и методы. Работа выполнена в соответствии с рекомендациями PRISMA. Критерии включения в метаанализ: наличие в доступе полнотекстовой версии статьи на английском или русском языках; переломы типов А3 или А4 по классификации AOSpine либо взрывные переломы типов ПА, ПВ или ПС по классификации Denis, либо прямое указание на наличие у пациентов взрывного перелома без его классификации; отсутствие неврологического дефицита; возраст старше 18 лет; описание результатов лечения или развившихся осложнений; катамнез не менее одного года.

Результаты. В метаанализ включены 29 статей, описывающих результаты лечения 1107 пациентов. На момент поступления у пациентов рассчитаны следующие рентгенологические параметры: средний угол кифотической деформации — 13,6° (95 % ДИ, 10,8–16,5); степень компрессии тела позвонка — 39,9 % (95 % ДИ, 27,7–52,0); просвет позвоночного канала уменьшен — на 41,7 % (95 % ДИ, 29,2–54,2). При контрольном осмотре выявлено значимое нарастание сегментарного кифоза на 3°, компрессии тела позвонка — на 3,7 % и лизиса костных отломков со снижением степени стеноза позвоночного канала — в 2 раза. Частота развития неврологического дефицита и прогрессирования нестабильности грудного и поясничного отделов позвоночника составила 5,8 % (95 % ДИ, 4,1–8,1) и 6,5 % (95 % ДИ, 4,5–9,3) соответственно. Восстановление трудоспособности в соответствии со шкалой Denis было следующим: W1 и W2 — 74,7 % (95 % ДИ, 63,9–83,1); W3 — 14,1 % (95 % ДИ, 10,2–19,3); W4 и W5 — 14,8 % (95 % ДИ, 8,8–23,9).

Заключение. Консервативная терапия у пациентов с переломами грудного и поясничного отделов позвоночника без неврологического дефицита может быть эффективной и безопасной опцией при условии угловой деформации до 16° и степени компрессии передних отделов тела позвонка до 52 %. На фоне консервативной терапии отмечено снижение совокупного показателя степени стеноза позвоночного канала в 2 раза за счет лизиса костных отломков. Совокупная частота развития радикулопатии или миелопатии при консервативной терапии составила 5,8 %. Ортопедическое вмешательство по причине прогрессирования нестабильности поврежденного сегмента может потребоваться 6,5 % больных. Более 90,0 % пациентов после консервативной терапии вернулись к труду на полный рабочий день. Сравнительные исследования эффективности консервативной терапии и хирургического лечения должны быть продолжены для формирования четких рекомендаций по выбору тактики лечения пациентов с неосложненными переломами грудного и поясничного отделов позвоночника.

Ключевые слова: взрывные неосложненные переломы, грудной отдел позвоночника, поясничный отдел позвоночника, хирургическое лечение, консервативная терапия.

Для цитирования: Гринь А.А., Каранадзе В.А., Кордонский А.Ю., Талыпов А.Э., Львов И.С., Абдрафиев Р.И. Эффективность и безопасность консервативной терапии у пациентов со взрывными неосложненными переломами грудного и поясничного отделов позвоночника: метаанализ // Хирургия позвоночника. 2024. Т. 21. № 2. С. 27–38.

DOI: <http://dx.doi.org/10.14531/ss2024.2.27-38>.

EFFICACY AND SAFETY OF CONSERVATIVE TREATMENT IN PATIENTS WITH NEUROLOGICALLY INTACT THORACOLUMBAR BURST FRACTURES: A META-ANALYSIS

A.A. Grin, V.A. Karanadze, A.Yu. Kordonskiy, A.E. Talygov, I.S. Lvov, R.I. Abdrafiev

N.V. Sklifosovsky Research Institute for Emergency Medicine, Moscow, Russia

Objective. To conduct a meta-analysis of studies focused on the conservative treatment of thoracolumbar burst fractures, and to determine the efficacy and safety of this method in the observed group of patients.

Material and Methods. The study was performed following PRISMA guidelines. Inclusion criteria for meta-analysis were as follows: availability of full-text version of the article in English or Russian; A3 or A4 type fractures according to the AOSpine classification, or burst

fractures of types IIA, IIB or IIC according to the Denis classification, or a direct indication of the presence of a burst fracture without its classification; absence of neurological deficit; age over 18 years; detailed description of treatment outcomes or complications; and a follow-up for at least one year.

Results. The meta-analysis included 29 articles describing the results of treatment of 1107 patients. At the time of admission, the following radiographic parameters were calculated for patients: mean kyphotic angle, 13.6 (95 % CI, 10.8–16.5), degree of vertebral body compression, 39.9 % (95 % CI, 27.7–52.0), and the degree of compression of the spinal canal lumen, 41.7 % (95 % CI, 29.2–54.2). A follow-up examination revealed a significant increase in segmental kyphosis by 3%, in vertebral body compression by 3.7 %, and lysis of bone fragments with a decrease in the degree of spinal canal stenosis by 2 times. The incidence of neurological deficit and progression of thoracic and lumbar spine instability was 5.8 % (95 % CI, 4.1–8.1) and 6.5 % (95 % CI, 4.5–9.3), respectively. Recovery of work ability according to Denis scale was as follows: W1 and W2 – 74.7 % (95 % CI, 63.9–83.1); W3 – 14.1 % (95 % CI, 10.2–19.3); and W4 and W5 – 14.8 % (95 % CI, 8.8–23.9).

Conclusion. Conservative treatment of neurologically intact thoracolumbar burst fractures can be an effective and safe option if the angular deformity does not exceed 16 degrees and the anterior vertebral body compression rate is up to 52 %. With conservative therapy, a twofold reduction in spinal canal stenosis was observed due to the lysis of bone fragments. The pooled prevalence of radiculopathy or myelopathy with conservative therapy was 5.8 %. Orthopedic intervention due to the progression of instability of the damaged segment may be required in 6.5 % of patients. More than 90 % of patients returned to full-time work following conservative therapy. Comparative studies on the effectiveness of conservative therapy versus surgical treatment should be continued to form clear recommendations for the choice of treatment tactics for patients with uncomplicated fractures of the thoracic and lumbar spine.

Key Words: uncomplicated burst fractures, thoracic spine, lumbar spine, surgical treatment, conservative therapy.

Please cite this paper as: Grin AA, Karanadze VA, Kordonskiy AY, Talyov AE, Lvov IS, Abdrafiev RI. Efficacy and safety of conservative treatment in patients with neurologically intact thoracolumbar burst fractures: a meta-analysis. Russian Journal of Spine Surgery (Khirurgiya Pozvonochnika). 2024;21(2):27–38. In Russian. DOI: <http://dx.doi.org/10.14531/ss2024.2.27-38>.

Консервативная терапия при неосложненных взрывных (типы A3 и A4 по классификации AOSpine) переломах грудного и поясничного отделов позвоночника является одной из наиболее обсуждаемых проблем в спинальной хирургии. Данные литературы по этому вопросу зачастую противоречивы. Отечественные протоколы лечения позвоночно-спинальной травмы либо рекомендуют хирургическое лечение [1], либо не дают каких-то четких рекомендаций в отношении консервативной терапии [2]. Зарубежные рекомендательные протоколы рассматривают возможность консервативного лечения в качестве опции в случае незначительных степеней кифоза и компрессии тела позвонка [3, 4]. Несмотря на то что более 20 лет назад опубликованы рандомизированные клинические исследования, демонстрирующие сопоставимость клинических результатов применения хирургического и консервативного лечения при взрывных переломах грудного и поясничного отделов позвоночника [5, 6], консервативное лечение не получило большого распространения. В пер-

вую очередь это может быть обусловлено очевидным опасением прогрессирования дислокации костных отломков с последующим развитием неврологического дефицита. В литературе практически нет систематических обзоров, демонстрирующих безопасность и надежность консервативной терапии у пациентов с переломами грудного и поясничного отделов позвоночника типов A3 и A4 по AOSpine. Опубликованные метаанализы посвящены сравнению методов хирургического и консервативного лечения и не дают представления об осложнениях и исходах. Единственный систематический обзор, анализирующий осложнения консервативной терапии [7], был проведен с методическими неточностями, что могло существенно повлиять на оценку частоты несостоятельности изучаемого метода лечения при взрывных переломах грудного и поясничного отделов позвоночника.

Цель исследования – метаанализ исследований, посвященных консервативному лечению взрывных переломов грудного и поясничного отделов позвоночника, а также определение

эффективности и безопасности этого метода в рассматриваемой группе пациентов.

Материал и методы

Выбор статей

Систематический обзор выполнен в соответствии с рекомендациями Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses (PRISMA) [8], исследование зарегистрировано в регистре PROSPERO (№ CRD42023476539).

Запрос, который использовали при поиске в базе данных Pubmed, содержал следующие ключевые слова: (Lumbar vertebrae [MeSH] OR Thoracic vertebrae [MeSH] OR spine [MeSH] OR Thoracolumbar [TIAB] OR thoracolumbar [TIAB] OR thoracolumbar [TIAB] OR thoracolumbar burst [Title]) AND (Injur* [TIAB] OR trauma* [TIAB] OR fractur* [TIAB] OR dislocation* [TIAB]) NOT animal [MeSH] NOT human [MeSH] NOT cadaver [MeSH] NOT cadaver* [Titl] NOT comment [PT] NOT letter [PT] NOT editorial [PT] NOT news [PT] NOT “newspaper article” [PT] NOT osteoporosis [MH] NOT osteoporotic fractures [MH] NOT osteoporot*

NOT spinal neoplasms [MH] NOT tumor* [TITLE] NOT malignan* [TITLE].

Критерии включения статей в метаанализ:

- 1) дата публикации с 01.01.1984 по 31.12.2022;
- 2) наличие в доступе полнотекстовой версии статьи на английском или русском языках;
- 3) тип перелома А3 или А4 по классификации AOSpine либо взрывные переломы IIA, IIB или IIC по классификации Denis, либо прямое указание автора на наличие у пациентов взрывного перелома без его классификации;
- 4) отсутствие травмы спинного мозга или его корешков на момент поступления пациента в стационар;
- 5) возраст пациентов старше 18 лет;
- 6) описание в исследовании результатов лечения или развившихся осложнений;
- 7) сбор отдаленных результатов не ранее чем через год после окончания консервативного лечения.

Все статьи, не соответствующие данным критериям, были исключены из исследования. Алгоритм поиска и выбора статей представлен на рис. 1.

Сбор данных

Данные из каждой статьи заносили в определенную ячейку таблицы. Если соответствующая информация в тексте статьи отсутствовала, в ячейке писали «нет данных» (н.д.). Базовая информация включала в себя размер выборки, средний возраст пациентов, распределение по полу, диагноз, механизм травмы. Основной блок данных включал следующую информацию: алгоритм проведенного лечения, срок постельного режима, срок иммобилизации грудного и поясничного отделов позвоночника корсетом, осложнения консервативной терапии, частоту перехода от консервативного лечения к хирургическому, радиологические показатели при поступлении и во время финального осмотра, продолжительность госпитализации, средний срок финального осмотра, выраженность болевого синдрома по Denis (табл. 1) и по ВАШ, результаты трудовой адаптации по шкале Denis (табл. 2), а также качество жизни на момент

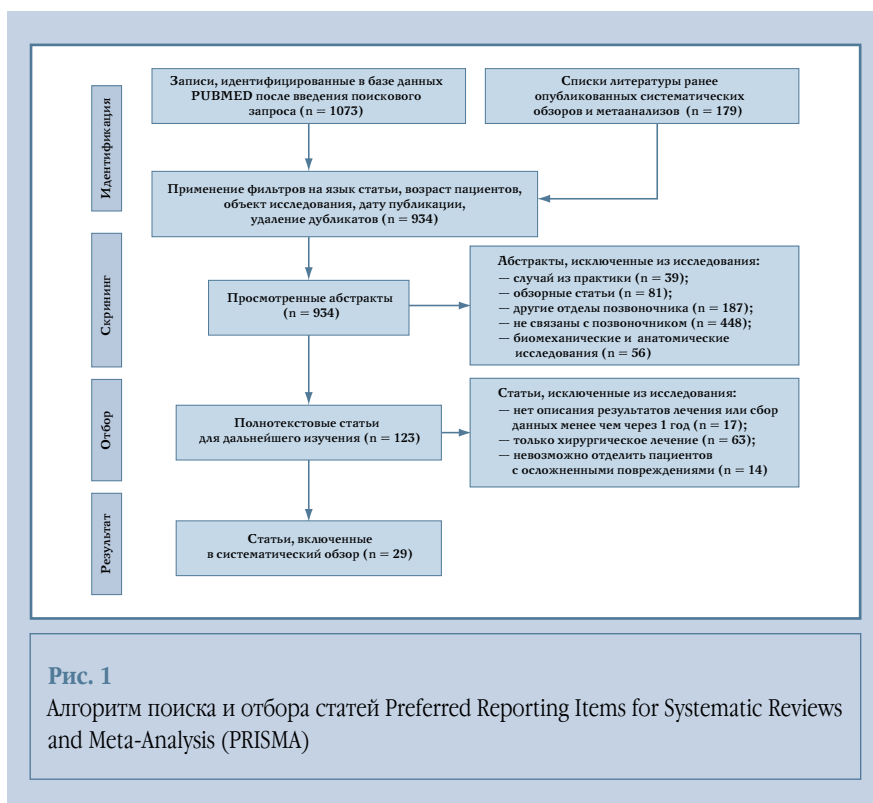


Рис. 1

Алгоритм поиска и отбора статей Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analysis (PRISMA)

Таблица 1

Шкала выраженности болевого синдрома по Denis et al. [12]

Класс	Характеристика
P1	Боли нет
P2	Минимальная боль, обезболивание не нужно
P3	Умеренная боль, требует эпизодического приема медикаментов, не влияет на трудовую активность
P4	Умеренная и выраженная боль, требует частого приема обезболивающих, является причиной частых пропусков работы или существенного облегчения выполняемого труда
P5	Постоянная или выраженная боль, постоянный прием обезболивающих

Таблица 2

Шкала трудовой адаптации по Denis et al. [12]

Класс	Характеристика
W1	Возможен тяжелый физический труд
W2	Возврат к предыдущей сидячей работе или возврат к тяжелому физическому труду с небольшой его модификацией
W3	Невозможность выполнения предыдущей работы, полный рабочий день на новой должности с облегчением условий труда
W4	Невозможность выполнения предыдущей работы, работа на новой должности с облегчением условий труда, неполный рабочий день или частые пропуски работы из-за боли
W5	Невозможность работы

финального осмотра в соответствии с какой-либо шкалой. При изучении рентгенологических показателей фиксировали кифотическую деформацию (угол Cobb), степень компрессии передних отделов тела позвонка (anterior vertebral body compression percentage – AVBCP) относительно неповрежденных сегментов и степень стеноза позвоночного канала по среднесагиттальному диаметру [9].

Статистический анализ

Метаанализ выполняли в программе Comprehensive Meta-analysis, version 2.2.064 (Biostat, Englewood, NJ, USA). Оценку гетерогенности проводили при помощи теста I^2 . Если параметр I^2 был меньше 50 %, гетерогенность считали низкой, 50–75 % – умеренной, более 75 % – высокой [10]. Если не было доказательств статистической гетерогенности между исследованиями (Cochrane Q-test, $p > 0,10$), использовали модель с фиксированными эффектами. В остальных случаях применяли модель случайных эффектов (Der Simonian и Laird). Публикационное смещение признавали в случае $p < 0,05$ при проведении Begg's test. Если публикационное смещение отсутствовало, результат демонстрировали в виде графика форест-плот. При наличии публикационного смещения его устраняли при помощи метода trim-and-fill (обрезка и заполнение недостающих исследований) [11], что демонстрировали в виде воронкообразной диаграммы.

При сравнении радиологических показателей на момент поступления и финального осмотра применяли стандартизованную разность средних (standardised mean difference, SMD). Результат демонстрировали в виде 95 % доверительного интервала (ДИ). В случае если весь интервал был строго больше или меньше 0, разницу считали статистически значимой.

Результаты

Отбор статей

Начальный поиск в базе данных Pubmed выявил 1073 статьи. После применения фильтра на возраст и язык оставшиеся аннотации работ были просмотре-

ны. В результате начального поиска отобрали 123 исследования для изучения полнотекстовых версий. Из них 29 работ соответствовали необходимым критериям и включены в настоящее исследование (рис. 1). Всего в работах представлены данные лечения 1107 пациентов. Распределение по полу было указано в 24 статьях (956 пациентов). Мужчин было 578 (60,4 %), женщин – 378 (39,6 %). Медиана среднего возраста по всем работам составила 41 год. Механизм травмы указан в 19 исследованиях (768 пациентов). Основными причинами повреждения грудного и поясничного отделов позвоночника были падения с высоты (46,9 %) и дорожно-транспортные происшествия (38,4 %). Общая характеристика каждого исследования представлена в табл. 3 и 4.

Метаанализ рентгенологических показателей

Средний угол кифотической деформации на момент поступления пациентов в клинику составил 13,6° (95 % ДИ, 10,8–16,5; $I^2 = 95,9$ %; Q-тест, $p = 0,00$; Begg's test, $p = 0,073$). К моменту финального осмотра нарастание кифотической деформации было статистически значимым (SMD = -0,55 [95 % ДИ, -0,83, -0,27]; $I^2 = 68,7$ %; Q-тест, $p = 0,000$; Begg's test, $p = 0,531$) и составило в среднем 3,0° (95 % ДИ, 1,7–4,3; рис. 2).

Совокупная величина показателя AVBCP на момент поступления была 39,9 % (95 % ДИ, 27,7–52,0; $I^2 = 98,8$ %; Q-тест, $p = 0,000$; Begg's test, $p = 0,573$). При контрольном осмотре было выявлено нарастание AVBCP с момента операции в среднем на 3,7 % (95 % ДИ, 0,3–7,7; рис. 3), которое было статистически значимым (SMD = -0,33 [95 % ДИ, -0,56, -0,09]; $I^2 = 37,9$ %; Q-тест, $p = 0,185$; Begg's test, $p = 0,497$).

Просвет позвоночного канала при поступлении был 41,7 % (95 % ДИ, 29,2–54,2; $I^2 = 99,5$ %; Q-тест, $p = 0,000$; Begg's test, $p = 0,144$). При финальном обследовании выявили уменьшение совокупного просвета позвоночного канала до 19,7 % (95 % ДИ, 16,4–23,1) ($I^2 = 88,8$ %; Q-тест, $p = 0,000$; Begg's test, $p = 0,624$), что было статистиче-

ски значимым (SMD = 1,89 [95 % ДИ, 1,62–2,17]; рис. 4).

Метаанализ осложнений консервативной терапии

Общесоматические осложнения у пациентов описаны лишь в единичных работах. Они включали в себя тромбоз вен нижних конечностей, $n = 2$ (9,5 %) [13]; тромбоэмболию ветвей легочной артерии, $n = 2$ (9,5 %) [13]; острую кишечную непроходимость, $n = 1$ (4,8 %) [13]; уроинфекцию, $n = 10$ (8,3 %) [5, 16, 21, 24]; транзиторное нарушение мочеиспускания, $n = 10$ (12,7 %) [16, 20]; поверхностный пролежень от корсета, $n = 4$ (5,1 %) [5, 27]. Из-за редкости их описания и малого количества статистический анализ общесоматических осложнений мы не проводили.

Динамика неврологического статуса с момента поступления до финального осмотра была описана в 28 статьях (табл. 4). При подсчете совокупного показателя частоты развития неврологического дефицита, несмотря на отсутствие гетерогенности ($I^2 = 0$ %; Q-тест, $p = 0,574$), выявлено публикационное смещение (Begg's test, $p < 0,001$). Для его устранения и восстановления симметричности воронкообразной диаграммы потребовалось добавление 14 исследований с небольшим размером выборки и без развития неврологических осложнений (рис. 5). В результате совокупный показатель частоты развития неврологического дефицита составил 5,8 % (95 % ДИ, 4,1–8,1).

У ряда пациентов отмечено формирование стойкого болевого синдрома при вертикализации и его нарастание с течением времени, что потребовало прекращения консервативной терапии и выполнения стабилизирующего вмешательства. Данная информация отражена в 28 статьях. Совокупная частота смены консервативной терапии на хирургическое лечение из-за нарастания боли в спине составила 6,5 % (95 % ДИ, 4,5–9,3; рис. 6).

Метаанализ отдаленных результатов лечения

Большинство пациентов с неосложненными переломами грудного

А.А. ГРИНЬ И ДР. КОНСЕРВАТИВНАЯ ТЕРАПИЯ У ПАЦИЕНТОВ СО ВЗРЫВНЫМИ НЕОСЛОЖНЕННЫМИ ПЕРЕЛОМАМИ ПОЗВОНОЧНИКА
 А.А. GRIN ET AL. CONSERVATIVE TREATMENT IN PATIENTS WITH NEUROLOGICALLY INTACT THORACOLUMBAR BURST FRACTURES

Таблица 3
 Общая характеристика групп пациентов на момент поступления в стационар (по данным литературы)

Исследование	Пациенты, n	Длительность постельного режима, дней	Длительность иммобилизации, недель	Угол кифотической деформации, град.	Степень компрессии тела позвонка, %	Уменьшение просвета позвоночного канала, %	Осложнения консервативной терапии, n (%)	Переход к хирургическому лечению, n (%)
Denis et al. [12]	39	Н.д.	Н.д.	—	—	—	Парапарез — 2 (5,1), радикулопатия — 4 (10,2)	4 (10,2)
Reid et al. [13]	21	Н.д.	24,0 (8–30)	—	41,00 ± 15,00	—	—	—
Cantor et al. [14]	18	Н.д.	Н.д.	19,00	64,00	26,00	—	—
Chan et al. [15]	20	Н.д.	12,6 (6–20)	8,40 ± 9,50	77,80 ± 12,40	40,10 ± 21,10	—	—
Mumford et al. [16]	41	31,3 дня	11,9 (2–24)	16,20 ± 10,03	38,47 ± 16,51	37,28 ± 13,10	Радикулопатия — 1 (2,4)	1 (2,4)
Hartman et al. [17]	20	4–6 недель	12,0	—	—	—	—	—
Chow et al. [18]	26	До 7 дней	12,0–24,0	5,30	30,20	—	Нарастание болей в спине — 2 (7,7)	2 (7,7)
Ha et al. [19]	6	1–3 мес.	5,0	—	—	60,80 ± 10,20	—	—
Shen and Shen [20]	38	Н.д.	Н.д.	—	—	—	Нарастание болей в спине — 2 (5,3)	2 (5,3)
Shen et al. [6]	47	0	12,0	—	—	34,00 ± 21,00	—	—
Aligizakis et al. [21]	60	До 7 дней	24,0	6,00 ± 4,00	35,00 ± 27,80	32,00 ± 6,50	—	—
Wood et al. [5]	23	Н.д.	8,0–12,0	11,30	—	34,00	—	—
Alanay et al. [22]	15	1 день	12,0	16,50	69,00	—	—	—
Celebi et al. [23]	26	2 дня	16,0–24,0	19,90 ± 5,36	—	35,45 ± 10,30	Нарастание болей в спине — 3 (11,5)	3 (11,5)
Agus et al. [24]	16	5 дней	24,0	14,80	72,13	45,90 ± 20,00	—	—
Al-Khalifa et al. [25]	60	До 7 дней	12,0	—	—	—	Нарастание болей в спине — 5 (8,3)	5 (8,3)
Butler et al. [26]	15	Н.д.	12,0	—	69,00	16,00	—	—
Tezer et al. [27]	16	3–4 недели	32,0	—	—	—	—	—
Siebenga et al. [28]	15	5 дней	12,0	15,70 ± 6,40	—	—	Синдром conus medullaris — 1 (6,7)	—
Post et al. [29]	25	6 недель	36,0	—	—	—	—	—
Stadhouder et al. [30]	25	3–5 дней	12,0	11,80 ± 8,40	—	—	Нарастание болей в спине — 1 (4,0)	1 (4,0)
Avanzi et al. [31]	36	Н.д.	Н.д.	12,20 ± 9,97	—	—	—	—
Ozturc et al. [32]	26	2 дня	12,0	16,80 ± 5,60	19,40 ± 6,30	—	—	—
Bailey et al., no TLSO [33]	49	Н.д.	—	14,20 ± 5,50	—	—	Нарастание болей в спине — 2 (4,1)	2 (4,1)
Bailey et al., TLSO [33]	47	До 7 дней	12,0	15,10 ± 7,80	—	—	Нарастание болей в спине — 4 (8,5)	4 (8,5)
Shen et al. [34]	129	3–5 дней	12,0	—	—	—	Нарастание болей в спине — 25 (19,4)	25 (19,4)
Azhari et al. [35]	113	Н.д.	Н.д.	—	—	67,40 ± 10,80	Нарастание болей в спине — 14 (12,4)	14 (12,4)
Hitchon et al. [36]	50	0	8,0–12,0	—	—	—	Нарастание болей в спине — 3 (6,0)	3 (6,0)
Pehlivanoglu et al. [37]	24	7 дней	12,0	—	—	—	—	—
Alimohammadi et al. [38]	67	2 дня	12,0	13,10 ± 4,13	28,30 ± 5,01	23,28 ± 4,71	Нарастание болей в спине — 13 (19,4), развитие неврологического дефицита без уточнения — 3 (4,5)	16 (23,9)

Н.д. — нет данных.

А.А. ГРИНЬ И ДР. КОНСЕРВАТИВНАЯ ТЕРАПИЯ У ПАЦИЕНТОВ СО ВЗРЫВНЫМИ НЕОСЛОЖНЕННЫМИ ПЕРЕЛОМАМИ ПОЗВОНОЧНИКА
 А.А. GRIN ET AL. CONSERVATIVE TREATMENT IN PATIENTS WITH NEUROLOGICALLY INTACT THORACOLUMBAR BURST FRACTURES

Таблица 4
 Общая характеристика групп пациентов с неосложненными переломами грудного и поясничного отделов позвоночника на момент финального осмотра (по данным литературы)

Исследование	Пациенты, п	Угол кифотической деформации, град.		Средняя степень компрессии тела позвонка, %		Среднее уменьшение просвета позвоночного канала, %		Степень болевого синдрома по Denis					Степень трудовой адаптации по Denis					Средние показатели других шкал оценки качества жизни	
		фин.	дин.	фин.	дин.	фин.	дин.	P1	P2	P3	P4	P5	W1	W2	W3	W4	W5		
Denis et al. [12]	35	—	—	—	—	—	—	—	5	13	9	4	0	4	15	3	5	4	—
Reid et al. [13]	21	—	—	—	6,10 ± 10,00	—	—	—	8	3	10	0	0	9	8	0	3	1	—
Cantor et al. [14]	18	20,00	—	64,00	—	—	—	—	9	6	2	1	0	14	3	0	0	1	—
Chan et al. [15]	20	9,20 ± 10,60	0,75 ± 3,70	74,20 ± 13,20	-3,70 ± 4,50	—	—	—	5	14	1	0	0	—	—	—	—	—	—
Mumford et al. [16]	40	20,10 ± 10,50	3,90 ± 6,90	46,50 ± 15,30	8,00 ± 10,30	14,50 ± 10,90	-22,80 ± 14,50	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	ВАШ 2,4 ± 1,3
Hartman et al. [17]	20	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Chow et al. [18]	24	7,50	—	40,90	10,70	—	—	—	11	8	3	1	1	12	6	3	2	1	—
Ha et al. [19]	6	—	—	—	—	26,70 ± 8,10	-34,20 ± 4,90	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Shen and Shen [20]	36	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Shen et al. [6]	47	—	—	—	—	15,00	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	ВАШ 1,5 ± 1,3
Aligizakis et al. [21]	60	8,00 ± 3,50	2,00 ± 1,50	44,50 ± 29,50	9,50 ± 3,50	22,00 ± 5,00	-10,00 ± 2,50	30	20	4	1	5	5	28	22	5	0	5	—
Wood et al. [5]	23	13,80	—	—	—	—	-19,00	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	ВАШ 1,9 ± 2,6; OSW 10,7 ± 15,3; RMDQ 0,7
Alanay et al. [22]	15	17,00	0,50	68,00	-1,00	—	—	—	1	10	3	1	0	—	—	—	—	—	—
Celebi et al. [23]	23	28,2 ± 5,6	8,30 ± 4,40	—	—	17,34 ± 4,00	-18,10	5	11	7	0	0	0	9	8	4	2	0	—
Agus et al. [24]	16	17,10	2,40	62,13	-10,00	20,80 ± 9,00	-24,80 ± 15,00	12	4	—	—	—	—	12	4	—	—	—	—
Al-Khalifa et al. [25]	55	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Butler et al. [26]	15	14,40	—	—	—	—	—	—	2	4	3	5	1	1	5	2	4	3	—
Tezer et al. [27]	16	—	—	—	—	—	—	—	5	4	7	—	—	—	—	—	—	—	—
Siebenga et al. [28]	15	19,80 ± 5,70	4,10 ± 3,40	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	RMDQ 8,9 ± 7,3
Post et al. [29]	25	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	RMDQ 3,1 ± 3,7
Stadhouder et al. [30]	24	11,80 ± 9,50	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Avanzi et al. [31]	36	13,40 ± 10,70	1,30 ± 6,00	—	—	—	—	—	5	15	8	6	2	12	10	8	1	5	ВАШ 4,1 ± 2,9
Ozturc et al. [32]	26	18,20 ± 5,60	1,30 ± 1,80	22,70 ± 6,00	3,20 ± 1,60	—	—	—	13	9	4	—	—	4	15	6	1	—	—
Bailey et al., no TLSO [33]	47	21,00 ± 9,00	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	ВАШ 3,4 ± 0,3; RMDQ 9,8 ± 0,6
Bailey et al., TLSO [33]	43	22,00 ± 5,00	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	ВАШ 2,7 ± 0,2; RMDQ 8,7 ± 0,7
Shen et al. [34]	104	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Azhari et al. [35]	99	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	OSW 12,4 ± 11,1
Hirchon et al. [36]	47	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	ВАШ 1,9 ± 1,9; OSW 25,0 ± 23,0
Pehlivanoglu et al. [37]	24	11,70	4,03	17,90	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	ВАШ 2,3; OSW 12,1
Almohammadi et al. [38]	51	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

дин. — динамика показателя по сравнению со значением при поступлении; фин. — показатель на момент финального осмотра; ВАШ — визуально-аналоговая шкала боли; OSW — шкала оценки качества жизни Oswestry; RMDQ — опросник Ролланда-Морриса.

дин. — динамика показателя по сравнению со значением при поступлении; фин. — показатель на момент финального осмотра; ВАШ — визуально-аналоговая шкала боли; OSW — шкала оценки качества жизни Oswestry; RMDQ — опросник Роланда-Морриса.

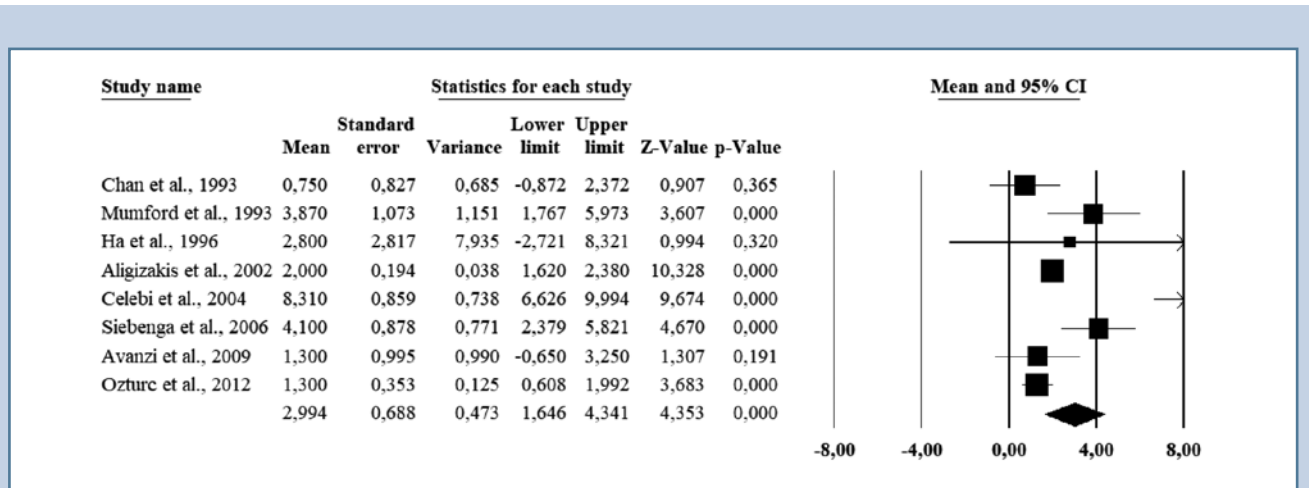


Рис. 2

Совокупный показатель нарастания кифотической деформации у пациентов со взрывными переломами грудного и поясничного отделов позвоночника: $I^2 = 89,5\%$; Q-тест, $p = 0,000$; Begg's test, $p = 0,322$

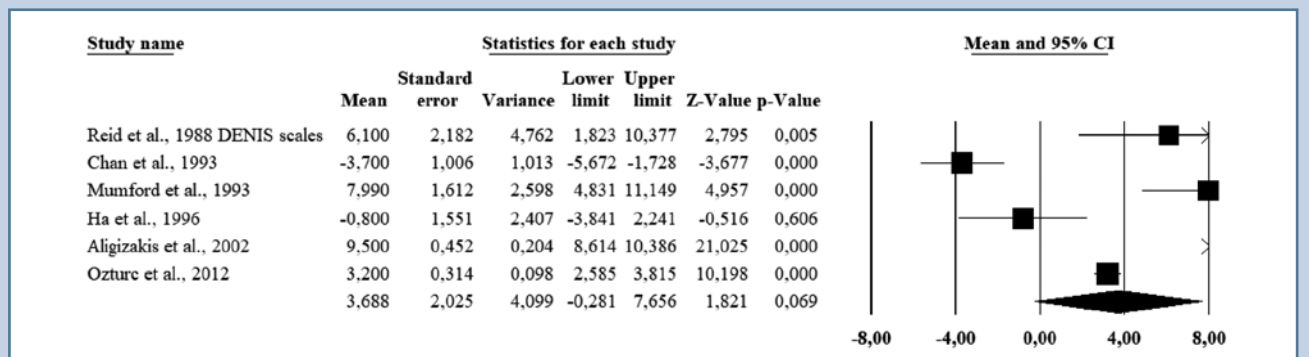


Рис. 3

Совокупный показатель нарастания степени компрессии передних отделов тела позвонка у пациентов со взрывными переломами грудного и поясничного отделов позвоночника: $I^2 = 97,8\%$; Q-тест, $p = 0,000$; Begg's test, $p = 0,573$

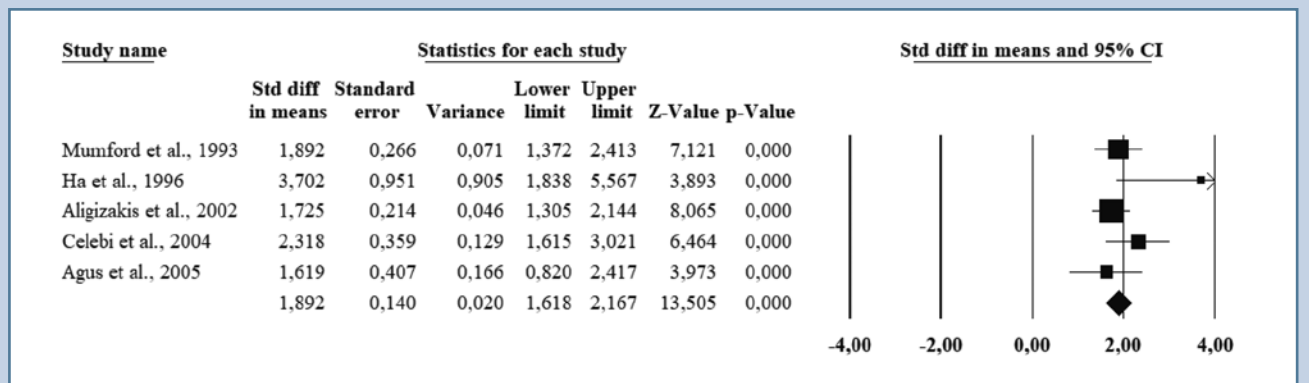


Рис. 4

Стандартизированная разность средних для показателя степени компрессии позвоночного канала на момент поступления и при контрольном осмотре: $I^2 = 34,4\%$; Q-тест, $p = 0,192$; Begg's test, $p = 0,142$

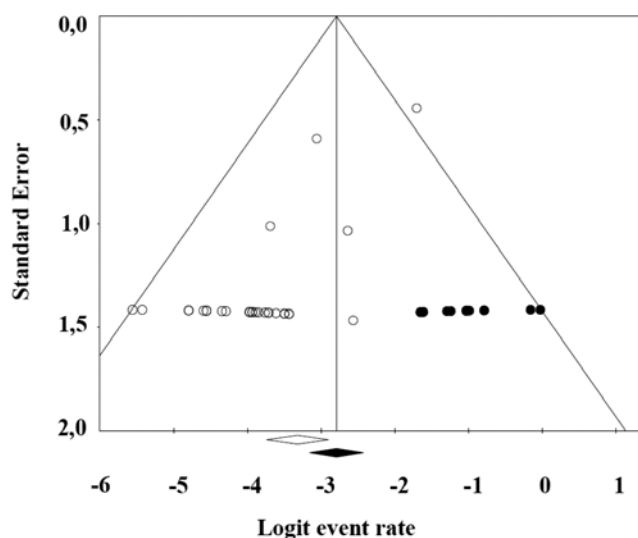


Рис. 5

Воронкообразная диаграмма, демонстрирующая публикационное смещение при расчете показателя частоты развития неврологического дефицита: белые маркеры – опубликованные исследования; черные – добавленные при помощи метода trim-and-fill серии наблюдений

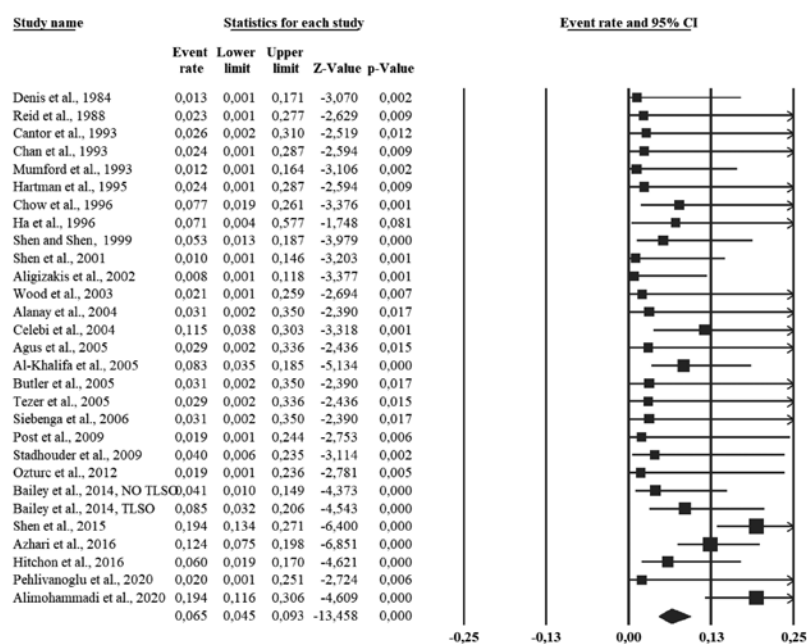


Рис. 6

Совокупная частота развития болевого синдрома, потребовавшего проведения хирургического вмешательства: $I^2 = 42,3\%$; Q-тест, $p = 0,009$; Begg's test, $p = 0,961$

и поясничного отделов позвоночника в отдаленном периоде травмы болевой синдром не беспокоил или был минимальным (табл. 5). По ВАШ совокупный показатель выраженности болевого синдрома составил 2,5 балла (95 % ДИ, 2,1–3,0; $I^2 = 97,8\%$; Q-тест, $p = 0,00$; Begg's test, $p = 0,295$). Большинство пациентов вернулись к прежнему труду на полный рабочий день (табл. 5). Данные опросников Oswestry и RMDQ продемонстрировали незначительное снижение качества жизни пациентов, однако в связи с крайне редким их использованием в опубликованных работах статистический анализ для этих шкал мы не проводили.

Обсуждение

В настоящее время на фоне роста популярности минимально-инвазивной хирургии внимание к консервативной терапии при переломах грудного и поясничного отделов позвоночника ослабевает. Об этом свидетельствует сравнительно небольшое число публикаций в зарубежных базах данных, их существенный недостаток в отечественной литературе, а также практически полное отсутствие интереса к данной проблематике на российских и иностранных конференциях. Возможным фактором этого является отсутствие в литературе систематизированной работы, наглядно демонстрирующей хирургу высокую эффективность и безопасность консервативной терапии при подобных переломах грудного и поясничного отделов позвоночника.

Мы обнаружили только один метаанализ [7], в котором авторы попытались посчитать частоту развития осложнений, приведших к необходимости оперативного вмешательства. По данным исследования, она составила 9,2 % (95 % ДИ, 4,5–13,9). К сожалению, данная работа содержит существенный недостаток – авторы не включили еще 17 исследований, которые также имеют свой вес в метаанализе и влияют на конечный результат. Более того, несмотря на высокую степень гетерогенности включенных

Таблица 5

Результаты метаанализа выраженности болевого синдрома и трудовой адаптации по Denis в отдаленном периоде травмы

Класс по Denis	Показатель (95 % ДИ)	Гетерогенность		Begg's test
		I ² , %	Q-тест, p	
Выраженность болевого синдрома				
P1 и P2	71,0 % (60,1—79,4)	63,3	0,001	0,091
P3	20,2 % (13,6—28,9)	57,5	0,005	0,118
P4 и P5	9,7 % (5,5—16,6)	47,0	0,032	0,103
Результаты трудовой адаптации				
W1 и W2	74,7 % (63,9—83,1)	62,3	0,005	0,090
W3	14,1 % (10,2—19,3)	16,5	0,291	0,104
W4 и W5	14,8 % (8,8—23,9)	57,6	0,012	0,061

в исследование статей ($I^2 = 83,82\%$), Tan et al. [7] не провели оценку публикационного смещения, что также могло бы поменять интерпретацию полученного результата.

Мы включили все опубликованные статьи, содержащие информацию о результатах консервативной терапии отдельной выборки пациентов и подпадающие под критерии включения. В отличие от предыдущей работы [7], мы решили разделить осложнения, приведшие к хирургическому лечению, на две группы по механизму их возникновения. Ортопедические осложнения были связаны с нарушением опороспособности тела позвонка и проявлялись в виде нарастания болевого синдрома до выраженного при вертикализации и не проходящего в течение длительного времени, что потребовало стабилизирующего вмешательства. Вероятность развития ортопедических осложнений по полученным в ходе метаанализа данным составила 6,5 %. В группу неврологических осложнений мы включили радикулопатию и миелопатию. К сожалению, из-за недостаточного описания в одной из работ [38] структуры развившегося неврологического дефицита у трех пациентов мы не смогли посчитать частоту радикулопатии и миелопатии по отдельности. В целом, вероятность развития компрессии невралных структур после устранения публикационного смещения составила 5,8 %. Следует отметить,

что во всех случаях развития неврологического дефицита отмечен его регресс на фоне проведенного хирургического лечения.

Анализ отдаленных результатов продемонстрировал отличные результаты трудовой адаптации у большинства пациентов. Более 90 % из них болевой синдром не беспокоил или требовал эпизодического приема обезболивающих, не влияя при этом на выполнение ежедневных задач. Лишь 14,8 % пациентов потребовался перевод на неполный рабочий день или полное освобождение от работы, что сопоставимо с результатами хирургического лечения [40].

Важным аспектом работы стало формирование критериев выбора консервативного лечения у пациентов с переломами грудного и поясничного отделов позвоночника с учетом полученных совокупных рентгенологических показателей. Так, по данным проведенного метаанализа, консервативная терапия может быть эффективной и безопасной у пациентов с кифотической деформацией сегмента до 16° и степенью компрессии тела позвонка до 52 %. Необходимо отметить, что во всех работах во время финального осмотра было отмечено значимое нарастание кифоза и степени компрессии тела позвонка – в среднем на 3,0° и 3,7 % соответственно. Тем не менее аналогичные изменения могут происходить и после хирургического лечения [39], поэтому мы рассматриваем эти изме-

нения как нормальное течение травматической болезни позвоночника. Более того, спонтанный лизис костных отломков привел к увеличению площади позвоночного канала в среднем в два раза, что в очередной раз является аргументом не проводить декомпрессию позвоночного канала у пациентов с неосложненными переломами грудного и поясничного отделов позвоночника.

Ограничения исследования. Ограничением данного метаанализа является отсутствие исследований с высоким уровнем доказательности. Большее число проспективных исследований с четкими критериями отбора пациентов и подробным их описанием на всех этапах лечения помогли бы получить более точные показатели, в частности частоты развития неврологического дефицита или формирования ортопедических осложнений.

Другим ограничением является объединение в одну группу переломов типов A3 и A4 по классификации AOSpine, а также переломов типов A, B и C по Denis. Разделение взрывных переломов грудного и поясничного отделов позвоночника по подтипам позволило бы провести более прецизионный анализ результатов консервативного лечения. Также во всех опубликованных работах нет разделения исходов по отделам позвоночника, а часть из них посвящена только одному из них. Выделение авторами по отдельности грудного и поясничного отделов, а также грудопоясничного перехода в каждой статье позволило бы получить более точные данные рентгенологических показателей и исходов.

Тем не менее имеющихся исследований достаточно для формирования общей картины исследуемой проблемы. Полученные в ходе метаанализа данные могут предоставить хирургу возможность обоснованного выбора оптимальной тактики лечения, а также дают четкие цифры для информирования пациента о возможных нежелательных событиях во время лечения и о перспективах трудовой адаптации в отдаленном периоде травматической болезни.

Закключение

Консервативная терапия у пациентов с переломами грудного и поясничного отделов позвоночника без неврологического дефицита может быть эффективной и безопасной опцией при условии угловой деформации до 16° и степени компрессии передних отделов тела позвонка до 52 %. На фоне консервативной терапии отмечено снижение совокупного показателя степени стеноза позвоночного канала в два раза за счет лизиса костных отломков. Совокупная частота

развития радикулопатии или миелопатии при консервативной терапии составила 5,8 %. Ортопедическое вмешательство по причине прогрессирования нестабильности поврежденного сегмента может потребоваться 6,5 % больных. Более 90,0 % пациентов после консервативной терапии вернулись к труду на полный рабочий день – на прежнюю должность или в облегченных условиях. Сравнительные исследования эффективности консервативной терапии и хирургического лечения должны быть продолжены для формирования четких реко-

мендаций по выбору тактики лечения у пациентов с неосложненными переломами грудного и поясничного отделов позвоночника.

Исследование не имело спонсорской поддержки. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Проведение исследования одобрено локальным этическим комитетом учреждения.

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

Литература/References

1. Крылов В.В., Гринь А.А., Луцки А.А., Парфенов В.Е., Дулаев А.К., Мануковский В.А., Коновалов Н.А., Перлмуттер О.А., Сафин Ш.М., Кравцов М.Н., Манащук В.И., Рерих В.В. Рекомендательный протокол лечения острой осложненной и неосложненной травмы позвоночника у взрослых (Ассоциация нейрохирургов РФ). Часть 3 // Журнал «Вопросы нейрохирургии» им. Н.Н. Бурденко. 2015. Т. 79. № 2. С. 97–110. [Krylov VV, Grin AA, Lutsik AA, Parfenov VE, Dulaev AK, Manukovski VA, Konovalov NA, Perl'mutter OA, Safin ShM, Kravtsov MN, Manashchuk VI, Rerikh VV. An advisory protocol for treatment of acute complicated and uncomplicated spinal cord injury in adults (association of neurosurgeons of the Russian Federation). Part 3. Burdenko's Journal of Neurosurgery. 2015;79(2):97–110]. DOI: 10.17116/neiro201579297-110.
2. Общероссийская общественная организация «Ассоциация травматологов-ортопедов России» (АТОР). Перелом (вывих) грудного и пояснично-крестцового отдела позвоночника: клинические рекомендации. М., 2021. [All-Russian public organization "Association of Traumatologists and Orthopedists of Russia" (ATOR). Fracture (dislocation) of the thoracic and lumbosacral spine: clinical recommendations. Moscow, 2021].
3. Peev N, Zileli M, Sharif S, Arif S, Brady Z. Indications for nonsurgical treatment of thoracolumbar spine fractures: WFNS Spine Committee Recommendations. Neurospine. 2021;18:713–724. DOI: 10.14245/ns.2142390.195.
4. Rabb CH, Hoh DJ, Anderson PA, Arnold PM, Chi JH, Dhall SS, Eichholz KM, Harrop JS, Qureshi S, Raksis PB, Kaiser MG, O'Toole JE. Congress of Neurological Surgeons Systematic Review and Evidence-Based Guidelines on the Evaluation and Treatment of Patients with Thoracolumbar Spine Trauma: Operative Versus Nonoperative Treatment. Neurosurgery. 2019;84:E50–E52. DOI: 10.1093/neuros/nyy361.
5. Wood K, Buttermann G, Mehdod A, Garvey T, Jhanjee R, Sechrist V. Operative compared with nonoperative treatment of a thoracolumbar burst fracture without neurological deficit. A prospective, randomized study. J Bone Joint Surg Am. 2003;85:773–781. DOI: 10.2106/00004623-200305000-00001.
6. Shen WJ, Liu TJ, Shen YS. Nonoperative treatment versus posterior fixation for thoracolumbar junction burst fractures without neurologic deficit. Spine. 2001;26:1038–1045. DOI: 10.1097/00007632-200105010-00010.
7. Tan T, Huang MS, Rutges J, Marion TE, Fitzgerald M, Hunn MK, Tee J. Rate and predictors of failure in the conservative management of stable thoracolumbar burst fractures: a systematic review and meta-analysis. Global Spine J. 2022;12:1254–1266. DOI: 10.1177/21925682211031207.
8. Moher D, Liberati A, Tetzlaff J, Altman DG, PRISMA Group. Preferred reporting items for systematic reviews and meta-analyses: the PRISMA statement. PLoS Med. 2009;6:e1000097. DOI: 10.1371/journal.pmed1000097.
9. Keynan O, Fisher CG, Vaccaro A, Fehlings MG, Oner FC, Dietz J, Kwon B, Rampersaud R, Bono C, France J, Dvorak M. Radiographic measurement parameters in thoracolumbar fractures: a systematic review and consensus statement of the spine trauma study group. Spine. 2006;31:E156–165. DOI: 10.1097/01.brs.0000201261.94907.0d.
10. Higgins JP, Thompson SG, Deeks JJ, Altman DG. Measuring inconsistency in meta-analyses. BMJ. 2003;327:557–560. DOI: 10.1136/bmj.327.7414.557.
11. Shi L, Lin L. The trim-and-fill method for publication bias: practical guidelines and recommendations based on a large database of meta-analyses. Medicine (Baltimore). 2019;98:e15987. DOI: 10.1097/MD.00000000000015987.
12. Denis F, Armstrong GW, Searls K, Matta L. Acute thoracolumbar burst fractures in the absence of neurologic deficit. A comparison between operative and nonoperative treatment. Clin Orthop Relat Res. 1984;(189):142–149.
13. Reid DC, Hu R, Davis LA, Saboe JA. The nonoperative treatment of burst fractures of the thoracolumbar junction. J Trauma. 1988;28:1188–1194. DOI: 10.1097/00005373-198808000-00009.
14. Cantor JB, Lebowitz NH, Garvey T, Eismont FJ. Nonoperative management of stable thoracolumbar burst fractures with early ambulation and bracing. Spine. 1993;18:971–976. DOI: 10.1097/00007632-199306150-00004.
15. Chan DP, Seng NK, Kaan KT. Nonoperative treatment in burst fractures of the lumbar spine (L2–L5) without neurologic deficits. Spine. 1993;18:320–325. DOI: 10.1097/00007632-199303000-00002.
16. Mumford J, Weinstein JN, Spratt KF, Goel VK. Thoracolumbar burst fractures. The clinical efficacy and outcome of nonoperative management. Spine. 1993;18:955–970.
17. Hartman MB, Chrin AM, Rechline GR. Non-operative treatment of thoracolumbar fractures. Paraplegia. 1995;33:73–76. DOI: 10.1038/sc.1995.18.
18. Chow GH, Nelson BJ, Gebhard JS, Brugman JL, Brown CW, Donaldson DH. Functional outcome of thoracolumbar burst fractures managed with hyperextension casting or bracing and early mobilization. Spine. 1996;21:2170–2175. DOI: 10.1097/00007632-199609150-00022.
19. Ha KI, Han SH, Chung M, Yang BK, Youn GH. A clinical study of the natural remodeling of burst fractures of the lumbar spine. Clin Orthop Relat Res. 1996;(323):210–214. DOI: 10.1097/00003086-199602000-00029.

20. **Shen WJ, Shen YS.** Nonsurgical treatment of three-column thoracolumbar junction burst fractures without neurologic deficit. *Spine*. 1999;24:412–415. DOI: 10.1097/00007632-199902150-00024.
21. **Aligizakis A, Katonis P, Stergiopoulos K, Galanakis I, Karabekios S, Hadjipavlou A.** Functional outcome of burst fractures of the thoracolumbar spine managed non-operatively, with early ambulation, evaluated using the load sharing classification. *Acta Orthop Belg*. 2002;68:279–287.
22. **Alanay A, Yazici M, Acaroglu E, Turhan E, Cila, Surat A.** Course of nonsurgical management of burst fractures with intact posterior ligamentous complex: an MRI study. *Spine*. 2004;29:2425–2431. DOI: 10.1097/01.brs.0000143169.80182.ac.
23. **Celebi L, Muratli HH, Dogan O, Yagmurlu MF, Aktekin CN, Bicimoglu A.** The efficacy of non-operative treatment of burst fractures of the thoracolumbar vertebrae. *Acta Orthop Traumatol Turc*. 2004;3:16–22.
24. **Agus H, Kayali C, Arslantas M.** Nonoperative treatment of burst-type thoracolumbar vertebra fractures: clinical and radiological results of 29 patients. *Eur Spine J*. 2005;14:536–540. DOI: 10.1007/s00586-004-0740-2.
25. **Al-Khalifa FK, Adjei N, Yee AJ, Finkelstein JA.** Patterns of collapse in thoracolumbar burst fractures. *J Spinal Disord Tech*. 2005;18:410–412. DOI: 10.1097/01.bsd.0000177957.11603.5c.
26. **Butler JS, Walsh A, O'Byrne J.** Functional outcome of burst fractures of the first lumbar vertebra managed surgically and conservatively. *Int Orthop*. 2005;29:51–54. DOI: 10.1007/s00264-004-0602-x.
27. **Tezer M, Erturer RE, Ozturk C, Ozturk I, Kuzgun U.** Conservative treatment of fractures of the thoracolumbar spine. *Int Orthop*. 2005;29:78–82. DOI: 10.1007/s00264-004-0619-1.
28. **Siebenga J, Leferink VJ, Segers MJ, Elzinga MJ, Bakker FC, Haarman HJ, Rommens PM, ten Duis HJ, Patka P.** Treatment of traumatic thoracolumbar spine fractures: a multicenter prospective randomized study of operative versus nonsurgical treatment. *Spine*. 2006;31:2881–2890. DOI: 10.1097/01.brs.0000247804.91869.1e.
29. **Post RB, van der Sluis CK, Leferink VJ, ten Duis HJ.** Long-term functional outcome after type A3 spinal fractures: operative versus non-operative treatment. *Acta Orthop Belg*. 2009;75:389–395.
30. **Stadhouder A, Buskens E, Vergroesen DA, Fidler MW, de Nies F, Oner FC.** Nonoperative treatment of thoracic and lumbar spine fractures: a prospective randomized study of different treatment options. *J Orthop Trauma*. 2009;23:588–594. DOI: 10.1097/BOT.0b013e3181a18728.
31. **Avanzi O, Meves R, Silber Caffaro MF, Buarque de Hollanda JP, Queiroz M.** Thoracolumbar burst fractures: correlation between kyphosis and function post non-operative treatment. *Rev Bras Ortop*. 2015;44:408–414. DOI: 10.1016/S2255-4971(15)30271-8.
32. **Ozturk I, Erturer E, Sonmez MM, San S, Seker A, Seckin FM.** Early mobilization with customized TLSO brace in thoracolumbar burst fractures. *Acta Orthop Traumatol Turc*. 2012;46(5):373–378.
33. **Bailey CS, Urquhart JC, Dvorak MF, Nadeau M, Boyd MC, Thomas KC, Kwon NK, Gurr KR, Bailey SI, Fisher CG.** Orthosis versus no orthosis for the treatment of thoracolumbar burst fractures without neurologic injury: a multicenter prospective randomized equivalence trial. *Spine J*. 2014;14:2557–2564. DOI: 10.1016/j.spinee.2013.10.017.
34. **Shen J, Xu L, Zhang B, Hu Z.** Risk factors for the failure of spinal burst fractures treated conservatively according to the Thoracolumbar Injury Classification and Severity Score (TLICS): a retrospective cohort trial. *PLoS One*. 2015;10:e0135735. DOI: 10.1371/journal.pone.0135735.
35. **Azhari S, Azimi P, Shahzadi S, Mohammadi HR, Khayat Kashani HR.** Decision-making process in patients with thoracolumbar and lumbar burst fractures with thoracolumbar injury severity and classification score less than four. *Asian Spine J*. 2016;10:136–142. DOI: 10.4184/asj.2016.10.1.136.
36. **Hitchon PW, Abode-Iyamah K, Dahdaleh NS, Shaffrey C, Noeller J, He W, Moritani T.** Nonoperative management in neurologically intact thoracolumbar burst fractures: clinical and radiographic outcomes. *Spine*. 2016;41:483–489. DOI: 10.1097/BRS.0000000000001253.
37. **Pehlivanoglu T, Akgul T, Bayram S, Meric E, Ozdemir M, Korkmaz M, Sar C.** Conservative versus operative treatment of stable thoracolumbar burst fractures in neurologically intact patients: is there any difference regarding the clinical and radiographic outcomes? *Spine*. 2020;45:452–458. DOI: 10.1097/BRS.0000000000003295.
38. **Alimohammadi E, Bagheri SR, Ahadi P, Cheshmehkaboodi S, Hadidi H, Maleki S, Abdi A.** Predictors of the failure of conservative treatment in patients with a thoracolumbar burst fracture. *J Orthop Surg Res*. 2020;15:514. DOI: 10.1186/s13018-020-02044-3.
39. **Seo DK, Kim CH, Jung SK, Kim MK, Choi SJ, Park JH.** Analysis of the risk factors for unfavorable radiologic outcomes after fusion surgery in thoracolumbar burst fracture: what amount of postoperative thoracolumbar kyphosis correction is reasonable? *J Korean Neurosurg Soc*. 2019;62:96–105. DOI: 10.3340/jkns.2017.0214.
40. **Rometsch E, Spruit M, Hartl R, McGuire RA, Gallo-Kopf BS, Kalampoki V, Kandziora F.** Does operative or nonoperative treatment achieve better results in A3 and A4 spinal fractures without neurological deficit? Systematic literature review with meta-analysis. *Global Spine J*. 2017;7:350–372. DOI: 10.1177/2192568217699202.

Адрес для переписки:

Абдрафиев Ринат Ирфанович
 129090, Россия, Москва, Большая Сухаревская пл., 3,
 Научно-исследовательский институт скорой помощи
 им. Н.В. Склифосовского,
 rinat-abdrafiyev@mail.ru

Address correspondence to:

Abdrafiyev Rinat Irfanovich
 N.V. Sklifosovsky Research Institute for Emergency Medicine,
 3 Bolshaya Sukharevskaya sq., Moscow, 129090, Russia,
 rinat-abdrafiyev@mail.ru

Статья поступила в редакцию 22.12.2023

Рецензирование пройдено 19.04.2024

Подписано в печать 26.04.2024

Received 22.12.2023

Review completed 19.04.2024

Passed for printing 26.04.2024

Андрей Анатольевич Гринь, д-р мед. наук, член-корреспондент РАН, главный внештатный специалист-нейрохирург, заведующий научным отделением неотложной нейрохирургии, Научно-исследовательский институт скорой помощи им. Н.В. Склифосовского, Россия, 129090, Москва, Большая Сухаревская пл., 3, ORCID: 0000-0003-3515-8329, aagreen@yandex.ru;

Василий Амиранович Каранадзе, канд. мед. наук, врач-нейрохирург, заведующий нейрохирургическим отделением для лечения больных с сосудистыми заболеваниями головного мозга, Научно-исследовательский институт скорой помощи им. Н.В. Склифосовского, Россия, 129090, Москва, Большая Сухаревская пл., 3, ORCID: 0000-0003-0180-9154, karanadze@mail.ru;

Антон Юрьевич Кордонский, канд. мед. наук, врач-нейрохирург, научный сотрудник отделения неотложной нейрохирургии, Научно-исследовательский институт скорой помощи им. Н.В. Склифосовского, Россия, 129090, Москва, Большая Сухаревская пл., 3, ORCID: 0000-0001-5344-3970, akord.neuro@mail.ru;

Александр Эрнестович Талыпов, д-р мед. наук, ведущий научный сотрудник отделения нейрохирургии, Научно-исследовательский институт скорой помощи им. Н.В. Склифосовского, Россия, 129090, Москва, Большая Сухаревская пл., 3, ORCID: 0000-0002-6789-8164, TalypovAE@sklif.mos.ru;

Иван Сергеевич Львов, канд. мед. наук, врач-нейрохирург, старший научный сотрудник отделения неотложной нейрохирургии, Научно-исследовательский институт скорой помощи им. Н.В. Склифосовского, Россия, 129090, Москва, Большая Сухаревская пл., 3, ORCID: 0000-0003-1718-0792, Speleolog@mail.ru;

Ринат Ирфанович Абдрафиев, врач-нейрохирург нейрохирургического отделения для лечения больных с сосудистыми заболеваниями головного мозга, Научно-исследовательский институт скорой помощи им. Н.В. Склифосовского, Россия, 129090, Москва, Большая Сухаревская пл., 3, ORCID: 0000-0003-3328-8349, rinat-abdrafiyev@mail.ru.

Andrey Anatolyevich Grin, DMSc, Corresponding Member of the RAS, Chief freelance neurosurgeon, head of the Department of emergency neurosurgery, N.V. Sklifosovsky Research Institute for Emergency Medicine, 3 Bolsbaya Sukharevskaya sq., Moscow, 129090, Russia, ORCID: 0000-0003-3515-8329, aagreen@yandex.ru;

Vasily Amiranovich Karanadze, MD, PhD, neurosurgeon, Neurosurgical Department for the treatment of patients with vascular diseases of the brain, N.V. Sklifosovsky Research Institute for Emergency Medicine, 3 Bolsbaya Sukharevskaya sq., Moscow, 129090, Russia, ORCID: 0000-0003-0180-9154, karanadze@mail.ru;

Anton Yuryevich Kordonskiy, MD, PhD, neurosurgeon, researcher of the Department of emergency neurosurgery, N.V. Sklifosovsky Research Institute for Emergency Medicine, 3 Bolsbaya Sukharevskaya sq., Moscow, 129090, Russia, ORCID: 0000-0001-5344-3970, akord.neuro@mail.ru;

Aleksandr Ernestovich Talypov, DMSc, leading reseacher of Neurosurgical Department, N.V. Sklifosovsky Research Institute for Emergency Medicine, 3 Bolsbaya Sukharevskaya sq., Moscow, 129090, Russia, ORCID: 0000-0002-6789-8164, TalypovAE@sklif.mos.ru;

Ivan Sergeyevich Lvov, MD, PhD, neurosurgeon, senior researcher, Department of emergency neurosurgery, N.V. Sklifosovsky Research Institute for Emergency Medicine, 3 Bolsbaya Sukharevskaya sq., Moscow, 129090, Russia, ORCID: 0000-0003-1718-0792, Speleolog@mail.ru;

Rinat Irfanovich Abdrafiev, neurosurgeon, Neurosurgical Department for the treatment of patients with vascular diseases of the brain, N.V. Sklifosovsky Research Institute for Emergency Medicine, 3 Bolsbaya Sukharevskaya sq., Moscow, 129090, Russia, ORCID: 0000-0003-3328-8349, rinat-abdrafiyev@mail.ru.



ХИРУРГИЧЕСКОЕ ЛЕЧЕНИЕ КИФОЗОВ, ВОЗНИКШИХ ВСЛЕДСТВИЕ АВАСКУЛЯРНЫХ ОСТЕОНЕКРОЗОВ ТЕЛ ПОЗВОНКОВ

К.О. Борзых, В.В. Рерих, В.Д. Синявин

Новосибирский научно-исследовательский институт травматологии и ортопедии
им. Я.Л. Цивьяна, Новосибирск, Россия

Цель исследования. Анализ результатов хирургического лечения пациентов с фиксированной деформацией позвоночника на фоне остеонекрозов тел позвонков грудного и поясничного отделов.

Материал и методы. Исследованы данные, полученные из историй болезни 40 пациентов, оперированных по поводу кифозов, возникших вследствие остеонекрозов тел позвонков. Пациентам были проведены этапные хирургические вмешательства в одну хирургическую сессию. Оценены демографические данные, рентгенологические результаты оперативного лечения до операции, после операции и в период до 1 года после операции.

Результаты. В результате оперативных вмешательств локальный кифоз в среднем корригирован с 30° до -0,25°. После исправления кифоза выявлены статистически значимые изменения показателей сагиттальных изгибов позвоночника: увеличение грудного кифоза, уменьшение поясничного лордоза. Улучшились показатели сагиттального баланса у 17 (42,5 %) пациентов. В период наблюдения отмечено статистически значимое улучшение показателей ВАШ и ODI. Отмечено 35 % интра- и послеоперационных осложнений, при динамическом наблюдении выявлено 8 (20 %) механических осложнений, предикторами которых являются дисбаланс (2 и 3 балла) по модификатору классификации Formica и показателю GT (глобальный угол) более 7°, недостаточная коррекция кифоза (LK postOp более 4°), показатель Т-критерия менее -3,35.

Заключение. Одномоментные этапные хирургические вмешательства позволяют полностью корригировать деформацию, восстановить сагиттальный профиль и тем самым улучшить качество жизни пациента. Для уменьшения механических осложнений при планировании и выполнении хирургического вмешательства необходимо учитывать найденные предикторы.

Ключевые слова: асептический некроз, остеонекроз тела позвонка, болезнь Кюммеля, остеопороз, циркулярная стабилизация, вентральный спондилодез, кифоз, сагиттальный дисбаланс.

Для цитирования: Борзых К.О., Рерих В.В., Синявин В.Д. Хирургическое лечение кифозов, возникших вследствие аваскулярных остеонекрозов тел позвонков // Хирургия позвоночника. 2024. Т. 21. № 2. С. 39–48. DOI: <http://dx.doi.org/10.14531/ss2024.2.39-48>.

SURGICAL TREATMENT OF KYPHOSIS DUE TO AVASCULAR OSTEONECROSIS OF THE VERTEBRAL BODIES

K.O. Borzykh, V.V. Rerikh, V.D. Sinyavin

Novosibirsk Research Institute of Traumatology and Orthopaedics n.a. Ya.L. Tsivyan, Novosibirsk, Russia

Objective. To analyze the results of surgical treatment of patients with fixed spinal deformity due to osteonecrosis of the vertebral bodies of the thoracic and lumbar spine.

Material and Methods. The data obtained from the case histories of 40 patients operated on for kyphosis due to osteonecrosis of the vertebral bodies were studied. The patients underwent staged surgical interventions in one surgical session. Demographic data and radiological results of surgical treatment before surgery, after surgery and up to 1 year after surgery were assessed.

Results. As a result of surgical interventions, local kyphosis was corrected on average from 30° to -0.25°. After correction of kyphosis, statistically significant changes in the sagittal curves of the spine were revealed: an increase in thoracic kyphosis and a decrease in lumbar lordosis. There was an improvement in sagittal balance indicators in the form of a regression in the number of imbalanced patients — 17 (42.5 %) patients improved balance indicators. During the follow-up period, a statistically significant improvement in VAS and ODI scores was noted. Intra- and postoperative complications accounted for 35 %, and 8 (20 %) mechanical complications were identified during dynamic observation. Predictors of mechanical complications were the presence of imbalance: 2 and 3 points according to the balance modifier of the Formica classification and the GT index (global angle) > 7°, and insufficient correction of kyphosis (LK postOp > 4°), T-score index < -3.35.

Conclusion. Simultaneous staged surgical interventions allow for complete correction of the deformity, restoration of the sagittal profile, thereby improvement of the patient's quality of life. To reduce mechanical complications when planning and performing surgical intervention, it is necessary to take into account the identified predictors.

Key Words: aseptic necrosis, osteonecrosis of the vertebral body, K mel's disease, osteoporosis, circular stabilization, anterior spinal fusion, kyphosis, sagittal imbalance.

Please cite this paper as: Borzykh KO, Rerikh VV, Sinyavin VD. Surgical treatment of kyphosis due to avascular osteonecrosis of the vertebral bodies. *Russian Journal of Spine Surgery (Khirurgiya Pozvonochnika)*. 2024;21(2):39–48. In Russian. DOI: <http://dx.doi.org/10.14531/ss2024.2.39-48>.

Аваскулярный остеонекроз тел позвонков (синонимы: болезнь Кюммеля, отсроченный посттравматический коллапс позвонка, ишемический коллапс позвонка) представляет собой клиническую форму ишемического поражения кости тела позвонка, характеризующегося сложными процессами резорбции и регенерации, что приводит к потере структурной целостности субхондральной кости, которая реализуется в виде механической несостоятельности тел позвонков, и в конечном итоге к их коллапсу. В основе патогенеза остеонекрозов тел позвонков лежат процессы нарушения кровоснабжения в результате травмы, внутрисосудистой окклюзии и внесосудистой компрессии сосудов кости [1].

Наиболее частым этиологическим фактором остеонекроза кости является травма, сочетающая в себе как прямое воздействие на структуру кости позвонка, так и опосредованное при кровоизлиянии и отеке губчатой кости, что в условиях особенностей кровоснабжения передней трети тела позвонка приводит к внесосудистой компрессии позвоночных вен [2, 3]. Имеются данные о спонтанных остеонекрозах тел позвонков на фоне лечения онкологических заболеваний цитотоксическими химиопрепаратами, вирусных инфекций, что является нетравматической причиной их развития. Факторами риска болезни Кюммеля в литературе названы остеопения/остеопороз, сахарный диабет, ревматические заболевания [4].

Formica et al. [5] предложили классификацию остеонекрозов тел позвонков, основанную на рентгенологических критериях и отражающую стадийность течения заболевания (табл. 1).

Течение остеонекрозов тел позвонков в стадиях 0–1–2 сопровождается выраженным болевым синдромом вследствие остро развившейся нестабильности. После окончания этого периода, как правило, в срок 4–6 мес. после начала заболевания, на фоне рентгенологической картины коллапса позвонка формируется фиксированная локальная деформация,

нередко весьма грубая, сопровождающаяся изменениями как физиологических изгибов позвоночника, так и сагиттального позвоночно-тазового и глобального балансов, снижением качества жизни пациентов. Данные обстоятельства, не нашедшие отражения в отечественной и зарубежной литературе, определяют значимость данной патологии и обозначают цель исследования: анализ клинических и рентгенологических результатов лечения кифотических деформаций позвоночника, возникших вследствие аваскулярных остеонекрозов тел грудных и поясничных позвонков, методом одномоментных этапных вмешательств.

Материал и методы

Дизайн исследования: когортное ретроспективное моноцентровое.

Критерии включения в исследование: пациенты с остеонекрозами тел позвонков грудного и поясничного отделов позвоночника в стадии 3 по Formica et al. [5], способные к само-

стоятельному удержанию позы в положении стоя.

Критерии исключения: посттравматические кифозы, причиной которых не являлся асептический некроз тел позвонков.

Из 124 пациентов, поступивших в клинику в 2020–2022 гг. с приобретенными посттравматическими деформациями позвоночника, критериям включения соответствовали 40. Период наблюдения – 1 год после операции. Контрольные точки обследования: до и после операции, 6 мес. после операции, 1 год после операции.

Группа исследования состояла из 33 женщин, 7 мужчин. Возраст пациентов – от 30 до 74 лет, медиана – 64 [61; 67] года.

У 15 (37,5 %) пациентов отсутствует факт травмы (рис. 1), у 19 (47,5 %) – возникновению болей в спине предшествовала низкоэнергетическая травма (падение) и только 6 пациентов отмечают травматический эпизод (автомобильная травма, производственная травма), после которого выявлен перелом позвоночника и проводилось консервативное лечение. Кифо-

Таблица 1

Классификация аваскулярных некрозов позвонков по Formica et al. [5]

Стадия		Методы обследования	
0		Рентгенография, МРТ и КТ без патологии	
1 «ранняя фаза»		Рентгенография (-), КТ (-), МРТ (отек кости)	
2 «фаза нестабильности»		Рентгенография, КТ (+) (вакуум-симптом), МРТ (+) (симптом двойного контура)	
3 «фаза фиксированной деформации»		Рентгенография (+), КТ (+) (коллапс позвонка, фиксированная деформация), МРТ (-)	
Модификаторы			
Кифоз (индекс клиновидности)		Значения показателей сагиттального баланса	
А	Соотношение передней и задней высоты тела позвонка более 75 %	1. Баланс	SVA < 50 мм; PT ≤ thPT
		2. Скрытый дисбаланс	SVA < 50 мм; PT > thPT
В	Соотношение передней и задней высоты тела позвонка менее 75 %	3. Дисбаланс	SVA > 50 мм; PT > thPT

SVA – сагиттальная ось позвоночника/крестцовая вертикальная ось; PT – patient pelvic tilt – наклон таза; thPT – theoretical pelvic tilt – должный PT ($thPT = -0,7 + 0,37 \times PI$ – формула Vialle); классифицирование = стадия + модификатор углового кифоза + модификатор сагиттального баланса (например, стадия 3.А.2).

тические деформации диагностированы в срок от 6 до 11 мес. после возникновения болей в спине.

В соответствии с классификацией Formica et al. [5] все пациенты находились в стадии фиксированной деформации (стадия 3). Выраженный коллапс тела позвонка и грубый кифоз (модификатор А) сопровождал 70,0 % пациентов, 52,5 % имели скрытый или выраженный сагиттальный дисбаланс.

Пациенты характеризовались наличием коморбидной патологии, 35 из них имели более трех сопутствующих заболеваний: индекс коморбидности Charlson

[6] составил в среднем 4 [3; 5] балла; от 0 до 4 баллов – 22 пациента; 5–8 баллов – 18 пациентов.

У 6 пациентов выявили вертеброгенную неврологическую симптоматику, обусловленную стенозом позвоночного канала на уровне аваскулярного остеонекроза позвонка: компрессионно-ишемическая миелопатия – у 5 пациентов (ASIA D), полирадикулопатия вследствие компрессии корешков конского хвоста – у 1, при этом пациенты сохраняли способность к удержанию позы в положении стоя. Анамнестические данные говорят о постепенном развитии и усугублении неврологического дефицита.

Всем пациентам провели этапные вмешательства в одну хирургическую сессию. Коррекцию кифоза выполняли методом вентрального корригирующего спондилодеза, вторым этапом осуществили транспедикулярную фиксацию соответствующего уровня. Особенностью вентрального вмешательства в условиях коллапса тела позвонка и остеопороза позвоночника является положение пациента на спине, при этом коррекцию кифоза осуществляли постуральным способом после удаления тела позвонка путем изгиба хирургического стола с вершиной на уровне вмешательства без использования дистрагирующих сегмент манипуляций. По показаниям при выявленной компрессии спинного мозга и его корешков проводили переднюю декомпрессию путем удаления задней части тела позвонка – от педикулы до педикулы (рис. 2, 3).

При наличии задних спонтанных костных блоков предварительным этапом выполняли мобилизующие вмешательства в виде фасетэктомии. В этих случаях последовательность этапов операции была следующая: установка опорных элементов конструкции (винтов) и фасетэктомия – вентральный корригирующий спондилодез – монтаж конструкции, дополнительная коррекция деформации при необходимости.

Провели 7 трехэтапных вмешательств и 33 двухэтапных, всего 87 операций. Длинносегментарную транспедикулярную фиксацию (5 позвоночных сегментов) применили у 16 (40,0 %) пациентов, короткосегментарную (3 сегмента) – у 24 (60,0 %). Аугментацию винтов цементом выполнили у 25 (62,5 %) пациентов. Шести пациентам с клинически значимым стенозом позвоночного канала в ходе вентрального вмешательства провели переднюю декомпрессию.

Суммарная кровопотеря всех этапов вмешательства составила 300 [250,0; 512,5] мл (от 100 до 1650 мл). Среднее время хирургической сессии (суммарное время всех этапов) – 300 [240,0; 346,2] мин (от 190 до 600 мин). Оценили зарегистрированные интра-

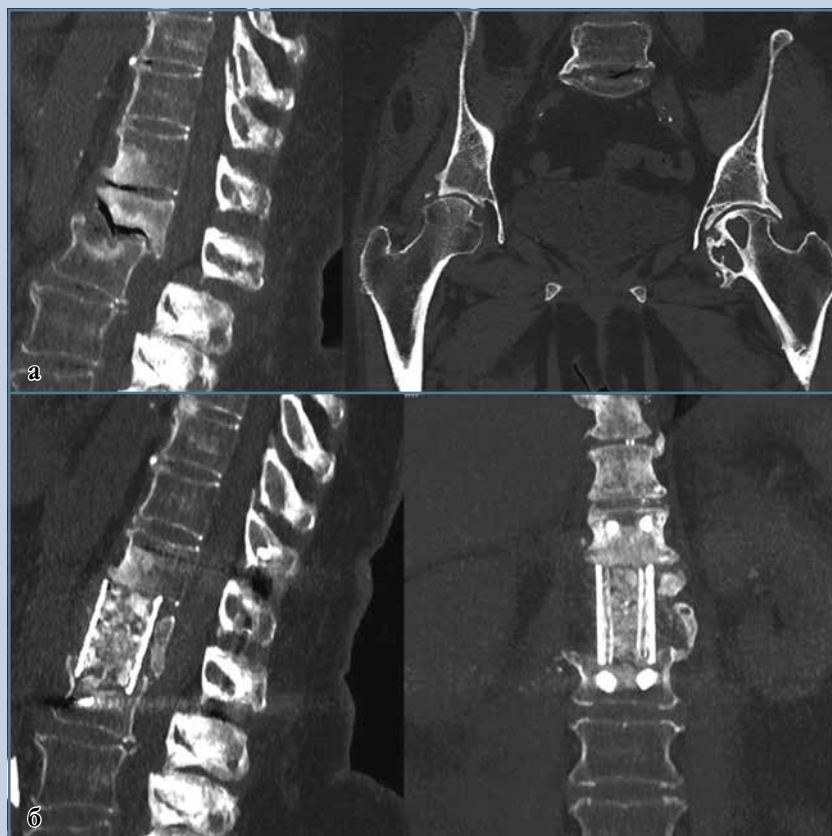
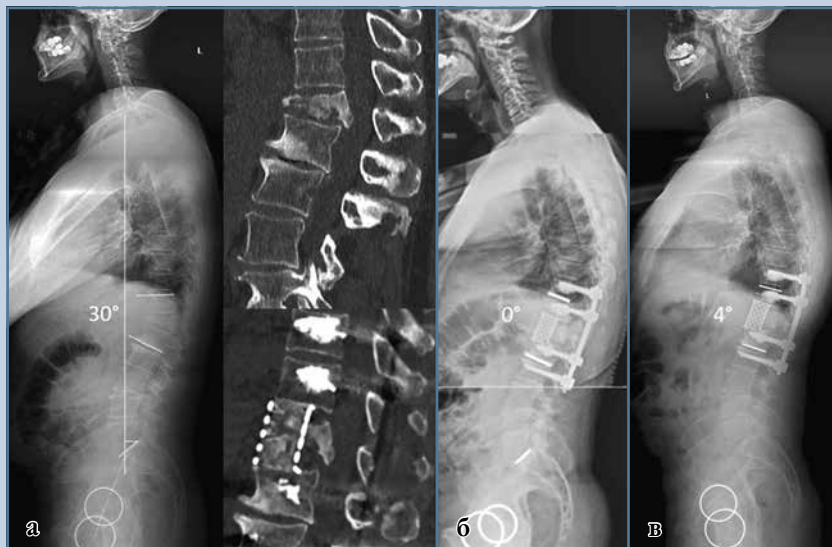


Рис. 1

МСКТ пациентки К., 64 лет: **а** – при обследовании по поводу болей в пояснице и левом тазобедренном суставе, возникших без факта травмы, выявлены аваскулярный остеонекроз L₁ позвонка (стадия 3.В.3) и аваскулярный остеонекроз головки левой бедренной кости; **б** – результат одномоментного двухэтапного вмешательства – вентрального корригирующего спондилодеза, транскutánной транспедикулярной фиксации

**Рис. 2**

Рентгенограммы и МСКТ пациента П., 62 лет: **а** – кифоз вследствие аваскулярного остеонекроза Th₁₂ позвонка (стадия 3.A.2); **б** – результат одномоментного двухэтапного оперативного вмешательства (вентральный корригирующий спондилодез и транспедикулярная фиксация, аугментация винтов), достигнута полная коррекция деформации; **в** – через 1 год после операции коррекция кифоза сохранена, отмечен костно-металлический блок Th₁₁–L₁ позвонков

и послеоперационные осложнения по стандартизованной классификации Clavien – Dindo [7], а также поздние механические осложнения, к которым отнесены потеря коррекции в период наблюдения более 10°, наличие кифоза (компрессионный перелом) в области, смежной с зоной фиксации.

Для определения минеральной плотности кости изучили данные рентгеновской денситометрии, значение Т-критерия и интерпретацию этого значения с позиции классификации остеопороза ВОЗ [8].

Исследовали показатели боли и функциональной дееспособности по ODI и ВАШ до и после операции в контрольных точках исследования.

Рентгенологические параметры оценивали до и после оперативного вмешательства и при контрольных исследованиях на профильных рентгенограммах позвоночника в положении пациента стоя в обычной позе, в двух стандартных

проекциях от черепа до средней трети бедренных костей, положение кистей на противоположных ключицах.

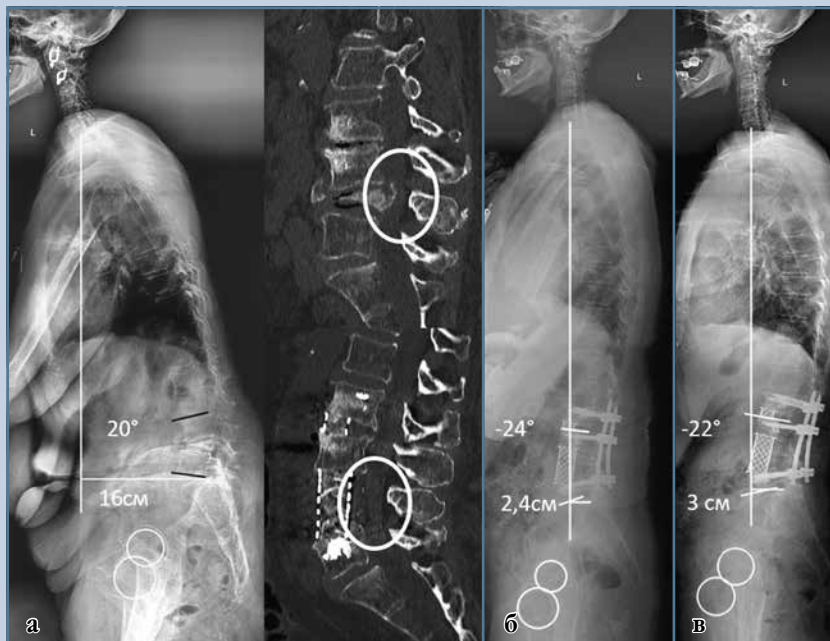
Исследовали следующие параметры сагиттального контура позвоночника: локальный кифоз (LK) по Cobb; грудной кифоз (ТК) от краниальной пластинки тела Th₄ до каудальной замыкательной пластинки позвонка выше поврежденного; поясничный лордоз (LL) от краниальной замыкательной пластинки позвонка ниже поврежденного до S₁. Измеряли параметры позвоночно-тазового (PI, PT, SS) и глобального (SVA) баланса и глобальный угол (GT) – угол пересечения линий, проведенных через центр S₁ позвонка от головок бедер и C₇ позвонка [9]. Изучали проседание вентрального имплантата как фактора потери коррекции локального кифоза.

Статистические методы. Непрерывные величины в исследуемой группе протестировали на нормальность критерием Шапиро – Уилка и представили

через статистики медиан с интерквартильными интервалами (МЕД [Q1; Q2]), средних арифметических ± стандартных отклонений (СРЕД ± СО), минимальных и максимальных значений (МИН – МАКС). Бинарные и категориальные величины представили количеством событий с частотой – n (%). Непрерывные величины до и после операции сравнивали критерием Вилкоксона. Для оценки сдвига распределений вычисляли псевдомедиану парных разностей (пМЕД), относительную величину различия определяли через стандартизованную разницу средних (СРС). Категориальную величину модификатор 2 по Formica до и после операции сравнивали критерием Мак-Немара. Все используемые критерии были двусторонними. Достигнутые уровни значений p менее 0,05 считались значимыми. Выявление предикторов механических осложнений выполняли построением моделей логистических регрессий. Попарные числовые ассоциации определяли построением однофакторных моделей, множественные числовые ассоциации (предикторы) – многофакторных моделей. Проверку статистических гипотез проводили при критическом уровне значимости $p = 0,05$, то есть различие считалось статистически значимым при $p < 0,05$. Расчеты проводили в IDE RStudio (версии 2023.09.1 Build 494 © 2009–2023 Posit Software, PBC, США) на R (версии 4.1.3).

Результаты

Посттравматический кифоз грудно-поясничного отдела позвоночника (LK) в ходе оперативных вмешательств полностью корригирован. После исправления кифоза выявили статистически значимые изменения всех показателей сагиттальных изгибов позвоночника: увеличение грудного кифоза ТК, уменьшение поясничного лордоза LL. Статистически значимых изменений показателей позвоночно-тазового и глобального сагиттального баланса не отмечено (табл. 2). Вы-

**Рис. 3**

Рентгенограммы и МСКТ пациентки К, 72 лет, с кифозом вследствие аваскулярного остеонекроза L_4 позвонка (стадия 3А.3), компрессией корешков конского хвоста, полирадикулопатией: **а** – грубый кифоз L_3 – L_4 , признаки глобального и позвоночно-тазового дисбаланса, стеноз позвоночного канала; **б** – результат одномоментного двухэтапного оперативного вмешательства (передняя декомпрессия, вентральный корригирующий спондилодез L_2 – L_5 и транскutánная фиксация, аугментация винтов), поясничный лордоз восстановлен, коррекция параметров глобального и позвоночно-тазового баланса, достигнута декомпрессия корешков конского хвоста; регресс неврологической симптоматики; **в** – через 1 год после операции костно-металлический блок L_2 – L_5 позвонков, коррекция кифоза сохранена

явили переход модификатора баланса (индивидуализированный PT и SVA) между его градациями до и после операции: до операции без признаков дисбаланса было 47,5 % пациентов, после операции – 70,0 %. Динамика перехода отражена на диаграмме сопряжения изменений модификатора (рис. 4).

Динамика кифоза в период наблюдения отражена в табл. 3, функциональные исходы пациентов – в табл. 4.

Регресс неврологической симптоматики при послеоперационном наблюдении отметили у двух из шести пациентов (переход в ASIA E).

Интраоперационные и послеоперационные осложнения по классификации Clavien – Dindo зафиксировали

у 14 (35 %) пациентов, учитывали любое отклонение от нормального течения послеоперационного периода (табл. 5). У трех пациентов было более одного осложнения.

Повторное оперативное вмешательство потребовалось в 1 (2,5 %) случае: провели ревизию правой плевральной полости, переднюю декомпрессию, повторный передний спондилодез. Причиной ревизионной хирургии стало неврологическое осложнение в виде нарастания моторного дефицита, имевшегося до операции (дистальный монопарез), до правосторонней моноплегии. Остальные осложнения были купированы в период нахождения пациентов в стационаре.

Механические осложнения через 6 и 8 мес. после операции выявлены у 8 (20 %) пациентов. В трех случаях это кифозы на смежных уровнях фиксации вследствие компрессионных переломов позвонков, в четырех – рецидивы кифоза вследствие проседания вентральных имплантатов в тела смежных позвонков, в одном – поздняя глубокая инфекция области хирургического вмешательства в срок более 4 мес. после операции, когда развились псевдоартроз и имплантат-ассоциированная инфекция в сочетании с грубой кифотической деформацией. В дальнейшем этой пациентке проведено успешное этапное реконструктивное вмешательство в специализированном нейрохирургическом стационаре одного из федеральных центров России.

Предикторами механических осложнений стали неполная коррекция кифоза (LK postOp более 4°) и показатель глобального угла GT (GT preOp менее 7°), а также наличие дисбаланса (2 и 3 балла) по классификации Formica. Для проседания вентральных имплантатов предиктором также является показатель Т-критерия меньше -3,35 (табл. 6).

Обсуждение

Аваскулярный остеонекроз тела позвонка встречается у пациентов среднего и пожилого возраста, как правило, на фоне остеопороза. В этиологии рассматриваемого заболевания не исключен и фактор новой коронавирусной инфекции, поскольку в текущей социально-эпидемиологической обстановке отмечено повсеместное увеличение остеонекрозов костей всех локализаций [10, 11].

Formica et al. [4] разработали ориентированную на лечение классификацию аваскулярных остеонекрозов позвонков. Практическая ценность классификации состоит в четком разграничении стадий процесса остеонекроза позвонка в соответствии с диагностическими критериями, а также учет рентгенологических параметров в виде модификаторов – потери высоты тела позвонка/кифоза,

Таблица 2

Сравнение показателей сагиттальных изгибов позвоночника, глобального и позвоночно-тазового баланса до и после операции (n = 40)

Показатель	До операции	После операции	Различие пМЕД [95 % ДИ] СРС [95 % ДИ]	Критерий Вилкоксона, p-уровень
	МЕД [Q1; Q3] СРЕД ± СО (МИН – МАКС)	МЕД [Q1; Q3] СРЕД ± СО (МИН – МАКС)		
LK	30,0 [25,00; 34,00] 30,10 ± 6,83 (20–52)	0,0 [-3,25; 2,25] -0,25 ± 8,00 (-28–22)	30,00 [30,00; 30,50] 4,08 [3,30; 4,85]	<0,001*
TK	31,0 [22,25; 38,25] 31,30 ± 14,56 (8–79)	39,0 [34,00; 46,00] 40,65 ± 10,49 (22–85)	-9,50 [-9,50; -9,00] -0,74 [-1,19; -0,28]	<0,001*
LL	-63,0 [-67,75; -57,00] -62,42 ± 14,08 (-90– -3)	-57,5 [-60,00; -52,00] -56,17 ± 8,39 (-79– -39)	-7,00 [-7,50; -7,00] -0,54 [-0,99; -0,09]	<0,001*
PT	16,0 [10,75; 21,00] 16,05 ± 7,84 (0–33)	14,5 [9,00; 20,00] 14,45 ± 7,83 (-2–32)	1,50 [1,00; 1,50] 0,20 [-0,24; 0,64]	0,064
SS	35,5 [30,00; 39,25] 35,12 ± 7,69 (17–56)	36,0 [34,00; 39,25] 37,00 ± 6,73 (15–52)	-1,50 [-2,00; -1,50] -0,26 [-0,70; 0,18]	0,053
SVA	1,5 [-0,50; 3,80] 1,97 ± 3,94 (-4– -15)	1,0 [-1,00; 2,30] 1,62 ± 6,95 (-6–40)	1,00 [0,75; 1,10] 0,06 [-0,38; 0,50]	0,118
GT	15,5 [9,00; 23,50] 16,92 ± 10,88 (0–52)	12,5 [7,00; 18,25] 13,72 ± 9,39 (-1–35)	2,00 [2,00; 2,50] 0,31 [-0,13; 0,76]	0,047
Модификатор сагиттального баланса	1: 19 (47,5 %) 2: 14 (35,0 %) 3: 7 (17,5 %)	1: 28 (70,0 %) 2: 10 (25,0 %) 3: 2 (5,0 %)	—	0,074 ⁺

* p < 0,001; + сравнение критерием Мак-Немара.

Таблица 3

Динамика изменения кифоза в период наблюдения

LK preOp, град.	LK postOp, град.	LK postOp 6 мес., град.	LK postOp 12 мес., град.
МЕД [Q1; Q3] СРЕД ± СО (МИН – МАКС)	МЕД [Q1; Q3]* СРЕД ± СО* (МИН – МАКС)	МЕД [Q1; Q3] СРЕД ± СО (МИН – МАКС)	МЕД [Q1; Q3] СРЕД ± СО (МИН – МАКС)
30 [25,00; 34,00] 30,10 ± 6,83 (20–52)	0 [-3,25; 2,25]* -0,25 ± 8,00* (-28–22)*	2 [0,00; 5,75] 4,03 ± 11,13 (-26–44)	4 [0,75; 8,00] 5,82 ± 12,11 (-26–44)

*p < 0,001.

учет параметров глобального сагиттального баланса (SVA) и позвоночно-тазового баланса в виде PT, индивидуализированного по PI. В соответствии со стадией и значением модификаторов предложена рабочая схема такти-

ки лечения [5]. Модификатор кифоза (отношения передней и задней высоты менее или более 75 %) отражает характерный признак остеонекроза – значительную потерю передней высоты тела из-за ишемическо-

го некроза тела позвонка в передней трети при относительной сохранности задней высоты тела. Этот признак визуально (чаще страдает каудовентральная часть тела) и рентгенометрически отличает деформацию тела позвонка при остеонекрозе от остеопоротических переломов, например, типов OF4 и OF5, оцененных по классификации DGOU [12, 13]. Модификатор сагиттального баланса отражает классификацию дисбаланса Lamartina et al. [14] с использованием показателя глобального баланса SVA, а PI-индивидуализированный PT является ключевым параметром позвоночно-тазового баланса, отражает компенсаторную ретроверсию таза [15, 16]. К тому же увеличение PT может отражать ретроверсию таза

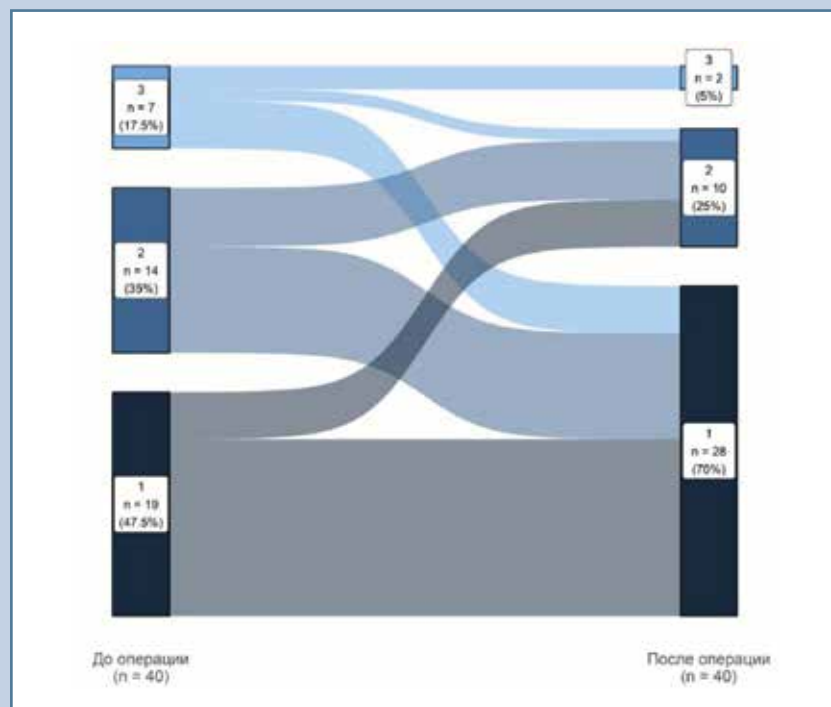


Рис. 4

Диаграмма сопряжения перехода модификатора сагиттального баланса до операции и после операции (n = 40)

не только по анатомическим причинам (уменьшение поясничного лордоза), но и быть рентгенологическим отражением выраженного болевого синдрома [17].

Современная хирургическая тактика на ранних стадиях остеонекроза позвонка заключается в проведении минимально-инвазивных

вмешательств, целью которых является стабилизация пораженного сегмента путем заполнения дефекта кости позвонка (вакуум-феномен, intravertebral cleft) цементом при вертебропластике, кифопластике [18], а также транскutánной транспедикулярной фиксации с вертебропластикой [19, 20]. Не все остеонекрозы

приводят к критической локальной деформации позвоночника. Mouga и Gabriel [21] отмечают вариант спонтанной стабилизации посттравматического некроза позвоночника остеопитами через 4–6 мес. консервативного лечения.

При отсутствии лечения в ранние стадии остеонекроза развиваются коллапс тела позвонка, кифотическая деформация и неврологический дефицит, что является показанием для реконструктивного оперативного вмешательства. Восстановление анатомии позвоночника и воспроизведение его физиологических изгибов возможны либо за счет реконструкции передней колонны пораженного сегмента, либо за счет остеотомии позвоночника и уменьшения задней высоты сегмента.

Мы использовали тактику одномоментного этапного оперативного вмешательства – корпэктомии и циркулярную стабилизацию. Данная методика позволяет восстановить нормальные сегментарные взаимоотношения, провести коррекцию кифоза и при необходимости осуществить полноценную декомпрессию передних отделов спинного мозга и его корешков. Использование вентральных фиксаторов в условиях остеопоротического позвоночника по показаниям сопровождалось применением длинносегментарной фиксации и аугментации винтов цементом.

Примененная хирургическая техника постуральной коррекции кифоза после корпэктомии позволяет исправить локальную сагиттальную деформацию любой величины. Рентгенологические результаты этапных одномоментных операций выражались в полной коррекции посттравматической деформации (с 30° до -0,25°) и регрессе компенсаторных изменений смежных с кифозом изгибов позвоночника: отмечено увеличение грудного кифоза и уменьшение поясничного лордоза. При передних операциях по поводу остеонекроза позвонков Wang et al. [22] отмечают остаточную величину кифоза после операции – $7,6^\circ \pm 5,5^\circ$, Kanayama

Таблица 4

Динамика изменения показателей качества жизни в период наблюдения

Показатель	До операции	6 мес. после операции	12 мес. после операции
ODI			
МЕД [Q1; Q3]	54 [34,0; 70,0]	32 [25,0; 48,0]*	30 [22,0; 45,0]
СРЕД ± СО	54,2 ± 12,1	32,4 ± 9,3*	30,2 ± 4,2
(МИН – МАКС)	(30–80)	(10–50)	(10–45)
ВАШ			
МЕД [Q1; Q3]	5 [3,2; 7,0]	3 [2,0; 3,8]*	2 [1,5; 3,1]
СРЕД ± СО	4,8 ± 1,8	2,5 ± 1,6*	2,1 ± 1,4
(МИН – МАКС)	(2–7)	(1–5)	(1–5)

*p < 0,001.

Таблица 5

Интраоперационные и послеоперационные осложнения

Осложнения	Класс по Clavien – Dindo	Количество, n (%)
Неврологические (моторный дефицит)	3b	1 (2,5)
Неинфекционные:		
– ателектаз, требующий курации в ОРИТ	2	2 (5,0)
– пневмоторакс	2	1 (2,5)
– фибрилляция предсердий	2	3 (7,5)
– анемия, требующая трансфузии	2	3 (7,5)
– тромбоз вен нижних конечностей	1	1 (7,5)
– периоперационная плексопатия	1	1 (2,5)
Инфекционные:		
– новая коронавирусная инфекция (COVID-19)	1	3 (7,5)
– внутрибольничная пневмония	2	2 (5,0)
– ранняя поверхностная инфекция области хирургического вмешательства	2	1 (2,5)
Всего		17

Таблица 6

Значения ковариат в моделях логистической регрессии механических осложнений (n = 8)

Ковариаты	Однофакторные модели		Многофакторная модель	
	ОШ [95 % ДИ]	p	ОШ [95 % ДИ]	p
LK postOp более 4°	0,02 [0,00; 0,13]	<0,001*	0,02 [0,00; 0,14]	0,001*
T-критерий менее -3,35	0,13 [0,02; 0,92]	0,039*	23,76 [0,70; 7890,13]	0,127
GT preOp менее 7°	7,47 [1,29; 49,42]	0,026*	—	—
Модификатор 2 по Formica	0,21 [0,03; 0,79]	0,049*	—	—

* p < 0,05.

et al. [23] – 12,5°, Kashii et al. [24] – 15,3° ± 8,1°. Достигнутая коррекция кифоза при дальнейшем наблюдении претерпевала изменения, однако через год после операции кифоз в области операции в исследованной группе в среднем составил 5,8° [-4°; 40°], при том что в литературных источниках кифоз при подобных вмешательствах в период наблюдения был от 9,9° до 26,8° [22–24]; потерю коррекции и рецидивы кифоза авторы связывают с проведением передних вмешательств в условиях остеопороза.

Несмотря на отсутствие статистически значимых изменений показателей позвоночно-тазового и глобального сагиттального баланса, в среднем по группе при послеоперационном исследовании отмечено улучшение

показателей модификатора баланса по Formica у 14 (35 %) пациентов.

Объем кровопотери и времени операции в настоящем исследовании находятся в рамках показателей, приведенных в литературе [22–24].

Для оценки осложнений применяли классификацию Clavien – Dindo, которая показала, что наиболее тяжелым в исследованной группе было неврологическое осложнение (n = 1, 2,5 %), потребовавшее повторного вмешательства (3b). Осложнения и отклонения от нормального течения послеоперационного периода (включая коронавирусную инфекцию) составили 35 %, что меньше, чем, например, осложнения при трехколонных остеотомиях при лечении дегене-

ративного дисбаланса у сравнимой по качеству здоровья и возрасту категории пациентов [25], и были купированы в стационаре.

К поздним механическим осложнениям (n = 8; 20,0 %) мы отнесли потерю коррекции более 10° (n = 5) вследствие проседания имплантата и возникновение компрессионных переломов (n = 3) позвонков выше или ниже зоны фиксации. Ревизионная этапная хирургия потребовалась одному пациенту по поводу имплантат-ассоциированной инфекции, псевдоартроза и рецидива кифоза до 40°, в результате которой достигнута санация очага инфекции и полная устойчивая коррекция деформации. Uchida et al. [26] сообщают о механических осложнениях у 11 (36 %) из 30 пациентов (2 смежных перелома, 9 случаев расшатывания винтов передних конструкций и проседания кейджей). Kanayama et al. [23] в группе из 31 пациента отмечают 7 переломов смежных позвонков и 6 случаев прогрессирующего кифоза [23].

В ходе исследования установлено, что предикторами механических осложнений являются недостаточная коррекция кифоза (LK postOp более 4°), значительная одномоментная коррекция кифоза (Δ LK более 37,5°), показатель T-критерия меньше -3,35. Кроме того, предикторами механических осложнений оказались интегральные показатели сагиттального баланса: наличие дисбаланса (2 и 3 балла) по модификатору баланса классификации Formica и показателя GT (глобальный угол) более 7°. Протяженность задней фиксации, наличие/отсутствие аугментации винтов, показатель ROI позвонков не повлияли на возникновение механических осложнений.

Достоинство вентральных корригирующих оперативных вмешательств – в больших возможностях коррекции кифоза (Δ LK более 37,5°), но это является и их недостатком: полная коррекция грубого кифоза до должных величин в условиях тяжелого остеопороза приводит к проседа-

нию имплантата, несмотря на заднюю фиксацию и аугментацию винтов цементом. По-видимому, для хирургического лечения грубой кифотической деформации более 37,5° в условиях тяжелого остеопороза позвоночника и с признаками дисбаланса следует предпочесть альтернативный вид реконструктивной хирургии – остеотомию позвоночника.

Показатели боли и функциональной дееспособности в исследованной группе в период наблюдения статистически значимо улучшились ($p < 0,001$).

Заключение

Результаты хирургического лечения кифозов вследствие аваскулярных остеонекрозов тел позвонков методом одномоментных этапных вмешательств в исследованной группе характеризуются полной коррекцией кифоза, улучшением показателей сагиттального баланса, показателей боли и функциональной дееспособности в период наблюдения. Выявленные ограничения метода в виде предикторов механических ослож-

нений должны быть использованы при планировании хирургических вмешательств.

Исследование не имело спонсорской поддержки. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Проведение исследования одобрено локальным этическим комитетом учреждения.

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

Литература/References

- Shah KN, Racine J, Jones LC, Aaron RK. Pathophysiology and risk factors for osteonecrosis. *Curr Rev Musculoskelet Med*. 2015;8:201–209. DOI: 10.1007/s12178-015-9277-8.
- Lafforgue P. Pathophysiology and natural history of avascular necrosis of bone. *Joint Bone Spine*. 2006;73:500–507. DOI: 10.1016/j.jbspin.2006.01.025.
- He D, Yu W, Chen Z, Li L, Zhu K, Fan S. Pathogenesis of the intravertebral vacuum of Kummell's disease. *Exp Ther Med*. 2016;12:879–882. DOI: 10.3892/etm.2016.3369.
- Formica M, Zanirato A, Cavagnaro L, Basso M, Divano S, Formica C, Felli L. What is the current evidence on vertebral body osteonecrosis?: A systematic review of the literature. *Asian Spine J*. 2018;12:586–599. DOI: 10.4184/asj.2018.12.3.586.
- Formica M, Zanirato A, Cavagnaro L, Basso M, Divano S, Lamartina C, Berjano P, Felli L, Formica C. Vertebral body osteonecrosis: proposal of a treatment-oriented classification system. *Eur Spine J*. 2018;7(Suppl 2):190–197. DOI: 10.1007/s00586-018-5600-6.
- Charlson ME, Pompei P, Ales KL, MacKenzie CR. A new method of classifying prognostic comorbidity in longitudinal studies: development and validation. *J Chronic Dis*. 1987;40:373–383. DOI: 10.1016/0021-9681(87)90171-8.
- Dindo D, Demartines N, Clavien PA. Classification of surgical complications: a new proposal with evaluation in a cohort of 6336 patients and results of a survey. *Ann Surg*. 2004;240:205–213. DOI: 10.1097/01.sla.0000133083.54934.ae.
- Cotts KG, Cifu AS. Treatment of osteoporosis. *JAMA*. 2018;319:1040–1041. DOI: 10.1001/jama.2017.21995.
- Obeid I, Boissiere L, Yilgor C, Larrieu D, Pellise F, Alanay A, Acaroglu E, Perez-Grueso FJ, Kleinstuck F, Vital JM, Bourghli A. Global tilt: a single parameter incorporating spinal and pelvic sagittal parameters and least affected by patient positioning. *Eur Spine J*. 2016;25:3644–3649. DOI: 10.1007/s00586-016-4649-3.
- Торгашин А.Н., Родионова С.С. Остеонекроз у пациентов, перенесших COVID-19: механизмы развития, диагностика, лечение на ранних стадиях (обзор литературы) // Травматология и ортопедия России. 2022. Т. 28. № 1. С. 128–137. [Torgashin AN, Rodionova SS. Osteonecrosis in patients recovering from COVID-19: Mechanisms, Diagnosis, and Treatment at Early-Stage Disease (Review). *Travmatologiya i ortopediya Rossii* (Traumatology and Orthopedics of Russia). 2022;28(1):128–137]. DOI: 10.17816/2311-2905-1707.
- Клименко А.А., Демидова Н.А., Андрияшкина Д.Ю., Бабадаева Н.М., Кондрашов А.А., Саакян Ю.М. Мультифокальный остеонекроз как последствие новой коронавирусной инфекции // Научно-практическая ревматология. 2023. Т. 61. № 1. С. 34–41. [Klimenko AA, Demidova NA, Andryashkina DYU, Babadava NA, Kondrashov AA, Saakyan YuM. Multifocal osteonecrosis as a consequence of a new coronavirus infection. *Rheumatology Science and Practice*. 2023;61(1):34–41]. DOI: 10.47360/1995-4484-2023-34-41.
- Schnake KJ, Blattner TR, Hahn P, Franck A, Hartmann F, Ullrich B, Verheyden A, Mork S, Zimmermann V, Gonschorek O, Mller M, Katscher S, Saman AE, Pajenda G, Morrison R, Schinkel C, Piltz S, Partenheimer A, Muller CW, Gercek E, Scherer M, Bouzraki N, Kandziora F. Classification of Osteoporotic Thoracolumbar Spine Fractures: Recommendations of the Spine Section of the German Society for Orthopaedics and Trauma (DGOU). *Global Spine J*. 2018;8(2 Suppl):465–495. DOI: 10.1177/2192568217717972.
- Chen Z, Lou C, Yu W, He D. Comparison of intravertebral clefts between kummell disease and acute osteoporotic vertebral compression fracture: a radiological study. *Orthop Surg*. 2021;13:1979–1986. DOI: 10.1111/os.13025.
- Lamartina C, Berjano P, Petrucci M, Sinigaglia A, Casero G, Cecchinato R, Damilano M, Bassani R. Criteria to restore the sagittal balance in deformity and degenerative spondylolisthesis. *Eur Spine J*. 2012;21 Suppl 1(Suppl 1):S27–S31. DOI: 10.1007/s00586-012-2236-9.
- Garbossa D, Pejrona M, Damilano M, Sansone V, Ducati A, Berjano P. Pelvic parameters and global spine balance for spine degenerative disease: the importance of containing for the well being of content. *Eur Spine J*. 2014;23 Suppl 6:616–627. DOI: 10.1007/s00586-014-3558-6.
- Vialle R, Levassor N, Rillardon L, Templier A, Skalli W, Guigui P. Radiographic analysis of the sagittal alignment and balance of the spine in asymptomatic subjects. *J Bone Joint Surg Am*. 2005;87:260–267. DOI: 10.2106/JBJS.D.02043.
- Pourtaheri S, Sharma A, Savage J, Kalfas I, Mroz TE, Benzel E, Steinmetz MP. Pelvic retroversion: a compensatory mechanism for lumbar stenosis. *J Neurosurg Spine*. 2017;27:137–144. DOI: 10.3171/2017.2.SPINE.16963.
- Dai SQ, Qin RQ, Shi X, Yang HL. Percutaneous vertebroplasty versus kyphoplasty for the treatment of neurologically intact osteoporotic Kummell's disease. *BMC Surg*. 2021;21:65. DOI: 10.1186/s12893-021-01057-x.
- Park SJ, Kim HS, Lee SK, Kim SW. Bone cement-augmented percutaneous short segment fixation: an effective treatment for Kummell's disease? *J Korean Neurosurg Soc*. 2015;58:54–59. DOI: 10.3340/jkns.2015.58.1.54.
- Lu W, Wang L, Xie C, Teng Z, Han G, Shi R, Liang J, Lu S. Analysis of percutaneous kyphoplasty or short-segmental fixation combined with vertebroplasty in the treatment of Kummell disease. *J Orthop Surg Res*. 2019;14:311. DOI: 10.1186/s13018-019-1358-8.

21. Moura DFL, Gabriel JP. Evolution of vertebral posttraumatic necrosis to bone healing after self-stabilizing osteophytosis development - case report. J Spine Surg. 2021;7:524–531. DOI: 10.21037/jss-21-58.
22. Wang F, Wang D, Tan B, Dong J, Feng R, Yuan Z, Wang N. Comparative study of modified posterior operation to treat Kummell's disease. Medicine (Baltimore). 2015;94:e1595. DOI: 10.1097/MD.0000000000001595.
23. Kanayama M, Ishida T, Hashimoto T, Shigenobu K, Togawa D, Oha F, Kaneda K. Role of major spine surgery using Kaneda anterior instrumentation for osteoporotic vertebral collapse. J Spinal Disord Tech. 2010;23:53–56. DOI: 10.1097/BSD.0b013e318193e3a5.
24. Kashii M, Yamazaki R, Yamashita T, Okuda S, Fujimori T, Nagamoto Y, Tamura Y, Oda T, Ohwada T, Yoshikawa H, Iwasaki M. Surgical treatment for osteoporotic vertebral collapse with neurological deficits: retrospective comparative study of three procedures – anterior surgery versus posterior spinal shorting osteotomy versus posterior spinal fusion using vertebroplasty. Eur Spine J. 2013;22:1633–1642. DOI: 10.1007/s00586-013-2759-8.
25. Bianco K, Norton R, Schwab F, Smith JS, Klineberg E, Obeid I, Mundis G Jr, Shaffrey CI, Kebaish K, Hostin R, Hart R, Gupta MC, Burton D, Ames C, Boachie-Adjei O, Protopsaltis TS, Lafage V. Complications and intercenter variability of three-column osteotomies for spinal deformity surgery: a retrospective review of 423 patients. Neurosurg Focus. 2014;36:E18. DOI: 10.3171/2014.2.FOCUS1422.
26. Uchida K, Nakajima H, Yayama T, Miyazaki T, Hirai T, Kobayashi S, Chen K, Guerrero AR, Baba H. Vertebroplasty-augmented short-segment posterior fixation of osteoporotic vertebral collapse with neurological deficit in the thoracolumbar spine: comparisons with posterior surgery without vertebroplasty and anterior surgery. J Neurosurg Spine. 2010;13:612–621. DOI: 10.3171/2010.5.SPINE09813.

Адрес для переписки:

Борzych Константин Олегович
630091, Россия, Новосибирск, ул. Фрунзе, 17,
Новосибирский НИИ травматологии и ортопедии
им. Я.Л. Цивьяна,
bkodoc@yandex.ru

Address correspondence to:

Borzykh Konstantin Olegovich
Novosibirsk Research Institute of Traumatology and Orthopaedics
n.a. Ya.L. Tsiyvan,
17 Frunze str., Novosibirsk, 630091, Russia,
bkodoc@yandex.ru

Статья поступила в редакцию 06.05.2024

Рецензирование пройдено 11.06.2024

Подписано в печать 18.06.2024

Received 06.05.2024

Review completed 11.06.2024

Passed for printing 18.06.2024

Константин Олегович Борzych, канд. мед. наук, врач-травматолог-ортопед, нейрохирург, старший научный сотрудник научно-исследовательского отделения патологии позвоночника, Новосибирский научно-исследовательский институт травматологии и ортопедии им. Я.Л. Цивьяна, Россия, 630091, Новосибирск, ул. Фрунзе, 17, ORCID: 0000-0001-5685-6834, bkodoc@yandex.ru;

Виктор Викторович Рерих, д-р мед. наук, начальник научно-исследовательского отделения патологии позвоночника, Новосибирский научно-исследовательский институт травматологии и ортопедии им. Я.Л. Цивьяна, Россия, 630091, Новосибирск, ул. Фрунзе, 17, ORCID: 0000-0001-8545-0024, clinic@niito.ru;

Владимир Дмитриевич Синявин, врач-травматолог-ортопед, младший научный сотрудник научно-исследовательского отделения патологии позвоночника, Новосибирский научно-исследовательский институт травматологии и ортопедии им. Я.Л. Цивьяна, Россия, 630091, Новосибирск, ул. Фрунзе, 17, ORCID: 0000-0001-5237-6403, Dr.VladimirSinyavin@gmail.com.

Konstantin Olegovich Borzykh, MD, PhD, orthopaedic traumatologist, neurosurgeon, senior researcher of the Research Department of Spine Pathology, Novosibirsk Research Institute of Traumatology and Orthopaedics n.a. Ya.L. Tsiyvan, 17 Frunze str., Novosibirsk, 630091, Russia, ORCID: 0000-0001-5685-6834, bkodoc@yandex.ru; Viktor Viktorovich Rerikh, DMSc, Head of the Research Department of Spine Pathology, Novosibirsk Research Institute of Traumatology and Orthopaedics n.a. Ya.L. Tsiyvan, 17 Frunze str., Novosibirsk, 630091, Russia, ORCID: 0000-0001-8545-0024, clinic@niito.ru;

Vladimir Dmitryevich Sinyavin, orthopaedic traumatologist, junior researcher of the Research Department of Spine Pathology, Novosibirsk Research Institute of Traumatology and Orthopaedics n.a. Ya.L. Tsiyvan, 17 Frunze str., Novosibirsk, 630091, Russia, ORCID: 0000-0001-5237-6403, Dr.VladimirSinyavin@gmail.com.



ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ХИРУРГИЧЕСКОГО ЛЕЧЕНИЯ СИНДРОМА ФИКСИРОВАННОГО СПИННОГО МОЗГА ВТОРИЧНОГО ГЕНЕЗА ПРИ SPINA BIFIDA: СИСТЕМАТИЧЕСКИЙ ОБЗОР

С.О. Рябых^{1, 4}, А.А. Калашников¹, Д.А. Лысачёв², В.С. Климов^{1, 3}, А.В. Губин⁴, К.А. Дьячков⁵,
И.И. Хужаназаров^{6, 7}, Д.И. Эшкулов⁶

¹Научно-исследовательский клинический институт педиатрии и детской хирургии
им. акад. Ю.Е. Вельтищева, Москва, Россия

²Национальный медицинский исследовательский центр нейрохирургии
им. акад. Н.Н. Бурденко, Москва, Россия

³Российский университет дружбы народов, Москва, Россия

⁴Клиника высоких медицинских технологий им. Н.И. Пирогова, Санкт-Петербург, Россия

⁵Национальный медицинский исследовательский центр травматологии и ортопедии
им. акад. Г.А. Илизарова, Курган, Россия

⁶Республиканский специализированный научно-практический медицинский центр
травматологии и ортопедии, Ташкент, Узбекистан

⁷Ташкентская медицинская академия, Ташкент, Узбекистан

Цель исследования. Обзор литературы с оценкой эффективности методов хирургического лечения синдрома фиксированного спинного мозга вторичного генеза при *spina bifida*.

Материал и методы. В базах данных Pubmed, EMBASE, eLibrary и Cochrane Library выполнен поиск проспективных когортных клинических исследований, опубликованных в 2009–2024 гг. и оценивающих эффективность методик коррекции синдрома фиксированного спинного мозга при *spina bifida*. Исследование выполнено в соответствии с международными рекомендациями по написанию систематических обзоров и метаанализов PRISMA.

Результаты. В указанный период опубликованы 20 статей, посвященных оценке эффективности хирургических методов коррекции синдрома фиксированного спинного мозга. Из них 15 являются прагматическими клиническими исследованиями, а 5 — рандомизированными клиническими исследованиями. Средний уровень доказательности — III.

Заключение. В настоящее время можно констатировать наличие внутриэкспертного консенсуса относительно функционально-лучевых критериев синдрома фиксированного спинного мозга вторичного генеза при *spina bifida*. Однако вопрос эффективности оперативного вмешательства напрямую зависит от наличия объективных методов клинической оценки тяжести функционального дефицита, обратимости морфофункциональных изменений нервной ткани. Несмотря на многообразие клинических шкал и опросников, не существует единой оценочной системы неврологического, урологического, ортопедического дефицитов у больных с синдромом фиксированного спинного мозга. В этом контексте к перспективным методам объективизации патологического процесса можно отнести функциональную МРТ (спинальную МР-трактографию), однако выявляемые при обследовании феномены не до конца изучены и требуют дальнейших исследований.

Ключевые слова: дети, *spina bifida*, синдром фиксированного спинного мозга, хирургическое лечение.

Для цитирования: Рябых С.О., Калашников А.А., Лысачёв Д.А., Климов В.С., Губин А.В., Дьячков К.А., Хужаназаров И.И., Эшкулов Д.И. Оценка эффективности хирургического лечения синдрома фиксированного спинного мозга вторичного генеза при *spina bifida*: систематический обзор // Хирургия позвоночника. 2024. Т. 21. № 2. С. 49–56.

DOI: <http://dx.doi.org/10.14531/ss2024.2.49-56>.

EVALUATION OF THE EFFECTIVENESS OF SURGICAL TREATMENT OF TETHERED SPINAL CORD SYNDROME OF SECONDARY ORIGIN IN SPINA BIFIDA: A SYSTEMATIC REVIEW

S.O. Ryabukh^{1, 4}, A.A. Kalashnikov¹, D.A. Lysachev², V.S. Klimov^{1, 3}, A.V. Gubin⁴, K.A. Dyachkov⁵, I.I. Khuzhanazarov^{6, 7}, D.I. Eshkulov⁶

¹Veltishchev Research and Clinical Institute for Pediatrics and Pediatric Surgery, Moscow, Russia

²N.N. Burdenko National Medical Research Center for Neurosurgery, Moscow, Russia

³Peoples' Friendship University of Russia, Moscow, Russia

⁴The Pirogov Clinic of High Medical Technologies at St. Petersburg University, St. Petersburg, Russia

⁵National Medical Research Center for Traumatology and Orthopedics n.a. Acad. G.A. Ilizarov, Kurgan, Russia

⁶Republican Specialized Scientific and Practical Medical Center for Traumatology and Orthopedics, Tashkent, Uzbekistan

⁷Tashkent Medical Academy, Tashkent, Uzbekistan

Objective. To present a literature review assessing the effectiveness of surgical treatment methods for tethered spinal cord syndrome of secondary origin in *spina bifida*.

Material and Methods. The Pubmed, EMBASE, eLibrary, and Cochrane Library databases were searched for prospective cohort clinical studies published from 2009 to 2024 and evaluating the effectiveness of methods for correcting tethered spinal cord syndrome in *spina bifida*. The study was carried out in accordance with the guidelines for Preferred Reporting Items for writing Systematic Reviews and Meta-Analyses (PRISMA).

Results. During this period, 20 articles were published assessing the effectiveness of surgical methods for correcting tethered spinal cord syndrome. Of these, 15 are pragmatic clinical trials and 5 are randomized clinical trials. The average level of evidence is III.

Conclusion. Currently, it can be stated that there is an intra-expert consensus regarding functional radiological criteria for tethered spinal cord syndrome of secondary origin in *spina bifida*. However, the issue of the effectiveness of surgical intervention directly depends on the availability of objective methods for clinical assessment of the severity of functional deficit and the reversibility of morphofunctional changes in the nervous tissue. Despite the variety of clinical scales and questionnaires, there is no unified assessment system for neurological, urological and orthopedic deficits in patients with tethered spinal cord syndrome. In this context, functional MRI (spinal MR tractography) can be considered a promising method for objectifying the pathological process. However, the phenomena revealed during the examination are not fully studied and require further research.

Key Words: children, *spina bifida*, tethered spinal cord syndrome, surgical treatment.

Please cite this paper as: Ryabikh SO, Kalashnikov AA, Lysachev DA, Klimov VS, Gubin AV, Dyachkov KA, Khuzhanazarov II, Eshkulov DI. Evaluation of the effectiveness of surgical treatment of tethered spinal cord syndrome of secondary origin in *spina bifida*: a systematic review. Russian Journal of Spine Surgery (Khirurgiya Pozvonochnika). 2024;21(2):49–56. In Russian.

DOI: <http://dx.doi.org/10.14531/ss2024.2.49-56>.

Синдром фиксированного спинного мозга (СФСМ) вторичного генеза представляет собой комплекс функциональных нарушений, вызванных натяжением спинного мозга вследствие фиксации его каудальных отделов в пояснично-крестцовом отделе позвоночного канала [1]. Клинические признаки СФСМ вторичного генеза складываются из неврологических, ортопедических и урологических проявлений, а наиболее частыми симптомами являются двигательные и чувствительные расстройства в нижних конечностях, нарушение функции тазовых органов и болевой синдром [2, 3]. Основная цель хирургического лечения СФСМ заключается в освобождении структур спинного мозга от чрезмерного натяжения.

Традиционными методами коррекции СФСМ вторичного генеза при спинальных дизрафиях являются хирургическое устранение факторов фиксации (липом, дермоидных кист, костных и/или фиброзных перегородок позвоночного канала и др.), разделение арахноидальных и руб-

цовых сращений, иссечение натянутой конечной нити [4, 5]. При этом последние годы привнесли в хирургию только опции контроля хирургических действий, таких как интраоперационный нейромониторинг соматосенсорных и моторных вызванных потенциалов, нейронавигации и пр. При повторных операциях в ходе хирургических манипуляций увеличивается риск повреждения спинного мозга и корешков, в связи с этим в ряде случаев полное устранение фиксации невозможно [6].

Клиническая картина СФСМ вторичного генеза при *spina bifida* может быть очень разнообразной, в зависимости от степени повреждения спинного мозга и его оболочек. Среди симптомов могут быть нарушения мочеиспускания и дефекации, чувствительности и двигательной функции нижних конечностей, мозговые расстройства и задержка умственного развития. Как раз оценка динамики этих симптомов и является ключевой в анализе развития, необходимости и эффективности хирургического

лечения синдрома фиксированного спинного мозга вторичного генеза [7].

Цель исследования – представить обзор литературы с оценкой эффективности методов хирургического лечения СФСМ вторичного генеза при *spina bifida*.

Материал и методы

Стратегия поиска и отбора литературных данных

Выполнен поиск проспективных когортных клинических исследований в базах данных Pubmed, EMBASE, eLibrary и Cochrane Library, опубликованных в 2009–2024 гг. и оценивающих эффективность методик коррекции СФСМ вторичного генеза при *spina bifida*. Исследование выполнено в соответствии с международными рекомендациями по написанию систематических обзоров и метаанализов PRISMA [9].

На первом этапе проводили поиск литературных источников с использованием ключевых слов «синдром фиксированного спинного мозга»,

«*spina bifida*», «*tethered cord syndrome*», «*meningomyelocele*», «*post-MMC syndrome*». На втором этапе просматривали аннотации статей и исключали публикации, не соответствующие критериям данного исследования. На третьем этапе анализировали полнотекстовые версии отобранных статей списка литературы на соответствие критериям включения и исключения на наличие релевантных исследований (рис.).

Критерии оценки

В работах анализировали клинико-инструментальные критерии в зависимости от частоты встречаемости в меж- и внутрипрофильных работах, наличие межэкспертного и внутриэкспертного соглашения, уровень доказательности и градации рекомендаций при наличии указания на эти сведения в контенте статьи.

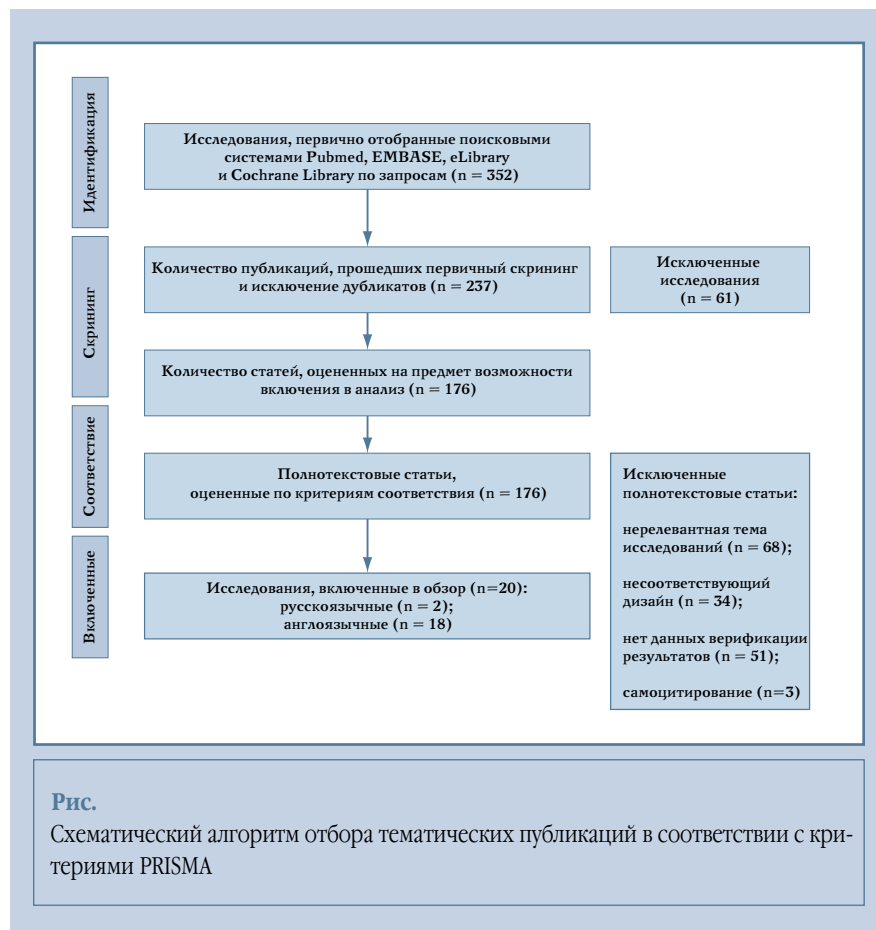
Результаты и их обсуждение

В 2009–2024 гг. были опубликованы 20 статей, посвященных оценке эффективности хирургических методов коррекции СФСМ вторичного генеза. Из них 15 представлено прагматическими клиническими исследованиями, а 5 – рандомизированными клиническими исследованиями. Средний уровень доказательности – III.

В ситуациях, когда после операции, направленной на коррекцию фиксации, проявляются клинические и нейровизуальные признаки СФСМ вторичного генеза, возникает проблема, требующая выбора дальнейшей тактики лечения. Решение этой проблемы связано с объективной оценкой адекватности проведенного анализа патологического процесса и эффективности первичного вмешательства. Перед нами стоит ряд вопросов, которые нужно рассмотреть:

1) какими объективными клинико-диагностическими критериями и шкалами необходимо руководствоваться при определении показаний к оперативному вмешательству?

2) в чем заключается роль спинальной МР-трактографии как вспомогательного диагностического метода?



3) какие объективные клинические и инструментальные показатели могут быть использованы для оценки результатов микрохирургической дефиксации спинного мозга?

1. Справедливо отметить, что в настоящее время для данной категории пациентов не разработаны валидизированные шкалы, которые позволяли бы оценить величину уродинамического, моторного и нейроортопедического дефицита. Использование стандартных шкал (mJOA, Ashworth, Tardieu, SBNS) применительно к *spina bifida* затруднительно, поскольку они разработаны на базе более типичных нозологических групп и требуют дальнейшей стандартизации критериев для обеспечения сопоставимости результатов исследований.

Однако при анализе МР-семиотики СФСМ все авторы выделили следующие признаки (табл.): дистопия конуса, миелопатия, терминальная сирингомиелия, арахноидальные кисты (реже дермои-

ды) и аномалии конечной нити, люмбосакральные липомы, менинго-, энцефаломиелоцеле. Это позволяет заключить, что по данным клинико-диагностическим критериям достигнут внутриэкспертный консенсус.

2. С учетом многообразия клинических проявлений СФСМ кажется очевидной необходимость выявления структурных изменений спинного мозга, в том числе его проводящих путей. Оценка функциональных критериев миелоаксонопатии по данным МР-трактографии спинного мозга встречается в 17 из 20 анализируемых публикаций, что также позволяет говорить о достижении внутриэкспертного консенсуса.

Основой трактографического метода является определение суммарной направленности молекул воды в трехмерном пространстве. Считается, что режим диффузно-взвешенных МР-изображений позволяет оценивать направление диффузии молекул воды

С.О. РЯБЫХ И ДР. ЭФФЕКТИВНОСТЬ ХИРУРГИЧЕСКОГО ЛЕЧЕНИЯ СИНДРОМА ФИКСИРОВАННОГО СПИННОГО МОЗГА ПРИ SPINA BIFIDA
 S.O. RYABUKH ET AL. EVALUATION OF THE EFFECTIVENESS OF SURGICAL TREATMENT OF TETHERED SPINAL CORD SYNDROME IN SPINA BIFIDA

Таблица
 Основные клиничко-диагностические критерии эффективности хирургического лечения синдрома фиксированного спинного мозга при *spina bifida* и частота их упоминания в тематических статьях

Исследование	Год	Тип исследования	Пациенты, n	Клинические критерии/шкалы	Лучевые критерии	МР-трактография	Методы хирургической дефискации – прямая (П)/непрямая (Н)*	УД	ГР
Adzick et al. [1]	2011	ПКИ	17	Ashworth scale, Tardieu scale	Дистопия конуса СМ, миелопатия, терминальная сирингомиелиция, липомы, арахноидальные кисты, реже дермоиды и аномалии конечной нити. Функциональные критерии миелиноаксонопатии**	N/A	П	IV	C
Barf et al. [2]	2013	ПКИ	34	Ashworth scale, Tardieu scale	Дистопия конуса СМ, миелопатия, люмбосакральные липомы, менинго-, энцефаломиелоцеле. Функциональные критерии миелиноаксонопатии	Снижение индекса фракционной анизотропии <1	П/Н	III	B
Chehrroudi et al. [3]	2016	ПКИ	26	Ashworth scale, Tardieu scale	Арахноидальные кисты, реже дермоиды и аномалии конечной нити, люмбосакральные липомы, менинго-, энцефаломиелоцеле. Функциональные критерии миелиноаксонопатии	Снижение индекса фракционной анизотропии <1	П	III	C
Choi et al. [4]	2021	ПКИ	18	Ashworth scale, Tardieu scale	Дистопия конуса СМ, миелопатия, терминальная сирингомиелиция, арахноидальные кисты, реже дермоиды и аномалии конечной нити, люмбосакральные липомы, менинго-, энцефаломиелоцеле. Функциональные критерии миелиноаксонопатии	Снижение индекса фракционной анизотропии <1	П	IV	B
Copp et al. [5]	2015	РКИ	37	Ashworth scale, Tardieu scale	Дистопия конуса СМ, миелопатия, люмбосакральные липомы, менинго-, энцефаломиелоцеле	N/A	П	III	B
Cordelli et al. [6]	2021	ПКИ	31	Modified Ashworth scale, Tardieu scale	Дистопия конуса СМ, миелопатия, терминальная сирингомиелиция, арахноидальные кисты, реже дермоиды и аномалии конечной нити, люмбосакральные липомы, менинго-, энцефаломиелоцеле. Функциональные критерии миелиноаксонопатии	Снижение индекса фракционной анизотропии <1	П	IV	B
En'wezoh [7]	2016	ПКИ	16	Modified Ashworth scale, Tardieu scale, SBNS, mJOA	Дистопия конуса СМ, миелопатия, терминальная сирингомиелиция, арахноидальные кисты, реже дермоиды и аномалии конечной нити, люмбосакральные липомы, менинго-, энцефаломиелоцеле. Функциональные критерии миелиноаксонопатии	N/A	П	III	A
Eide, Ringstad [8]	2024	ПКИ	24	Modified Ashworth scale, Tardieu scale	Дистопия конуса СМ, миелопатия, люмбосакральные липомы, менинго-, энцефаломиелоцеле. Функциональные критерии миелиноаксонопатии	Снижение индекса фракционной анизотропии <1	П	III	B
Fieggen et al. [10]	2015	РКИ	15	Modified Ashworth scale, Tardieu scale, SBNS, mJOA	Дистопия конуса СМ, миелопатия, терминальная сирингомиелиция, арахноидальные кисты, реже дермоиды и аномалии конечной нити, люмбосакральные липомы, менинго-, энцефаломиелоцеле. Функциональные критерии миелиноаксонопатии	N/A	П	III	A

Продолжение таблицы
Основные клинико-диагностические критерии эффективности хирургического лечения синдрома фиксированного спинного мозга при spina bifida и частота их упоминания в тематических статьях

Фрим [11]	2014	ПКИ	23	Modified Ashworth scale, Tardieu scale	Дистопия конуса СМ, миелопатия, люмбосакральные липомы, менинго-, энцефаломиелоцеле. Функциональные критерии миелиноаксонопатии	N/A	II	III	B
Juriloff, Harris [12]	2018	ПКИ	18	Ashworth scale, Tardieu scale	Дистопия конуса СМ, миелопатия, люмбосакральные липомы, менинго-, энцефаломиелоцеле	N/A	II	III	B
Kellogg et al. [13]	2018	ПКИ	24	N/A	Дистопия конуса СМ, миелопатия, терминальная сирингомиелия, арахноидальные кисты, реже дермоиды и аномалии конечной нити, люмбосакральные липомы, менинго-, энцефаломиелоцеле. Функциональные критерии миелиноаксонопатии	N/A	II	IV	B
Хачатрян, Сысоев [14]	2014	РКИ	18	Modified Ashworth scale, Tardieu scale, SBNS, mJOA	Дистопия конуса СМ, миелопатия, терминальная сирингомиелия, арахноидальные кисты, реже дермоиды и аномалии конечной нити, люмбосакральные липомы, менинго-, энцефаломиелоцеле. Функциональные критерии миелиноаксонопатии	Снижение индекса фракционной анизотропии <1	II	III	B
Курпер с соавт. [15]	2018	ПКИ	24	Modified Ashworth scale, Tardieu scale, mJOA	Дистопия конуса СМ, миелопатия, люмбосакральные липомы, менинго-, энцефаломиелоцеле. Функциональные критерии миелиноаксонопатии	N/A	II	III	B
Lindquist et al. [16]	2022	РКИ	29	Modified Ashworth scale, Tardieu scale, SBNS, mJOA	Дистопия конуса СМ, миелопатия, терминальная сирингомиелия, арахноидальные кисты, реже дермоиды и аномалии конечной нити, люмбосакральные липомы, менинго-, энцефаломиелоцеле. Функциональные критерии миелиноаксонопатии	N/A	II	III	B
Rocque et al. [17]	2015	ПКИ	18	Modified Ashworth scale, Tardieu scale, SBNS, mJOA	Дистопия конуса СМ, миелопатия, терминальная сирингомиелия, арахноидальные кисты, реже дермоиды и аномалии конечной нити, люмбосакральные липомы, менинго-, энцефаломиелоцеле. Функциональные критерии миелиноаксонопатии	Снижение индекса фракционной анизотропии <1	II	III	B
Seki et al. [18]	2016	ПКИ	27	Ashworth scale, Tardieu scale	Дистопия конуса СМ, миелопатия, терминальная сирингомиелия, арахноидальные кисты, реже дермоиды и аномалии конечной нити, люмбосакральные липомы, менинго-, энцефаломиелоцеле. Функциональные критерии миелиноаксонопатии	Снижение индекса фракционной анизотропии <1	II	III	C
Snow-Lisy et al. [19]	2015	ПКИ	16	Ashworth scale, Tardieu scale	Дистопия конуса СМ, миелопатия, терминальная сирингомиелия, арахноидальные кисты, реже дермоиды и аномалии конечной нити, люмбосакральные липомы, менинго-, энцефаломиелоцеле. Функциональные критерии миелиноаксонопатии	Снижение индекса фракционной анизотропии <1	II	III	B

Окончание таблицы Основные клинико-диагностические критерии эффективности хирургического лечения синдрома фиксированного спинного мозга при spina bifida и частота их упоминания в тематических статьях						
Wide [21]	2020	ПККИ	9	Modified Ashworth scale, Tardieu scale, SBNS, mJOA	Дистопия конуса СМ, миелопатия, терминальная сирингомиелия, арахноидальные кисты, реже дермоиды и аномалии конечной нити, люмбосакральные липомы, менинго-, энцефаломиелоцеле. Функциональные критерии миелиноаксонопатии	N/A
Williams et al. [22]	2015	ПККИ	34	Modified Ashworth scale, Tardieu scale, SBNS, mJOA	Дистопия конуса СМ, миелопатия, терминальная сирингомиелия, арахноидальные кисты, реже дермоиды и аномалии конечной нити, люмбосакральные липомы, менинго-, энцефаломиелоцеле	Снижение индекса фракционной анизотропии <1
ПККИ – прагматические клинические исследования; РККИ – рандомизированные клинические исследования; СМ – спинной мозг; УД – уровень доказательности американского общества клинической онкологии ASCO [20]; ГР – градации рекомендаций по ASCO; N/A – нет данных. * Непрямая деформация СМ описана при остеоотомии позвоночника и направлена (помимо коррекции деформации) на устранение его натяжения; ** функциональные критерии миелиноаксонопатии: снижение амплитуды М-ответа при сохранной скорости распространения возбуждения.						

в тканях, а интеграция этих данных определяет ее суммарную направленность в трехмерном пространстве. С учетом того, что диффузия воды в ЦНС ограничена мембранами аксонов, объемные изображения, получаемые при МР-трактографии, предложено считать проводящими путями головного и спинного мозга [10].

Одним из основных параметров оценки трактографии является коэффициент фракционной анизотропии, характеризующий степень однонаправленности диффузии молекул воды и варьирующий от 0 (анизотропия) до 1 (изотропия). Предполагается, что снижение фракционной анизотропии при поражении спинного мозга связано с разрывом продольно-ориентированных аксонов белого вещества, что свидетельствует о прерывании трактов на фоне натяжения спинного мозга [11–13]. Наличие патологических изменений со стороны проводников спинного мозга у больных, к примеру, с липомой конечной нити позволяет предположить растяжение спинного мозга в качестве изолированного фактора воздействия на него, а клинические проявления этой патологии охарактеризовать как СФСМ или точнее – синдром натяжения спинного мозга.

В 10 из 20 работ авторы оценивают критерий снижения индекса фракционной анизотропии меньше 1 как критерий этого синдрома, что также позволяет констатировать недостаточный внутриэкспертный консенсус по этому вопросу. Таким образом, спинальная МР-трактография позволяет выявлять растяжение, ишемию спинного мозга, что является важным критерием синдрома натяжения спинного мозга и, с учетом объективного статуса пациента, определяющим показанием к оперативному вмешательству [14, 15].

3. В профессиональной среде возникает некоторый скепсис, когда речь идет о диагностике и выборе тактики хирургического лечения у пациентов, ранее перенесших операцию на каудальных отделах спинного мозга, целью которой являлось

в том числе устранение фиксации спинного мозга. Очевидно, что факторы фиксации спинного мозга могли при этом появиться и сохраниться после вмешательства.

Исследовано естественное развитие заболевания при повторной фиксации спинного мозга, однако все еще существуют сомнения относительно необходимости хирургического лечения. Несмотря на то что в большинстве случаев операция может улучшить или стабилизировать состояние, наблюдается прогрессирующее ухудшение у части пациентов даже после непродолжительного улучшения. Вероятно, разумным подходом в будущем представляется применение многофакторного интраоперационного электрофизиологического мониторинга с оценкой большего количества сомитов и состояния тазовых органов для максимально безопасного устранения фиксации спинного мозга.

Заключение

В настоящее время можно констатировать наличие внутриэкспертного консенсуса относительно клинико-нейровизуальных критериев СФСМ вторичного генеза по данным МРТ. Это дистопия конуса, миелопатия, терминальная сирингомиелия, арахноидальные кисты и дермоиды, аномалии конечной нити, липомы и признаки менинго-, энцефаломиелоцеле.

Однако вопрос об эффективности оперативного вмешательства напрямую зависит от наличия объективных методов клинической оценки тяжести функционального дефицита и обратимости морфофункциональных изменений нервной ткани. Несмотря на многообразие клинических шкал и опросников, в настоящее время не существует единой оценочной системы неврологического, урологического, ортопедического дефицита и его динамики у больных с СФСМ.

В этом контексте к перспективным методам объективизации патологического процесса можно отнести функциональную МРТ (спинальную МР-трактографию), необходимость выполнения

которой также свидетельствует о внутри-экспертном консенсусе. Однако выявляемые с ее помощью феномены остаются не до конца изученными и требуют дальнейших исследований.

Ограничения исследования

1. Невысокий уровень доказательности работ, которые представлены преимущественно когортными исследованиями.

2. Отсутствие структурированных данных об отдаленном результате и функциональном статусе пациентов.

3. Отсутствие тождественности когорт по количеству наблюдений и по критериям оценки динамики статуса пациентов.

4. Отсутствие возможности достоверного учета и анализа факторов, имеющих потенциальную возможность оказывать влияние на исходы (фактор доступности помощи в регионах, комплаентность родителей и пр.).

Эти обстоятельства являются препятствиями для подготовки метаанализа по данной актуальной тематике.

Исследование не имело спонсорской поддержки. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Проведение исследования одобрено локальными этическими комитетами учреждений.

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

Литература/References

- Adzick NS, Thom EA, Spong CY, Brock JW 3rd, Burrows PK, Johnson MP, Howell LJ, Farrell JA, Dabrowiak ME, Sutton LN, Gupta N, Tulipan NB, D'Alton ME, Farmer DL. A randomized trial of prenatal versus postnatal repair of myelomeningocele. *N Engl J Med*. 2011;364:993–1004. DOI: 10.1056/NEJMoa1014379.
- Barf HA, Verhoef M, Jennekens-Schinkel A, Post MWM, Gooskens RHJM, Prevo AJH. Cognitive status of young adults with spina bifida. *Dev Med Child Neurol*. 2013;45:813–820. DOI: 10.1017/s0012162203001518.
- Chehroudi C, Duffy D, Irwin B, MacNeily AE. Aging out: Experiences with transition to adult healthcare for spina bifida patients in British Columbia. *Can Urol Assoc J*. 2016;10(Suppl 1):S84.
- Choi EK, Bae E, Jang M. Transition programs for adolescents and young adults with spina bifida: A mixed methods systematic review. *J Adv Nurs*. 2021;77:608–621. DOI: 10.1111/jan.14651.
- Copp AJ, Adzick NS, Chitty IS, Fletcher JM, Holmbeck GN, Shaw GM. Spina bifida. *Nat Rev Dis Primers*. 2015;1:15007. DOI: 10.1038/nrdp.2015.7.
- Cordelli DM, Di Pisa V, Fetta A, Garavelli L, Maltoni L, Soliani L, Ricci E. Neurological phenotype of Mowat-Wilson syndrome. *Genes (Basel)*. 2021;12:982. DOI: 10.3390/genes12070982.
- En'wezoh DC. Functional Outcomes in Children with Myelomeningocele Following Orthopedic Scoliosis Correction with or Without Prior Spinal Cord Untethering. Doctoral dissertation, Harvard Medical School, 2016. [Electronic resource]. Available at: <https://dash.harvard.edu/bitstream/handle/1/40620244/ENWEZOH-SCHOLARLYPROJECT-2016.pdf?sequence=1>.
- Eide PK, Ringstad G. Functional analysis of the human perivascular subarachnoid space. *Nat Commun*. 2024;15:2001. DOI: 10.1038/s41467-024-46329-1.
- FDA. Framework for FDA's Real-World Evidence Program. December 2018. [Electronic resource]. Available from: <https://www.fda.gov/media/120060/download>.
- Fieggen G, Fieggen K, Stewart C, Padayachy L, Lazarus J, Donald K, Dix-Peck S, Toefy Z, Figaji A. Spina bifida: a multidisciplinary perspective on a many-faceted condition. *S Afr Med J*. 2014;104:213–217. DOI: 10.7196/samj.8079.
- Frim DM. Neural tube defects. In: Albright AL, Pollack IF, Adelson PD, eds. *Principles and Practice of Pediatric Neurosurgery*. 3rd ed. New York, NY: Thieme Medical Publishers, 2014:1218–1230.
- Juriloff DM, Harris MJ. Insights into the etiology of mammalian neural tube closure defects from developmental, genetic and evolutionary studies. *J Dev Biol*. 2018;6:22. DOI: 10.3390/jdb6030022.
- Kellogg R, Lee P, Deibert CP, Tempel Z, Zwagerman NT, Bonfield CM, Johnson S, Greene S. Twenty years' experience with myelomeningocele management at a single institution: lessons learned. *J Neurosurg Pediatr*. 2018;22:439–443. DOI: 10.3171/2018.5.PEDS17584.
- Хачатрян В.А., Сысоев К.В. Об актуальных проблемах патогенеза, диагностики и лечения синдрома фиксированного спинного мозга (аналитический обзор) // Нейрохирургия и неврология детского возраста. 2014. № 3. С. 76–88. [Khachatryan VA, Sysoev KV. Current issues of pathogenesis, diagnostics and treatment of the tethered spinal cord syndrome (analytical review). *Pediatric Neurosurgery and Neurology*. 2014;(3):76–88].
- Курцер М.А., Притыко А.Г., Спиридонова Е.И., Зверева А.В., Соколовская Ю.В., Петраки В.Л., Асадов Р.Н., Полякова О.В., Аболищ М.А., Кутакова Ю.Ю. Открытая внутриутробная хирургическая коррекция spina bifida у плода // Акушерство и гинекология: новости, мнения, обучение. 2018. Т. 6. № 4. С. 38–44. [Kurtser MA, Prityko AG, Spiridonova EI, Zvereva AV, Sokolovskaya YuV, Petraki VI, Asadov RN, Polyakova OV, Abolits MA, Kutakova YuYu. Open fetal surgery for spina bifida. *Obstetrics and gynecology. News, opinions and training*. 2018;6(4):38–44]. DOI: 10.24411/2303-9698-2018-14004.
- Lindquist B, Jacobsson H, Strinnholm M, Peny-Dahlstrand M. A scoping review of cognition in spina bifida and its consequences for activity and participation throughout life. *Acta Paediatr*. 2022;111:1682–1694. DOI: 10.1111/apa.16420.
- Rocque BG, Bishop ER, Scogin MA, Hopson BD, Arynchyna AA, Boddiford CJ, Shannon CN, Blount JP. Assessing health-related quality of life in children with spina bifida. *J Neurosurg Pediatr*. 2015;15:144–149. DOI: 10.3171/2014.10.PEDS1441.
- Seki T, Hida K, Yano S, Sasamori T, Hamauch S, Koyanagi I, Houkin K. Surgical outcome of children and adolescents with tethered cord syndrome. *Asian Spine J*. 2016;10:940–944. DOI: 10.4184/asj.2016.10.5.940.
- Snow-Lisy DC, Yerkes EB, Cheng EY. Update on urological management of spina bifida from prenatal diagnosis to adulthood. *J Urol*. 2015;194:288–296. DOI: 10.1016/j.juro.2015.03.107.
- Somerfield MR, Padberg JJ, Pfister DG, Bennett CL, Recht A, Smith TJ, Weeks JC, Winn RJ, Durant JR. ASCO clinical practice guidelines: process, progress, pitfalls, and prospects. *Class Pap Curr Comments*. 2000;4:881–886.
- Wide P. Neurogenic bladder and bowel dysfunction: Clinical aspects in children with spinal dysraphism. Link ping University Electronic Press. 2020.
- Williams J, Mai CT, Mulinare J, Isenburg J, Flood TJ, Ethen M, Frohnert B, Kirby RS. Updated estimates of neural tube defects prevented by mandatory folic acid fortification - United States, 1995–2011. *MMWR Morb Mortal Wkly Rep*. 2015;64:1–5.

Адрес для переписки:

Калашников Алексей Андреевич
123317, Россия, Москва, Шмитовский проезд, 29,
Детская городская клиническая больница № 9
им. Г.Н. Сперанского, glandibula@gmail.com

Статья поступила в редакцию 01.11.2023

Рецензирование пройдено 28.12.2024

Подписано в печать 19.01.2024

Address correspondence to:

Kalashnikov Aleksey Andreyevich
Speransky Children's City Clinical Hospital No. 9,
29 Shmitovsky proezd, Moscow, 123317, Russia,
glandibula@gmail.com

Received 01.11.2023

Review completed 28.12.2024

Passed for printing 19.01.2024

Сергей Олегович Рябых, д-р мед. наук, заместитель директора по научной работе, руководитель отдела травматологии и ортопедии Научно-исследовательского клинического института педиатрии и детской хирургии им. акад. Ю.Е. Вельтищева, Российский национальный исследовательский медицинский университет им. Н.И. Пирогова, Россия, 125412, Москва, ул. Талдомская, 2; травматолог-ортопед, Клиника высоких медицинских технологий им. Н.И. Пирогова Санкт-Петербургского государственного университета, 190103, Россия, Санкт-Петербург, наб. р. Фонтанки, 154, ORCID: 0000-0001-6565-7052, rso_@mail.ru;

Алексей Андреевич Калашников, врач-нейрохирург, Детская городская клиническая больница № 9 им. Г.Н. Сперанского, Россия, 123317, Москва, Шмитовский проезд, 29, ORCID: 0009-0009-2987-7950, glandibula@gmail.com;

Дмитрий Анатольевич Лысачёв, врач-уролог, Национальный медицинский исследовательский центр нейрохирургии им. акад. Н.Н. Бурденко, Россия, 125047, Москва, ул. 4-я Тверская-Ямская, 16, ORCID: 0000-0002-9872-0959, urodlysachev@gmail.com;

Владимир Сергеевич Климов, д-р мед. наук, доцент кафедры нейрохирургии, Российский университет дружбы народов, Россия, 117198, Москва, ул. Миклухо-Маклая, 6; ведущий научный сотрудник отдела травматологии и ортопедии Научно-исследовательского клинического института педиатрии и детской хирургии им. акад. Ю.Е. Вельтищева, Российский национальный исследовательский медицинский университет им. Н.И. Пирогова, Россия, 125412, Москва, ул. Талдомская, 2, ORCID: 0000-0002-9096-7594, v_klimov@neuronsk.ru;

Александр Вадимович Губин, д-р мед. наук, проф., заместитель директора по медицинской части (травматология и ортопедия), Клиника высоких медицинских технологий им. Н.И. Пирогова, Санкт-Петербургский государственный университет, Россия, 190103, Санкт-Петербург, наб. р. Фонтанки, 154, ORCID: 0000-0003-3234-8936, alexander@gubin.spb.ru;

Константин Александрович Дьячков, д-р мед. наук, главный научный сотрудник лаборатории рентгеновских и ультразвуковых методов диагностики, заведующий отделением лучевой диагностики, Национальный медицинский исследовательский центр травматологии и ортопедии им. акад. Г.А. Илизарова, Россия, 640014, Курган, ул. М. Ульяновой, 6, ORCID: 0000-0002-8490-3052, dka_doc@mail.ru;

Илхом Эшкуллович Хужаназаров, д-р мед. наук, заведующий кафедрой травматологии, ортопедии, военно-полевой хирургии и нейрохирургии, Ташкентская медицинская академия, Узбекистан, 100109, Ташкент, ул. Фараби, 2; заведующий отделением ортопедии и реабилитации, Республиканский специализированный научно-практический медицинский центр травматологии и ортопедии, Узбекистан, 100047, Ташкент, ул. Махтумкули, 78, ORCID: 0000-0002-8362-6716, ilkbom707@mail.ru;

Достон Илхомович Эшкулов, нейрохирург, Республиканский специализированный научно-практический медицинский центр травматологии и ортопедии, Узбекистан, 100047, Ташкент, ул. Махтумкули, 78, ORCID: 0000-0001-7334-1410, dostonjon.esbkulov@mail.ru.

Sergey Olegovich Ryabykh, DMSc, Deputy Director for Science, Head of the Department of Traumatology and Orthopedics, Veltishchev Research and Clinical Institute for Pediatrics and Pediatric Surgery of the Pirogov Russian National Research Medical University, 2 Taldomskaya str., Moscow, 125412, Russia; traumatologist-orthopedist, St. Petersburg University's Pirogov Clinic of High Medical Technologies, 154 Fontanka River Embankment, St. Petersburg, 190103, Russia, ORCID: 0000-0002-8293-0521, rso_@mail.ru;

Aleksey Andreyevich Kalashnikov, pediatric neurosurgeon, Speransky Children's City Clinical Hospital No. 9, 29 Shmitovsky proezd, Moscow, 123317, Russia, ORCID: 0009-0009-2987-7950, glandibula@gmail.com;

Dmitry Anatolyevich Lysachev, urologist, N.N. Burdenko National Research Medical Center, 16, 4th Tverskaya-Yamskaya str., Moscow, 125047, ORCID: 0000-0002-9872-0959, urodlysachev@gmail.com;

Vladimir Sergeyevich Klimov, DMSc, assistant professor of the Department of Neurosurgery, Peoples' Friendship University of Russia, 6 Miklukho-Maklaya str., Moscow, 117198, Russia; leading researcher of the Department of Traumatology and Orthopedics, Veltishchev Research and Clinical Institute for Pediatrics and Pediatric Surgery, Moscow, Russia, Pirogov Russian National Research Medical University, 2 Taldomskaya str., Moscow, 125412, Russia, ORCID: 0000-0002-9096-7594, v_klimov@neuronsk.ru;

Alexandr Vadimovich Gubin, DMSc, Prof., deputy director for medical affairs (traumatology and orthopedics), The Pirogov Clinic of High Medical Technologies at St. Petersburg University, 154 Fontanka river emb., St. Petersburg, 190103, Russia, ORCID: 0000-0003-3234-8936, alexander@gubin.spb.ru;

Konstantin Alexandrovich Dyachkov, DMSc, chief researcher of the Laboratory of X-ray and ultrasound diagnostic methods, National Medical Research Center or Traumatology and Orthopedics n.a. Acad. G.A. Ilizarov, 6 M. Ulyanova str., Kurgan, 640014, Russia, ORCID: 0000-0002-8490-3052, dka_doc@mail.ru;

Ilkbom Esbkulovich Khuzhanazarov, DMSc, head of the Department of Traumatology, Orthopedics, Military Field Surgery and Neurosurgery, Tashkent Medical Academy, 2 Farabi str., Tashkent, 100109, Uzbekistan; head of the Department of Orthopedics and Rehabilitation, Republican Specialized Scientific and Practical Medical Center of Traumatology and Orthopedics, 78 Makhtumkuli str., Tashkent, 100047, Uzbekistan, ORCID: 0000-0002-8362-6716, ilkbom707@mail.ru;

Doston Ilkbomovich Esbkulov, neurosurgeon, Republican Specialized Scientific and Practical Medical Center of Traumatology and Orthopedics, 78 Makhtumkuli str., Tashkent, 100047, Uzbekistan, ORCID: 0000-0001-7334-1410, dostonjon.esbkulov@mail.ru.



ПЕДИАТРИЧЕСКАЯ МОДИФИКАЦИЯ ШКАЛЫ ЯПОНСКОЙ АССОЦИАЦИИ ОРТОПЕДОВ

О.М. Сергеев, Д.М. Савин, А.В. Евсюков, А.В. Бурцев

Национальный медицинский исследовательский центр травматологии и ортопедии
им. акад. Г.А. Илизарова, Курган, Россия

Цель исследования. Клиническая апробация педиатрической модификации 18-балльной шкалы Японской ассоциации ортопедов (mJOA) при оценке патологии позвоночника и спинного мозга у детей.

Материал и методы. У 143 пациентов детского возраста с патологией позвоночника и спинного мозга оценивали функциональное и неврологическое состояние при помощи шкалы mJOA с тремя возрастными версиями (0,5–1,5 года, 1,5–4 года и 4–18 лет). В контрольную группу вошли 10 пациентов взрослого возраста с аналогичным профилем патологий, которых оценивали по шкале mJOA в модификации Benzel.

Результаты. Первоначальный анализ результатов по шкале mJOA в пяти возрастных группах (0,5–1,5, 1,5–4, 4–8, 8–18 и старше 18 лет) значительных различий по финальным оценкам не выявил. Повторная оценка (в среднем через 3,1 года, диапазон 1–10 лет) также не показала значимых различий как внутри, так и между группами. Вторичный анализ выполняли у пациентов с патологией на шейном, грудном и поясничном уровнях спинного мозга: внутри групп с течением времени значительных изменений по величине шкал не выявлено. При этом пациенты с патологией на шейном уровне демонстрировали достоверно более высокую оценку, у них реже отмечалась деформация нижних конечностей и зависимость от инвалидного кресла, при этом чувствительность и движения в верхних конечностях были значительно хуже, чем в других группах.

Заключение. Предложенная педиатрическая шкала mJOA продемонстрировала возрастную преемственность и удобство. Результаты оценки функционального и неврологического состояния пациентов по данной шкале, помимо сопоставимости друг с другом, сравнимы с результатами шкалы mJOA Benzel у взрослых.

Ключевые слова: педиатрическая модификация шкалы Японской ассоциации ортопедов, патология позвоночника и спинного мозга, дети.

Для цитирования: Сергеев О.М., Савин Д.М., Евсюков А.В., Бурцев А.В. Педиатрическая модификация шкалы Японской ассоциации ортопедов // Хирургия позвоночника. 2024. Т. 21. № 2. С. 57–65.

DOI: <http://dx.doi.org/10.14531/ss2024.2.57-65>.

PEDIATRIC MODIFICATION OF THE JAPANESE ORTHOPEDIC ASSOCIATION SCALE

O.M. Sergeenko, D.M. Savin, A.V. Evsyukov, A.V. Burtsev

National Ilizarov Medical Research Center for Traumatology and Orthopedics, Kurgan, Russia

Objective. To perform clinical testing of a pediatric modification of the 18-point Japanese Orthopedic Association (mJOA) scale for assessing pathology of the spine and spinal cord in children.

Material and Methods. Functional and neurological status was assessed in 143 pediatric patients with pathology of the spine and spinal cord using the mJOA scale with three age versions (0.5–1.5 years, 1.5–4 years and 4–18 years). The control group included 10 adult patients with a similar pathology profile, who were assessed using the mJOA scale as modified by Benzel.

Results. An initial analysis of mJOA scores across five age groups (0.5–1.5, 1.5–4, 4–8, 8–18, and over 18 years) did not reveal significant differences in final scores. Repeat assessment (mean 3.1 years, range 1–10 years) also showed no significant differences either within or between groups. A secondary analysis was performed in patients with pathology at the cervical, thoracic and lumbar levels of the spinal cord: no significant changes in scale scores were found within the groups over time. At the same time, patients with pathology at the cervical level demonstrated a significantly higher score; they were less likely to have deformity of the lower extremities and dependence on a wheelchair, while sensitivity and movements in the upper extremities were significantly worse than in other groups.

Conclusion. The proposed pediatric mJOA scale demonstrated age consistency and utility. The results of assessing the functional and neurological state of patients using this scale, in addition to being comparable with each other, are comparable with the results of the Benzel mJOA scale in adults.

Key Words: pediatric modification of the Japanese Orthopedic Association scale, pathology of the spine and spinal cord, children.

Please cite this paper as: Sergeenko OM, Savin DM, Evsyukov AV, Burtsev AV. Pediatric modification of the Japanese Orthopedic Association scale. Russian Journal of Spine Surgery (Khirurgiya Pozvonochnika). 2024;21(2):57–65. In Russian.

DOI: <http://dx.doi.org/10.14531/ss2024.2.57-65>.

Динамическая оценка функционального и неврологического состояния детей с патологией позвоночника и спинного мозга в процессе взросления представляет вызов для клинициста, так как требует специализированных инструментов, учитывающих возрастные изменения. В исследовании представлен новый подход, заключающийся в адаптации модифицированной ранее Benzel et al. [1] для взрослых европейцев шкалы Японской ассоциации ортопедов (mJOA), а также модификация шкалы mJOA для детей разного возраста с врожденными или приобретенной патологией позвоночника и спинного мозга.

Цель исследования – клиническая апробация педиатрической модификации 18-балльной шкалы Японской ассоциации ортопедов (mJOA) при оценке патологии позвоночника и спинного мозга у детей.

Материал и методы

В исследование включены 143 пациента в возрасте от 6 мес. до 18 лет с патологией позвоночника и спинного мозга, проходившие лечение в Центре Илизарова (Курган) в 2010–2024 гг. Патологические состояния представлены врожденной атлантоаксиальной дислокацией, ротационным атлантоаксиальным блокированием, сегментарной спинальной дисгенезией, а также открытыми и закрытыми дефектами невральной трубки. При анализе пациентов разделили по возрасту и уровню патологии.

Для оценки использовали модифицированные версии шкалы mJOA, адаптированные нами к различным возрастным группам: mJOA pediatric 0,5–1,5 года (табл. 1), 1,5–4,0 года (табл. 2) и 4–18 лет (табл. 3). В контрольную группу включили 10 человек старше 18 лет с аналогичными заболеваниями, их оценивали с использованием оригинальной шкалы mJOA Benzel (табл. 4). Малый объем контрольной группы связан с тем, что большинство из рассматриваемых патологических процессов харак-

Таблица 1

Модифицированная педиатрическая шкала Japanese Orthopedic Scale:

возраст от 6 мес. до 1,5 года

Двигательная функция верхних конечностей	
Нет движений в руках	0
Нефункциональные движения в руках (невозможность удерживать игрушку, если ее положить в руку, не удается поднести ее ко рту)	1
Движения в руках сохранены, низкая функциональность (может удерживать игрушку, если ее положить в руку, но не может поднести ее ко рту)	2
Движения в руках сохранены, но функциональность ограничена, требуется постоянная помощь (может удерживать игрушку, если ее положить в руку, может поднести ее ко рту, не ползает, не переворачивается)	3
Движения в руках сохранены, функциональны, но с небольшими трудностями, время от времени требуется помощь (может удерживать игрушку, если ее положить в руку, может поднести ее ко рту, может переворачиваться, но не ползает)	4
Отсутствие дисфункции (может удерживать игрушку; если ее положить в руку, может поднести ее ко рту, переворачивается, ползает)	5
Двигательная функция нижних конечностей	
Нет движений и чувствительности в ногах	0
Есть чувствительность в ногах, реагирует на болевые и тактильные раздражители, может быть рефлекторное сокращение мышц ног, но произвольные движения отсутствуют	1
Нефункциональные движения в ногах, отсутствует опорный рефлекс (не может стоять или ползать на четвереньках, нет упора на колени, тяжелая гипотрофия мышц ног/вторичная деформация ног)	2
Движения в ногах сохранены, но функциональность существенно ограничена, требуется постоянная помощь (стоит на четвереньках, может проползти на четвереньках не более 1 мин, отсутствуют рефлексы в нижних конечностях, тяжелая или умеренная гипотрофия мышц/деформация ног)	3
Движения в ногах сохранены, функциональны, но с значительными трудностями, часто требуется помощь (стоит и ползает на четвереньках от 1 до 5 мин, слабые рефлексы в нижних конечностях, тяжелая или умеренная гипотрофия мышц/деформация ног)	4
Умеренные нарушения движений в ногах, время от времени требуется помощь (стоит и ползает на четвереньках от 5 до 10 мин, слабые рефлексы в нижних конечностях, умеренная деформация одной или обеих стоп)	5
Легкие нарушения движений в ногах, помощь не требуется (стоит и ползает на четвереньках более 10 мин, может удерживаться на ногах или ступать с поддержкой, может сесть самостоятельно, слабые рефлексы в нижних конечностях, снижение тонуса в мышцах ног, легкая вторичная деформация одной или обеих стоп)	6
Нормальные движения в ногах (стоит и ползает на четвереньках и/или стоит и ходит с поддержкой, нормальные рефлексы в нижних конечностях, отсутствие деформации ног, нормальный тонус мышц ног)	7
Чувствительные расстройства верхних конечностей	
Полное отсутствие чувствительности (отсутствие двигательной реакции на боль, тактильное раздражение или пальпацию конечности)	0
Тяжелые и умеренные нарушения чувствительности (снижение всех типов чувствительности, пациент поворачивает голову при проведении тестов на чувствительность, но двигательной реакции нет или крайне слабая)	1
Легкие нарушения чувствительности. Двигательная реакция на один из трех видов раздражителей крайне слабая (болевой, тактильный или проприоцептивный) при активной реакции на другие раздражители (отдергивание/сгибание руки, плач)	2
Отсутствие чувствительных нарушений (пациент сгибает руку при проведении проб на чувствительность, явная реакция на все виды чувствительных раздражений)	3
Нейрогенные нарушения мочеиспускания и дефекации	
Не контролирует мочеиспускание и дефекацию полностью (постоянное подтекание мочи или задержка мочи с необходимостью катетеризации, гидроуретеронефроз и везикоуретеральный рефлюкс, частые уроинфекции, отсутствие анального рефлекса, расширенный анус, каломазание или продолжительный запор)	0
Значительные проблемы с мочеиспусканием и дефекацией (повторяющиеся инфекции мочевыводящих путей, периодическое подтекание мочи, периодические задержки мочеиспускания, требующие катетеризации, гидроуретеронефроз и везикоуретеральный рефлюкс, слабый анальный рефлекс, каломазание или продолжительный запор)	1
Легкие проблемы с мочеиспусканием и кишечником (единичная инфекция мочевыводящих путей в анамнезе, везикоуретеральный рефлюкс, остаточная моча после мочеиспускания, эпизоды запора)	2
Отсутствие дисфункции (ребенок мочится каждые 2–4 ч, без подтекания мочи, отсутствие остаточной мочи после мочеиспускания, регулярные акты дефекации и сохраненный анальный рефлекс)	3

Таблица 2

Модифицированная педиатрическая шкала Japanese Orthopedic Scale:
возраст от 1,5 до 4 лет

Двигательная функция верхних конечностей	
Нет движений в руках	0
Нефункциональные движения в руках (не может удерживать игрушку, ложку, карандаш)	1
Движения в руках сохранены, но функциональность низкая (может удерживать игрушку, ложку, карандаш, но не может поднять выпрямленные руки и привести их к средней линии в положении лежа)	2
Движения в руках сохранены, функциональность ограничена, требуется постоянная помощь (может удерживать игрушку, ложку, карандаш и использовать их, может поднять выпрямленные руки и привести их к средней линии в положении лежа, но не может поднимать и бросать мяч)	3
Движения в руках сохранены и функциональны, но с небольшими трудностями, время от времени требуется помощь (может удерживать игрушку и играть с ней, рисовать карандашом, поднимать и бросать мяч, есть руками или ложкой, но не может висеть на горизонтальной перекладине)	4
Отсутствие дисфункции (может удерживать и играть с игрушкой, рисовать карандашом, поднимать и бросать мяч, есть руками или ложкой, а также висеть на горизонтальной перекладине)	5
Двигательная функция нижних конечностей	
Нет движений и чувствительности в ногах	0
Есть чувствительность в ногах, реагирует на болевые и тактильные раздражители, может быть рефлекторное сокращение мышц ног, но произвольные движения отсутствуют	1
Движения в ногах сохранены, функциональность низкая (может стоять на четвереньках, но не может ползать или ходить)	2
Движения в ногах сохранены, но функциональность ограничена, требуется постоянная помощь (может ползать, стоя и ходить только с поддержкой или специальными средствами и только по ровной поверхности)	3
Движения в ногах сохранены, функциональны, но со значительными трудностями (может сделать несколько шагов без поддержки, но затем требуется посторонняя помощь или дополнительные средства вертикализации, не может прошагать по лестнице даже с помощью, не прыгает)	4
Умеренные нарушения походки, время от времени требуется помощь (ходит сам, с умеренной неустойчивостью, может переступить через небольшое препятствие сам или с поддержкой, может подниматься и спускаться по лестнице с постоянной помощью или держась за перила, не может подпрыгнуть на месте или вперед, не может пинать мяч)	5
Легкие нарушения походки, помощь не требуется (ходит сам без посторонней помощи, может подниматься и спускаться по лестнице, держась за поручни или с поддержкой, может подпрыгнуть на обеих ногах, но не может подпрыгнуть на правой или левой, не может ходить спиной вперед)	6
Отсутствие дисфункции (идет устойчиво вперед и назад, может подниматься и спускаться по лестнице без поддержки, хорошая сила при прыжках, может стоять на носочках, прыгать на одной ноге, пинать мяч правой и левой ногой)	7
Чувствительные расстройства верхних конечностей	
Полное отсутствие чувствительности (отсутствие двигательной реакции на боль, тактильное раздражение или пальпацию конечности)	0
Тяжелые и умеренные нарушения чувствительности (снижение всех типов чувствительности, пациент поворачивает голову при проведении тестов на чувствительность, но двигательной реакции нет или она крайне слабая)	1
Легкие нарушения чувствительности. Двигательная реакция на один из трех видов раздражителей крайне слабая (болевой, тактильный или проприоцептивный) при активной реакции на другие раздражители (отдергивание/сгибание руки, плач)	2
Отсутствие чувствительных нарушений (сгибает руку при проведении проб на чувствительность, явная реакция на все виды чувствительных раздражений)	3
Нейрогенные нарушения мочеиспускания и дефекации	
Не контролирует мочеиспускание и дефекацию полностью (постоянное подтекание мочи или задержка мочи с необходимостью катетеризации, частые уроинфекции, отсутствие анального рефлекса, расширенный анус, каломазание или постоянные запоры)	0
Значительные проблемы с мочеиспусканием и дефекацией (задержка мочи с периодическими подтеканиями, подтекание мочи во время физической активности, необходимость менять подгузники или использовать катетер более трех раз в день, запоры со случайными актами дефекации)	1
Легкие проблемы с мочеиспусканием и дефекацией (периодически возникающее подтекание мочи, ощущение неполного опорожнения мочевого пузыря, необходимость менять подгузники или использовать катетер менее трех раз в день, остаточная моча после мочеиспускания)	2
Отсутствие дисфункции (ребенок мочится каждые 2–4 ч, нет подтекания мочи, отсутствует остаточная моча после мочеиспускания, стул регулярный, анальный рефлекс сохранен)	3

терны в первую очередь для детей, а не для взрослых.

При первичном обращении каждого пациента оценивали по соответствующей возрасту шкале, в последующем выполняли повторную оценку, как минимум, через 1 год, максимум – через 10 лет. Фиксировали клинические и демографические данные, включая возраст, диагноз и медицинскую историю.

Пациентам проводили лечение, включая операции на позвоночнике, спинном мозге и нижних конечностях. Критерием исключения являлось наличие тяжелой умственной отсталости или детского церебрального паралича.

Для обобщения демографических и клинических характеристик использовали описательную статистику. Баллы mJOA и другие показатели анализировали с помощью однофакторного дисперсионного анализа (ANOVA) для выявления возрастных тенденций и различий между диагностическими группами. Динамические изменения также оценивали с помощью теста ANOVA. В результате анализа данных, полученных при использовании шкалы mJOA, было установлено, что распределение показателей подчиняется нормальному закону. С учетом ограниченного числа случаев в выборке статистические показатели представили в формате медианы с указанием промежутка значений (range), что позволяет более наглядно характеризовать распределение данных и минимизировать влияние выбросов на интерпретацию результатов. Для анализа использовали пакет StatPlus для Microsoft Excel.

Результаты

Среди включенных в исследование пациентов было 143 ребенка и 10 взрослых (64 мужского пола и 89 – женского) в возрасте от 0,5 до 34,1 года (в среднем $8,4 \pm 6,0$ года) с однородной патологией позвоночника и спинного мозга. По уровню патологии позвоночника и спинного мозга пациентов разделили на 3 группы: с патология-

ми на шейном ($n = 41$), грудном ($n = 41$) и поясничном ($n = 71$) уровнях. Пациенты с патологией на шейном уровне в подавляющем большинстве имели атлантоаксиальную дислокацию ($n = 32$) или атлантоаксиальное ротационное блокирование ($n = 6$) на фоне врожденных аномалий позвоночника (синдром Клиппеля – Фейля), по поводу чего всем провели оперативное лечение. Большая часть пациентов с патологией на уровне грудного и поясничного отделов имела открытые и закрытые дефекты невральнй трубки ($n = 43$ и $n = 63$ соответственно), сопровождавшиеся аномалиями и деформациями позвоночника, фиксацией спинного мозга и деформациями нижних конечностей, по поводу чего большинство из них также перенесли оперативное лечение.

В табл. 5 представлены результаты исследования с учетом стратификации пациентов на пять возрастных групп: 0,5–1,5 года ($n = 3$); 1,5–4 года ($n = 37$); 4–8 лет ($n = 47$); 8–18 лет ($n = 56$) и старше 18 лет ($n = 10$).

Помимо данных, представленных в табл. 5, группы продемонстрировали схожие характеристики по полу (p -value 0,42), уровням миелопатии/миелодисплазии (шейный отдел: p -value 0,08, грудной отдел: p -value 0,08, поясничный отдел: p -value 0,96) и типам аномалий (дефекты невральнй трубки: p -value 0,15; закрытые дефекты невральнй трубки: p -value 0,96; атлантоаксиальные дислокации: p -value 0,32; атлантоаксиальное ротационное блокирование: p -value 0,34; сегментарные спинальные дисплазии: p -value 0,21).

При сравнении общих баллов mJOA и баллов по разделам шкал (движения в верхних конечностях, движения и чувствительность в нижних конечностях, чувствительность в верхних конечностях и функция тазовых органов) значительных различий по оценке между детьми и взрослыми не выявлено (p -value 0,40).

Пациентов повторно оценили после периода наблюдения в среднем

Таблица 3

Модифицированная педиатрическая шкала Japanese Orthopedic Scale:

возраст 4 года и старше

Двигательная функция верхних конечностей	
Нет движений в руках	0
Нефункциональные движения в руках (может двигать рукой, но не может удерживать предметы, ложку, зубную щетку, расческу)	1
Движения в руках сохранены, но низкофункциональны (может удерживать ложку и другие предметы, но не может использовать их)	2
Движения в руках сохранены, но с ограниченной функциональностью и значительными трудностями, требуется постоянная помощь (может есть ложкой, чистить зубы, расчесывать волосы, надевать одежду, использовать молнии только при постоянной помощи)	3
Движения в руках сохранены, функциональны, но с небольшими трудностями, периодически требуется помощь (может есть ложкой, чистить зубы, расчесывать волосы, надевать одежду, использовать молнии, застегивать и завязывать шнурки, но медленно и неуклюже)	4
Нарушений движений в руках нет	5
Двигательная функция нижних конечностей	
Нет движений и чувствительности в ногах	0
Есть чувствительность в ногах, реагирует на болевые и тактильные раздражители, может быть рефлекторное сокращение мышц ног, но произвольные движения отсутствуют	1
Движения в ногах сохранены, низкая функциональность (может двигать ногами и стоять с поддержкой/помощью, но не может ходить)	2
Движения в ногах сохранены, но с ограниченной функциональностью и значительными трудностями, требуется постоянная помощь (может ходить по ровному полу с поддержкой/помощью, но не может подниматься по лестнице)	3
Движения в ногах сохранены, функциональны, но со значительными трудностями, часто требуется помощь (ходит самостоятельно, но неустойчиво, может подниматься и спускаться по лестнице только с помощью или с поддержкой за поручни)	4
Умеренные нарушения походки, периодически требуется помощь (идет с умеренной неустойчивостью, но нуждается в помощи или держится за поручни при подъеме или спуске по лестнице)	5
Легкие нарушения походки, помощь не требуется. (ходит с небольшой неустойчивостью, но может подниматься и спускаться по лестнице без помощи или поручней)	6
Нарушений движений в ногах нет	7
Чувствительные расстройства верхних конечностей	
Полное отсутствие чувствительности в руках (нет реакций на раздражители)	0
Тяжелые и умеренные сенсорные нарушения (снижение всех видов чувствительности)	1
Легкие сенсорные нарушения (снижение или отсутствие поверхностной чувствительности при сохранении болевой и глубокой чувствительности)	2
Нарушений чувствительности в руках нет	3
Нейрогенные нарушения мочеиспускания и дефекации	
Не контролирует мочеиспускание и дефекацию (постоянное подтекание мочи или задержка мочи с необходимостью катетеризации 6 раз в день, отсутствие анального рефлекса, зияющий анус, каломазание или продолжительный запор)	0
Значительные проблемы с мочеиспусканием и дефекацией (задержка мочи с периодическим подтеканием мочи, частые подтекания мочи во время физической активности, необходимость смены прокладок/подгузников или катетеризации более трех раз в день, запоры, каломазание)	1
Легкие проблемы с мочеиспусканием и дефекацией (редкое подтекание мочи, ощущение неполного опорожнения мочевого пузыря, необходимость смены прокладок/подгузников или катетеризации менее трех раз в день, остаточная моча после мочеиспускания)	2
Нет дисфункции (ребенок мочится каждые 2–4 ч, нет подтекания мочи, отсутствует остаточная моча после мочеиспускания, стул регулярный, анальный рефлекс сохранен)	3

через 3,1 года (min 1 год; max 10 лет) с использованием соответствующих возрасту шкал. Значительных динамических различий в баллах не выявили.

В табл. 6 представлены результаты сравнения данных, полученных у пациентов с патологией на шейном

(41 человек), грудном (41 человек) и поясничном (71 человек) уровнях. По результатам предварительного анализа (помимо данных, представленных в табл. 6) группы были сходны по полу (p -value 0,16) и возрасту (p -value 0,26).

Таблица 4

Модифицированная шкала Japanese Orthopedic Scale (Benzel)

Оценка двигательной дисфункции верхних конечностей	
Нет движений в руках	0
Не может есть ложкой, но может двигать руками	1
Не может застегнуть рубашку, но может есть ложкой	2
Может застегивать рубашку с большим трудом	3
Может застегивать рубашку с небольшими сложностями и неловкостью	4
Нарушений движений в руках нет	5
Оценка двигательной дисфункции нижних конечностей	
Полная утрата двигательных и чувствительных функций	0
Сохранение чувствительности без возможности двигать ногами	1
Возможность двигать ногами, но неспособность ходить	2
Возможность ходить по ровному полу с использованием вспомогательных средств (например, трость или костыль)	3
Возможность подниматься и/или спускаться по лестнице с использованием поручней	4
Умеренная или значительная нестабильность, но есть возможность подниматься и/или спускаться по лестнице без использования поручней	5
Легкая нестабильность, но возможность ходить без поддержки с плавным взаимодействием	6
Нарушений движений в ногах нет	7
Чувствительные расстройства в верхних конечностях	
Полная потеря чувствительности в руках	0
Тяжелая утрата чувствительности или наличие боли	1
Легкая утрата чувствительности	2
Нарушений чувствительности в руках нет	3
Дисфункция сфинктера	
Невозможность самостоятельного мочеиспускания	0
Значительные трудности с мочеиспусканием	1
Легкие и умеренные трудности с мочеиспусканием	2
Нормальное мочеиспускание	3

Стоит отметить, что в группе пациентов с патологией шейного отдела деформация нижних конечностей (p -value 0,0000), задержка психомоторного развития (p -value 0,001) и зависимость от инвалидного кресла (p -value 0,03) встречались реже, что указывает на более легкие клинические симптомы и более легкое повреждение спинного мозга. При сравнении разделов шкалы mJOA (движения в верхних конечностях, движения и чувствительность в нижних конечностях, чувствительность в верхних конечностях и функция тазовых органов) для движения и чувствительности в верхних конечностях выявлены более низкие баллы в группе с патологией шейного отдела (p -value 0,0000). В свою очередь, степень пареза в нижних конечностях и нарушения

функции тазовых органов более выражены в группах с патологией на уровне грудного и поясничного отделов (p -value 0,0000).

В группе пациентов с патологией на грудном и поясничном уровнях также чаще встречались деформация нижних конечностей и зависимость от инвалидного кресла (p -value 0,0000 и 0,03). Общий балл по шкале mJOA различался, достигая максимума у пациентов с патологией шейного отдела и минимума – с патологией грудного отдела (p -value 0,02). В конце периода наблюдения пациентов повторно оценили по соответствующим возрасту шкалам: сохранялись прежние различия между группами, кроме того, баллы по разделам шкалы и общей шкале оставались значимо неизменными в течение времени.

Обсуждение

Изначально разработанная для оценки неврологических симптомов у взрослых с патологией позвоночника классическая шкала JOA включала четыре раздела, оценивающих движения верхних и нижних конечностей, чувствительность в верхних конечностях, груди, животе и нижних конечностях. Эта шкала использовала суммарную систему оценки в диапазоне от 0 до 17 баллов [2]. С течением времени было предложено несколько модификаций, при этом наиболее популярной стала модификация шкалы JOA, представленная в 1991 г. Benzel et al. [1, 3–5].

Шкала mJOA Benzel состоит из четырех разделов, оценивающих моторную функцию в верхних конечностях (0–5 баллов), чувствительность и движения в нижних конечностях (0–7 баллов), чувствительность в верхних конечностях (0–3 балла) и функцию мочевого пузыря (0–3 балла) с суммарной системой оценки от 0 до 18 баллов. Простой дизайн и система оценки делают ее удобной для использования как медицинскими специалистами, так и пациентами. Адаптивность шкалы к разным языкам и культурам способствует ее широкому использованию в различных регионах и среди различных популяций. Возможность ее гибкого использования обеспечивает последовательные и стандартизированные оценки в разнообразных демографических группах пациентов с патологией позвоночника и спинного мозга.

Изначально созданная для взрослых с шейной спондилогенной миелопатией, эта шкала стала популярной в первую очередь в исследованиях, посвященных эффективности лечения пациентов с этой патологией, однако с каждым годом появляется все больше работ, посвященных ее использованию при патологии грудного [6–11] и поясничного [12–15] отделов. В настоящее время шкала с успехом применяется в исследованиях, посвященных не только дегенеративной патологии и деформациям позвоночника, но и в работах

Таблица 5

Стратифицированный по возрасту анализ оценки педиатрической шкалой mJOA в течение времени наблюдения от 1 до 10 лет

Параметр		Показатель				
Возраст на момент исследования, лет		0,5–1,5	1,5–4	4–8	8–18	18+
Количество исследованных, п		3	37	47	56	10
Пол (п, %)	муж	—	16 (43)	18 (38)	27 (48)	3 (30)
	жен	3 (100)	21 (57)	29 (62)	29 (52)	7 (70)
Возраст 1, лет, медиана (диапазон)		1 (0,5–1,3)	2,7 (1,6–3,9)	6,1 (4,0–7,9)	10,6 (8,0–17,4)	23,5 (19,4–34,1)
Время между повторной оценкой, лет, медиана (диапазон)		4 (3,0–4,5)	2 (1,0–7,0)	3 (1,0–10,0)	3 (1,0–9,0)	2,5 (1,0–6,0)
Возраст 2, лет, медиана (диапазон)		4,9 (4,3–5,0)	4,8 (2,6–10,0)	8,6 (5,3–16,3)	14,4 (9,2–25,3)	26,6 (20,4–35,1)
Возраст 1: движения в руках (оценка, медиана, диапазон)		5 (3–5)	5 (0–5)	5 (2–5)	5 (1–5)	5 (3–5)
Возраст 2: движения в руках (оценка, медиана, диапазон)		5	5 (1–5)	5 (3–5)	5 (3–5)	5 (3–5)
p-value		0,37	0,91	0,18	0,36	0,77
Возраст 1: движения и чувствительность в ногах (оценка, медиана, диапазон)		5 (2–5)	3 (0–7)	3 (0–7)	6 (0–7)	5 (2–7)
Возраст 2: движения и чувствительность в ногах (оценка, медиана, диапазон)		7 (4–7)	3 (0–7)	4 (0–7)	6 (0–7)	5 (2–7)
p-value		0,23	0,40	0,72	0,32	0,90
Возраст 1: чувствительность в руках (оценка, медиана, диапазон)		3	3 (0–3)	3 (2–3)	3 (0–3)	3 (2–3)
Возраст 2: чувствительность в руках (оценка, медиана, диапазон)		3	3 (1–3)	3 (2–3)	3 (1–3)	3 (2–3)
p-value		1,00	1,00	0,14	0,63	1,00
Возраст 1: функция тазовых органов (оценка, медиана, диапазон)		3 (1–3)	1 (0–3)	2 (0–3)	3 (0–3)	3 (0–3)
Возраст 2: функция тазовых органов (оценка, медиана, диапазон)		3 (1–3)	2 (0–3)	2 (0–3)	3 (0–3)	3 (0–3)
p-value		1,00	0,79	0,83	0,81	0,84
Возраст 1: общая mJOA (оценка, медиана, диапазон)		14 (11–16)	12 (0–18)	12 (6–18)	16 (1–18)	16 (10–18)
Возраст 2: общая mJOA (оценка, медиана, диапазон)		18 (13–18)	13 (3–18)	14 (8–18)	17 (5–18)	15 (10–18)
p-value		0,29	0,56	0,55	0,39	0,94

mJOA—модифицированная Japanese Orthopedic Association scale: модификация Benzel была использована для всех индивидуумов в возрасте старше 18 лет, а новая педиатрическая модификация — у детей младше 18 лет.

по травме позвоночника и спинного мозга [16, 17], туберкулезным спондилитам [18], опухолям спинного мозга и позвоночника [19], арахноидальным кистам спинного мозга [20–22], мальформации Киари и сирингомиелии [23, 24].

Существуют попытки применения этой шкалы у детей [25–29], однако очевидно, что необходимы ее модификации, особенно для детей младше восьми лет.

Детский возраст подразумевает динамичное изменение функционального статуса по мере взросления, например, навык держания головы появляется после двух месяцев, ползание — после шести месяцев, сидение — после восьми месяцев, начало хождения по плоской поверхности — после года, самостоятельное поднятие по лестнице — после двух лет, освоение застегивания пуговиц и завязывания шнурков — в 5–6 лет и т.д. [30]. Наша модификация шкалы JOA, адаптированная для детей,

выполнена с учетом этих особенностей. Она может быть использована в исследованиях, посвященных патологии позвоночника и спинного мозга, характерных для детского возраста, таких как шейные стенозы на фоне атлантоаксиальных дислокаций, системных заболеваний (спондилоэпифизарная дисплазия, мукополисахаридоз), аномалии Киари, стенозы на уровне грудного отдела на фоне сегментарных спинальных дисгенезий, деформации позвоночника и миелодисплазии

Таблица 6

Стратифицированный по уровню патологии анализ оценки педиатрической шкалой mJOA в течение времени наблюдения от 1 до 10 лет

Параметр		Патология на уровне шейного отдела	Патология на уровне грудного отдела	Патология на уровне поясничного отдела
Количество пациентов, n		41	41	71
Патология	ОДНТ, n (%)	—	22	20
	ЗДНТ, n (%)	1	14	49
	ААД, n (%)	32	—	—
	ССД, n (%)	2	5	2
	ААРБ, n (%)	6	—	—
Возраст 1, лет, медиана (диапазон)		9 (0,5–24,0)	4,8 (1,7–34,1)	7,1 (1,0–26,5)
Время между повторной оценкой, лет, медиана (диапазон)		2,1 (1–8)	3 (1–9)	2 (1–10)
Возраст 2, лет, медиана (диапазон)		12,2 (4,0–27,2)	8,8 (2,9–35,1)	10,6 (2,6–31,5)
Возраст 1: движения в верхних конечностях (оценка, медиана, диапазон)		5 (0–5)	5 (3–5)	5 (3–5)
Возраст 2: движения в верхних конечностях (оценка, медиана, диапазон)		5 (1–5)	5	5 (3–5)
p-value		0,18	0,18	1,00
Возраст 1: движения и чувствительность в нижних конечностях (оценка, медиана, диапазон)		7 (0–7)	2 (0–7)	5 (0–7)
Возраст 2: движения и чувствительность в нижних конечностях (оценка, медиана, диапазон)		7 (1–7)	3 (0–7)	5 (0–7)
p-value		0,34	0,47	0,39
Возраст 1: чувствительность в верхних конечностях (оценка, медиана, диапазон)		3 (0–3)	3 (2–3)	3 (2–3)
Возраст 2: чувствительность в верхних конечностях (оценка, медиана, диапазон)		3 (1–3)	3	3 (2–3)
p-value		0,49	0,16	0,73
Возраст 1: функция тазовых органов (оценка, медиана, диапазон)		3 (0–3)	0 (0–3)	3 (0–3)
Возраст 2: функция тазовых органов (оценка, медиана, диапазон)		3 (0–3)	0 (0–3)	2 (0–3)
p-value		0,44	0,88	1,00
Возраст 1: общая mJOA (оценка, медиана, диапазон)		18 (0–18)	10 (6–18)	15 (6–18)
Возраст 2: общая mJOA (оценка, медиана, диапазон)		18 (3–18)	11 (8–18)	15 (6–18)
p-value		0,31	0,51	0,60

ААД — атлантоаксиальная дислокация; ААРБ — атлантоаксиальное ротационное блокирование; ЗДНТ — закрытый дефект невальной трубки; ОДНТ — открытый дефект невальной трубки; ССД — сегментарная спинальная дисгенезия; mJOA — модифицированная Japanese Orthopedic Association scale: модификация Benzel использована для всех индивидуумов старше 18 лет, а новая педиатрическая модификация — у детей младше 18 лет.

на фоне открытых и закрытых дефектов невальной трубки, а также при сирингомиелии, опухолях спинного мозга и позвоночника, туберкулезном спондилите, позвоночно-спинномозговой травме. Адаптация шкалы обеспечивает возможность непрерывной оценки функционального и неврологического состояния пациента на протяжении детского и подросткового возраста. Педиатрическая версия шкалы mJOA может быть использована у пациентов с указанным спектром заболеваний до дости-

жения взрослого возраста, а последующее применение шкалы mJOA Benzel позволяет отслеживать существенные функциональные изменения уже во взрослом возрасте [31, 32].

Исследование продемонстрировало возрастную преемственность разработанной шкалы и возможность ее широкого применения не только у детей с патологией на шейном уровне позвоночника, но и на грудном и поясничном.

Ограничения исследования. Несколько ограничений потенциально могли бы повлиять на полученные результаты:

1) малое количество пациентов в возрасте до 1,5 лет и в контрольной группе взрослых;

2) большинство пациентов подверглись нейрохирургическому и/или ортопедическому хирургическому вмешательству, что потенциально могло повлиять на клинические оценки, хотя значительных изменений невро-

логического статуса, согласно результатам по шкале, за период наблюдения не выявлено;

3) наличие легкой умственной отсталости у некоторых пациентов могло потенциально сказаться на их оценке в баллах.

Заключение

Исследование раскрывает преемственность новой педиатрической

шкалы mJOA для оценки патологии позвоночника и спинного мозга как в различных возрастных группах, так и при разном уровне патологии шейного, грудного и поясничного отделов позвоночника. Приспособляемость шкалы для педиатрических случаев демонстрирует ее ценность в отслеживании долгосрочных изменений, подтверждает полезность ее применения в разных периодах детства у пациентов с патологией позвоночника и спинного

мозга и сопоставимость с используемой у взрослых шкалой mJOA Benzel.

Исследование не имело спонсорской поддержки. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Проведение исследования одобрено локальным этическим комитетом учреждения.

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

Литература/References

1. Benzel EC, Lancon J, Kesterson L, Hadden T. Cervical laminectomy and dentate ligament section for cervical spondylotic myelopathy. J Spinal Disord. 1991;4:286–295. DOI: 10.1097/00002517-199109000-00005.
2. Hirabayashi K, Miyakawa J, Satomi K, Maruyama T, Wakano K. Operative results and postoperative progression of ossification among patients with ossification of cervical posterior longitudinal ligament. Spine. 1981;6:354–364. DOI: 10.1097/00007632-198107000-00005.
3. Young K, Steinhaus M, Gang C, Vaishnav A, Jivanelli B, Lovecchio F, Qureshi S, McAnany S, Kim HJ, Iyer S. The use of patient-reported outcomes measurement information system in spine: a systematic review. Int J Spine Surg. 2021;15:186–194. DOI: 10.14444/8024.
4. Kato S, Oshima Y, Oka H, Chikuda H, Takeshita Y, Miyoshi K, Kawamura N, Masuda K, Kunogi J, Okazaki R, Azuma S, Hara N, Tanaka S, Takeshita K. Comparison of the Japanese Orthopaedic Association (JOA) score and modified JOA (mJOA) score for the assessment of cervical myelopathy: a multicenter observational study. PLoS One. 2015;10:e0123022. DOI: 10.1371/journal.pone.0123022.
5. Tetreault L, Kopjar B, Nouri A, Arnold P, Barbagallo G, Bartels R, Qiang Z, Singh A, Zileli M, Vaccaro A, Fehlings MG. The modified Japanese Orthopaedic Association scale: establishing criteria for mild, moderate and severe impairment in patients with degenerative cervical myelopathy. Eur Spine J. 2017;26:78–84. DOI: 10.1007/s00586-016-4660-8.
6. Baba S, Oshima Y, Iwahori T, Takano Y, Inanami H, Koga H. Microendoscopic posterior decompression for the treatment of thoracic myelopathy caused by ossification of the ligamentum flavum: a technical report. Eur Spine J. 2016;25:1912–1919. DOI: 10.1007/s00586-015-4158-9.
7. Bagga RS, Shetty AP, Viswanathan VK, Reddy GJ, Kanna RM, Rajasekaran S. Thoracic myelopathy in ossified ligamentum flavum: surgical management and long-term outcome following 2 different techniques of surgical decompression. Global Spine J. 2023;13:659–667. DOI: 10.1177/21925682211003061.
8. Fan T, Sun C, Chen G, Jiang S, Li W, Chen Z. Clinical progression of ossification of the ligamentum flavum in thoracic spine: a 10- to 11-year follow-up study. Eur Spine J. 2023;32:495–504. DOI: 10.1007/s00586-022-07468-5.
9. Siller S, Pannenbaecker L, Tonn JC, Zausinger S. Surgery of degenerative thoracic spinal stenosis-long-term outcome with quality-of-life after posterior decompression via a uni- or bilateral approach. Acta Neurochir (Wien). 2020;162:317–325. DOI: 10.1007/s00701-019-04191-x.
10. Jannelli G, Baticam NS, Tizi K, Truffert A, Lascano AM, Tessitore E. Symptomatic tandem spinal stenosis: a clinical, diagnostic, and surgical challenge. Neurosurg Rev. 2020;43:1289–1295. DOI: 10.1007/s10143-019-01154-9.
11. Eghbal K, Zafarshamspour S, Sookhakhari M, Saffarian A, Taheri R. Clinical outcome of pedicle-sparing transfacet discectomy and fusion with segmental instrumentation for thoracic disc herniation. J Neurol Surg a Cent Eur Neurosurg. 2024;85:240–245. DOI: 10.1055/a-2005-0620.
12. Chen R, Chen M, Su T, Zhou M, Sun J, Xiong J, Chi Z, Xie D, Zhang B. A 3-arm, randomized, controlled trial of heat-sensitive moxibustion therapy to determine superior effect among patients with lumbar disc herniation. Evid Based Complement Alternat Med. 2014;2014:154941. DOI: 10.1155/2014/154941.
13. Abbas Z, Asati S, Kundnani VG, Jain S, Prakash R, Raut S. Surgical outcomes of single stage surgery for Tandem spinal stenosis (TSS) in elderly and younger patients: A comparative study. J Clin Orthop Trauma. 2021;17:157–162. DOI: 10.1016/j.jcot.2021.03.007.
14. Krishnan A, Dave BR, Kambar AK, Ram H. Coexisting lumbar and cervical stenosis (tandem spinal stenosis): an infrequent presentation. Retrospective analysis of single-stage surgery (53 cases). Eur Spine J. 2014;23:64–73. DOI: 10.1007/s00586-013-2868-4.
15. D'Ercole M, Innocenzi G, Lattuada P, Ricciardi F, Montano N, Visocchi M, Bistazzoni S. Does laminectomy affect spino-pelvic balance in lumbar spinal stenosis? A study based on the EOS X-ray imaging system. Acta Neurochir Suppl. 2023;135:405–412. DOI: 10.1007/978-3-031-36084-8_62.
16. Zhao Y, Xue R, Shi N, Xue Y, Zong Y, Lin W, Pei B, Sun C, Fan R, Jiang Y. Aggravation of spinal cord compromise following new osteoporotic vertebral compression fracture prevented by teriparatide in patients with surgical contraindications. Osteoporos Int. 2016;27:3309–3317. DOI: 10.1007/s00586-016-3651-2.
17. Pirillo V, Berti PP, Prontera A, Rizzo P, Broger M. Biomechanics considerations in the treatment of double traumatic non-contiguous subaxial cervical lesions. Br J Neurosurg. 2023;37:1781–1785. DOI: 10.1080/02688697.2021.1907309.
18. Dunn R, van der Horst A, Lippross S. Tuberculosis of the spine – Prospective neurological and patient reported outcome study. Clin Neurol Neurosurg. 2015;133:96–101. DOI: 10.1016/j.clineuro.2015.03.015.
19. Carrasco Moro R, Gutierrez Cierco JA, Martínez San Millán JS, Pian H, Martínez Rodrigo MA. Spinal extradural angiolipomas: 7 new cases and review of the literature. Neurologia (Engl Ed). 2019;34:98–104. DOI: 10.1016/j.nrl.2016.11.002.
20. Griessenauer CJ, Bauer DF, Moore TA 2nd, Pritchard PR, Hadley MN. Surgical manifestations of thoracic arachnoid pathology: series of 28 cases. J Neurosurg Spine. 2014;20:30–40. DOI: 10.3171/2013.9.Spine1323.
21. Viswanathan VK, Manoharan SR, Do H, Minnema A, Shaddy SM, Elder JB, Farhadi HF. Clinical and radiologic outcomes after fenestration and partial wall excision of idiopathic intradural spinal arachnoid cysts presenting with myelopathy. World Neurosurg. 2017;105:213–222. DOI: 10.1016/j.wneu.2017.05.136.

22. El-Hajj VG, Singh A, Pham K, Edström E, Elmi-Terander A, Fletcher-Sanders J. Long-term outcomes following surgical treatment of spinal arachnoid cysts: a population-based consecutive cohort study. *Spine J.* 2023;23:1869–1876. DOI: 10.1016/j.spinee.2023.08.011.
23. Fan T, Zhao H, Zhao X, Liang C, Wang Y, Gai Q. Surgical management of Chiari I malformation based on different cerebrospinal fluid flow patterns at the cranial-vertebral junction. *Neurosurg Rev.* 2017;40:663–670. DOI: 10.1007/s10143-017-0824-1.
24. Guan J, Yuan C, Zhang C, Ma L, Yao Q, Cheng L, Liu Z, Wang K, Duan W, Wang X, Wang Z, Wu H, Chen Z, Jian F. A novel classification and its clinical significance in Chiari I malformation with syringomyelia based on high-resolution MRI. *Eur Spine J.* 2021;30:1623–1634. DOI: 10.1007/s00586-021-06746-y.
25. Siller S, Egensperger R, Szelenyi A, Tonn JC, Zausinger S, Schichor C. Intraspinal epidermoid and dermoid cysts-tumor resection with multimodal intraoperative neurophysiological monitoring and long-term outcome. *Acta Neurochir (Wien).* 2020;162:2895–2903. DOI: 10.1007/s00701-020-04446-y.
26. Soleman J, Roth J, Bartoli A, Rosenthal D, Korn A, Constantini S. Syringo-subarachnoid shunt for the treatment of persistent syringomyelia following decompression for Chiari type I malformation: surgical results. *World Neurosurg.* 2017;108:836–843. DOI: 10.1016/j.wneu.2017.08.002.
27. Zhang HQ, Deng A, Tang MX, Liu SH, Wang YX, Gao QL. Posterior-only surgical correction with heavy halo-femoral traction for the treatment of rigid congenital scoliosis associated with split cord malformation. *BMC Musculoskelet Disord.* 2020;21:98. DOI: 10.1186/s12891-020-3124-9.
28. Fan T, Zhao X, Zhao H, Liang C, Wang Y, Gai Q, Zhang F. Treatment of selected syringomyelias with syringo-pleural shunt: the experience with a consecutive 26 cases. *Clin Neurol Neurosurg.* 2015;137:50–56. DOI: 10.1016/j.clineuro.2015.06.012.
29. Atli K, Chakravarthy V, Khan AI, Moore D, Steinmetz MP, Mroz TE. Surgical outcomes in patients with congenital cervical spinal stenosis. *World Neurosurg.* 2020;141:e645–e650. DOI: 10.1016/j.wneu.2020.05.252.
30. WHO Multicentre Growth Reference Study Group. WHO Motor Development Study: windows of achievement for six gross motor development milestones. *Acta Paediatr Suppl.* 2006;450:86–95. DOI: 10.1111/j.1651-2227.2006.tb02379.x.
31. Ryabykh SO, Pavlova OM, Savin DM, Burtsev AV, Gubin AV. Surgical management of myelomeningocele-related spinal deformities. *World Neurosurg.* 2018;112:e431–e441. DOI: 10.1016/j.wneu.2018.01.058.
32. Pavlova OM, Ryabykh SO, Kozyrev DA, Gubin AV. Surgical treatment of thoracolumbar segmental spinal dysgenesis: optimal type of fusion. *World Neurosurg.* 2017;106:551–556. DOI: 10.1016/j.wneu.2017.07.031.

Адрес для переписки:

Сергеенко Ольга Михайловна
640014, Россия, Курган, ул. М. Ульяновой, 6,
Национальный медицинский исследовательский центр
травматологии и ортопедии им. акад. Г.А. Илизарова,
pavlova.neuro@mail.ru

Address correspondence to:

Sergeenko Olga Mikhailovna
National Ilizarov Medical Research Centre for Orthopaedics and
Traumatology,
6 Marii Ulyanovoy str., Kurgan, 640014, Russia,
pavlova.neuro@mail.ru

Статья поступила в редакцию 28.02.2024

Рецензирование пройдено 10.03.2024

Подписано в печать 20.03.2024

Received 28.02.2024

Review completed 10.03.2024

Passed for printing 20.03.2024

Ольга Михайловна Сергеенко, канд. мед. наук, врач-нейрохирург, спинальный хирург отделения хирургии позвоночника, Национальный медицинский исследовательский центр травматологии и ортопедии им. акад. Г.А. Илизарова, Россия, 640014, Курган, ул. М. Ульяновой, 6, ORCID: 0000-0003-2905-0215, pavlova.neuro@mail.ru;

Дмитрий Михайлович Савин, канд. мед. наук, врач-нейрохирург, спинальный хирург отделения хирургии позвоночника, Национальный медицинский исследовательский центр травматологии и ортопедии им. акад. Г.А. Илизарова, Россия, 640014, Курган, ул. М. Ульяновой, 6, ORCID: 0000-0002-4395-2103, savindm81@mail.ru;

Алексей Владимирович Евсюков, д-р мед. наук, нейрохирург, хирург-ортопед, заведующий отделением хирургии позвоночника, Национальный медицинский исследовательский центр травматологии и ортопедии им. акад. Г.А. Илизарова, Россия, 640014, Курган, ул. М. Ульяновой, 6, ORCID: 0000-0001-8583-0270, alexeysukov@mail.ru;

Александр Владимирович Бурцев, канд. мед. наук, хирург-ортопед, директор, Национальный медицинский исследовательский центр травматологии и ортопедии им. акад. Г.А. Илизарова, Россия, 640014, Курган, ул. М. Ульяновой, 6, ORCID: 0000-0001-8968-6528, bav31rus@mail.ru.

Olga Mikhailovna Sergeenko, MD, PhD, neurosurgeon, spine surgeon, Division of Spinal Surgery, National Ilizarov Medical Research Centre for Orthopaedics and Traumatology, 6 Marii Ulyanovoy str., Kurgan, 640014, Russia, ORCID: 0000-0003-2905-0215, pavlova.neuro@mail.ru;

Dmitry Mikhailovich Savin, MD, PhD, neurosurgeon, spine surgeon, Division of Spinal Surgery, National Ilizarov Medical Research Centre for Orthopaedics and Traumatology, 6 Marii Ulyanovoy str., Kurgan, 640014, Russia, ORCID: 0000-0002-4395-2103, savindm81@mail.ru;

Alexey Vladimirovich Evsyukov, DMSc, neurosurgeon, orthopedic surgeon, head of Division of Spinal Surgery, National Ilizarov Medical Research Centre for Orthopaedics and Traumatology, 6 Marii Ulyanovoy str., Kurgan, 640014, Russia, ORCID: 0000-0001-8583-0270, alexeysukov@mail.ru;

Alexander Vladimirovich Burtsev, MD, PhD, orthopedic surgeon, director, National Ilizarov Medical Research Centre for Orthopaedics and Traumatology, 6 Marii Ulyanovoy str., Kurgan, 640014, Russia, ORCID: 0000-0001-8968-6528, bav31rus@mail.ru.



РЕЗУЛЬТАТЫ ХИРУРГИЧЕСКОГО ЛЕЧЕНИЯ СКОЛИОЗА С РАННИМ НАЧАЛОМ С ПРИМЕНЕНИЕМ ПРИНЦИПА РАСТУЩИХ СИСТЕМ: АНАЛИЗ 10-ЛЕТНЕЙ МОНОЦЕНТРОВОЙ КОГОРТЫ

Ю.В. Молотков¹, С.О. Рябых^{2,3}, А.В. Евсюков¹, Д.М. Савин¹, Е.Ю. Филатов¹

¹Национальный медицинский исследовательский центр травматологии и ортопедии
им. акад. Г.А. Илизарова, Курган, Россия

²Научно-исследовательский клинический институт педиатрии и детской хирургии
им. акад. Ю.Е. Вельтищева, Москва, Россия

³Клиника высоких медицинских технологий им. Н.И. Пирогова, Санкт-Петербург, Россия

Цель исследования. Оценка ранних и среднесрочных результатов хирургического лечения сколиозов с ранним началом с применением принципа растущих систем.

Материал и методы. Проведен ретроспективный анализ историй болезней 54 пациентов, в лечении которых использовали хирургические дистрагируемые металлоконструкции. Пациентов разделили на 4 этиологические группы: врожденный сколиоз ($n = 17$), системный ($n = 12$), идиопатический ($n = 16$), нейрогенный ($n = 9$). Соотношение мальчиков и девочек составило 11 : 43. Средний возраст начала лечения пациентов — 9,6 года, окончания — 13,2 года.

Результаты. Проведена оценка рентгенометрических показателей в процессе и после завершения лечения. Угол основной дуги деформации по Cobb перед началом лечения составил в среднем $56,1^\circ$, после первичной операции — $31,8^\circ$, после завершения лечения — $23,2^\circ$. Коррекция основной дуги деформации за весь период многоэтапного оперативного лечения — 57,8 %. Самый высокий показатель исходной величины деформации отмечен в группе нейромышечного сколиоза — $67,6^\circ$, самый низкий при врожденной патологии — $50,4^\circ$, в группах системного и идиопатического сколиоза показатели оказались очень близки: до операции $57,6^\circ$ — при идиопатическом и $53,4^\circ$ — при системном. По результатам этапного лечения в группе нейромышечного сколиоза величина остаточной кривизны основной дуги была самой низкой, а процент коррекции самым высоким — $18,9^\circ$ и 73,6 % против $24,5^\circ$ и 49,7 % в группе врожденного сколиоза. Результативность лечения с оценкой процента коррекции после финальной инструментации в группах идиопатического и системного сколиоза оказалась близка: 23,0° и 62,3 %; 28,5° и 51,5 % соответственно. Отмечены идентичные средние показатели угла основной дуги после финальной инструментации во всех четырех этиологических группах (в среднем $23,2^\circ$). Изменения показателей грудного кифоза и поясничного лордоза оказались незначительны. За время лечения проведено 22 внеплановых оперативных вмешательства у 15 пациентов.

Заключение. Данное исследование выявило ряд ключевых моментов, которые в перспективе могут помочь в формировании более четких алгоритмов помощи выбора оптимальной методики: нейрогенные сколиозы наиболее успешно поддаются коррекции растущими системами; врожденные сколиозы показывают менее выраженную коррекцию деформации и большее относительное количество осложнений на одного пациента при изолированном применении растущих систем, что требует осторожности при этапном оперативном лечении.

Ключевые слова: сколиоз, растущие системы, хирургическое лечение, дети, TGR, VEPTR.

Для цитирования: Молотков Ю.В., Рябых С.О., Евсюков А.В., Савин Д.М., Филатов Е.Ю. Результаты хирургического лечения сколиоза с ранним началом с применением принципа растущих систем: анализ 10-летней моноцентральной когорты // Хирургия позвоночника. 2024. Т. 21. № 2. С. 66–80.
DOI: <http://dx.doi.org/10.14531/ss2024.2.66-80>.

RESULTS OF SURGICAL TREATMENT OF EARLY-ONSET SCOLIOSIS USING GROWTH-FRIENDLY IMPLANTS: ANALYSIS OF A 10-YEAR MONOCENTRIC COHORT

Yu.V. Molotkov¹, S.O. Ryabykh^{2,3}, A.V. Evsyukov¹, D.M. Savin¹, E.Yu. Filatov¹

¹Russian Ilizarov Scientific Center for Restorative Traumatology and Orthopaedics, Kurgan, Russia

²Veltishchev Research and Clinical Institute for Pediatrics and Pediatric Surgery, Moscow, Russia

³St. Petersburg University's N.I. Pirogov Clinic of High Medical Technologies, St. Petersburg, Russia

Objective. To evaluate early and medium-term results of surgical treatment of early-onset scoliosis using the principle of growth-friendly systems.

Material and Methods. A retrospective analysis of the medical records of 54 patients treated using surgical distractible metal implants was carried out. Patients were divided into 4 etiological groups: congenital ($n = 17$), systemic ($n = 12$), idiopathic ($n = 16$) and neurogenic

scoliosis (9). The boy/girl ratio was 11/43. The average age at which patients started treatment was 9.6 years, and at the end of treatment — 13.2 years.

Results. Radiometric parameters were assessed during and after completion of treatment. The Cobb angle of the main curve of deformity before treatment averaged 56.1°, after the primary operation — 31.8°, and after completion of treatment — 23.2°. Correction of the main deformity curve for the entire period of multi-stage surgical treatment was 57.8 %. The highest initial magnitude of deformity was noted in the group of neuromuscular scoliosis (67.6°), and the lowest in the group of congenital pathology (50.4°). In the groups of systemic and idiopathic scoliosis, the preoperative values were very close: 53.4° for systemic scoliosis and 57.6° for idiopathic scoliosis. According to the results of staged treatment in the neuromuscular scoliosis group, the residual curvature of the main curve was the lowest, and the percentage of its correction was the highest — 18.9° and 73.6 %, respectively, versus 24.5° and 49.7 % in the congenital scoliosis group. The effectiveness of treatment with an assessment of the percentage of correction after final instrumentation in groups of idiopathic and systemic scoliosis was close: 23.0° and 62.3 %, and 28.5° and 51.5 %, respectively. Identical average values of the main curve angle after final instrumentation were noted in all four etiological groups (on average, 23.2°). Changes in thoracic kyphosis and lumbar lordosis were insignificant. During the treatment, 22 unplanned surgical interventions were performed in 15 patients.

Conclusion. This study revealed a number of key points that in the future may help in the formation of clearer algorithms of selecting the most optimal technique: neurogenic scoliosis is most successfully corrected by growing systems, and congenital scoliosis shows less pronounced correction of deformity and a greater relative number of complications per patient with a single use of growing systems, which requires caution during staged surgical treatment.

Key Words: scoliosis, growth-friendly systems, surgical treatment, children, TGR, VEPTR.

Please cite this paper as: Molotkov YuV, Ryabykh SO, Evsyukov AV, Savin DM, Filatov EYu. Results of surgical treatment of early-onset scoliosis using growth-friendly implants: analysis of a 10-year monocentric cohort. Russian Journal of Spine Surgery (Khirurgiya Pozvonochnika). 2024;21(2):66–80. In Russian.

DOI: <http://dx.doi.org/10.14531/ss2024.2.66-80>.

В соответствии с определением, разработанным Growing Spine Study Group (GSSG), Chest Wall and Spine Deformity Study Group (CWSDSG) и Scoliosis Research Society (SRS), а также утвержденным Pediatric Orthopaedic Society of North America (POSNA), понятие «ранний сколиоз» или «сколиоз с ранним началом» (early-onset scoliosis) объединяет в себе широкий спектр деформаций позвоночника, возникающих у детей в возрасте до 10 лет, вне зависимости от этиологии [1].

В современной детской вертебрологии при лечении сколиотических деформаций в первую очередь отдают предпочтение консервативным методам, и лишь при их неэффективности встает вопрос о хирургическом лечении. При принятии решения об оперативной коррекции специалисты ориентируются на угол основной дуги деформации — более 40° по Cobb [2–4], прогрессирующий характер течения заболевания, степень торсии позвонков, мобильность основной и второстепенных дуг, а также выраженность клинических симптомов и косметического дефекта, вызывающих снижение качества жизни пациента. Несмотря на разнообразие описанных критериев, решение о выборе метода лечения принимается индивидуально.

При этом ключевым фактором выбора хирургической коррекции является знание хирургом коридора эффективности и структуры осложнений избранной технологии.

Базовым принципом хирургического лечения сколиоза у детей и подростков с использованием растущих систем является коррекция деформации позвоночника с сохранением потенциала роста [5].

Одним из наиболее распространенных методов является применение систем, удлиняющихся при помощи внешнего воздействия. Наиболее распространенными в России растущими хирургически дистрагируемыми системами являются традиционные коннекторные системы Traditional Growing Rods (далее TGR) и модульные дистракторы Vertical Expandable Prosthetic Titanium Rib (далее VEPTR)

Цель исследования — оценка ранних и среднесрочных результатов хирургического лечения сколиозов с ранним началом с применением принципа растущих систем.

Материал и методы

Проведено когортное амбиспективное нерандомизированное исследование.

Селекция пациентов проведена в два этапа. Первый этап — ретроспективный обзор историй болезней пациентов, которым в НМИЦ ТО им. акад. Г.А. Илизарова в 2012–2022 гг. выполняли заднюю инструментальную фиксацию позвоночника после курса реконструкции дистрагируемыми системами. На втором этапе отобрали 54 пациента со сколиозом с ранним началом (возраст младше 10 лет на момент возникновения сколиотической деформации), в лечении которых использовали принцип применения систем, удлиняющихся при помощи внешнего (хирургического) воздействия, с выполнением последующих этапных коррекций деформации — до констатации костной зрелости осевого скелета.

Критерии включения в исследование:

- пациенты со сколиозом с ранним началом любой этиологии (возраст младше 10 лет на момент возникновения сколиотической деформации);
- пациенты, в лечении которых применяли растущие системы фиксации позвоночника (TGR и/или VEPTR);
- пациенты, которым выполнен полный цикл хирургической коррекции растущими хирургически дистрагируемыми системами (первичная

коррекция → многоэтапная оперативная коррекция → завершающая задняя инструментальная транспедикулярная фиксация позвоночника многоопорной системой);

– все этапы хирургического лечения выполняли в НМИЦ ТО им. акад. Г.А. Илизарова;

– период наблюдения после финальной фиксации – не менее 1 года.

Критерии исключения:

– пациенты, самовольно вышедшие из исследования (потерян контакт);

– пациенты, которым по различным причинам не выполняли финальную фиксацию.

Исследование получило одобрение этических комитетов учреждений в соответствии с рекомендациями Хельсинкской декларации [6].

Критерии оценки

Из общих сводных и демографических показателей когорты зафиксировали возраст, половую принадлежность, срок госпитализации, срок между оперативными вмешательствами, общее количество плановых и внеплановых вмешательств, количество и тяжесть неблагоприятных сценариев. Данные об осложнениях и неблаго-

приятных сценариях получали из медицинской документации. Инфекционные осложнения, нестабильность металлоконструкции (поломка стержня/винта/коннектора), неврологические осложнения представляли основной интерес среди прочих неблагоприятных сценариев и были оценены с использованием классификации Clavien – Dindo [7], которая широко распространена в современной научной литературе и валидизирована для хирургии деформаций позвоночника (рис. 1).

На всех этапах лечения пациентам выполняли рентгенологические обследования (рентген-телеметрия позвоночника в двух проекциях, вертикальная). Рентгенограммы оценивали три спинальных хирурга, имеющие опыт работы 3, 9 и 16 лет. Во фронтальной и сагитальной плоскостях в программе Surgimar выполняли измерения следующих величин: (1) основной дуги деформации по Cobb; (2) краниальной и каудальной компенсаторных дуг (при их наличии); (3) грудного кифоза Th₁–Th₁₂; (4) поясничного лордоза L₁–L₅. На основе рентгенометрических данных подсчитали про-

цент коррекции деформации в послеоперационном периоде (в том числе после каждого этапного вмешательства) и после завершения лечения. Кроме того, идентифицировали уровни фиксации позвоночника металлоконструкцией и тип установленной системы.

Статистическая обработка

Гипотезу о нормальном распределении данных проверяли с помощью критерия Шапиро – Уилка. Данные, которые характеризовались нормальным распределением, представлены в формате среднее ± среднеквадратичное отклонение (M ± sd), в противном случае – среднее/медиана (1; 3 квартиль; M/Me (Q1; Q3)). Сопоставление углов Cobb до лечения и после финальной коррекции производили с помощью двустороннего теста Стьюдента для зависимых выборок. За уровень статистической значимости принимали p = 0,05. Для иллюстрации результатов использовали диаграммы типа «ящик с усами», где представлены медиана, интерквартильный размах, наибольшее/наименьшее выборочное значение, находящееся в пределах рас- стояния 1,5 значения интерквартильно-

Класс	Определение
I	Любое отклонение от нормального течения послеоперационного периода без необходимости медикаментозного лечения или хирургических, эндоскопических, радиологических вмешательств
II	Требующие лечения медикаментозными препаратами, помимо допускаемых для I класса осложнений, также включены переливание крови и общее парентеральное питание
III	Требующие хирургических, эндоскопических, радиологических вмешательств
IIIA	Вмешательства без общего обезболивания
IIIB	Вмешательства под общим обезболиванием
IV	Жизнеопасные осложнения (включая осложнения со стороны ЦНС)*, требующие лечения в отделениях интенсивной терапии/реанимации
IVA	Дисфункция одного органа (включая гемодиализ)
IVB	Полиорганная недостаточность
V	Смерть пациента
Суффикс «d»	Если у пациента были осложнения во время выписки (которые привели к инвалидности), суффикс «d» добавляется к соответствующему классу сложности

* Кровоизлияние в мозг, ишемический инсульт, субарахноидальное кровоизлияние, но исключая транзиторную ишемическую атаку.

Рис. 1

Непредвиденные сценарии и осложнения по классификации Clavien – Dindo [7]

го размаха, и выбросы. Обработку данных проводили с помощью программного обеспечения R версии 4.3.2 [8].

Результаты

Анализ общих сводных и демографических данных, результатов инструментальных и лабораторных обследований представлен в табл. 1.

Пациентов разделили на 4 этиологические группы: врожденный сколиоз, системный, идиопатический, нейрогенный.

Средний возраст начала хирургического лечения пациентов составил 9,6 ($\pm 2,66$) года, а окончания – 13,2 ($\pm 1,51$). Все пациенты предварительно наблюдались и получали курсовое консервативное лечение у ортопедов амбулаторно по месту жительства. Сколиоз у них впервые был замечен родителями и диагностирован врачом в раннем возрасте (до 10 лет), что полностью соответствует понятию «сколиоз с ранним началом» [1].

Все пациенты завершили лечение в период с 2015 по 2021 г. (рис. 2): более чем у половины пациентов срок наблюдения после завершения лечения составил более трех лет. Средний срок наблюдения – 4,8 ($\pm 1,87$) года.

На этом период этапных дистракций завершился и выполнялся «финальный спондилодез». Всем пациентам выполнили оперативное вмешательство, во время которого динамическую конструкцию заменили на ригидную, осуществляли максимально возможную коррекцию остаточной деформации, заднюю инструментальную транспедикулярную фиксацию позвоночника и задний спондилодез.

Среднее количество дистрагирующих этапов – 3,6 ($\pm 1,95$) за весь период лечения, а средний срок между операциями – 9,9 мес. для всех групп пациентов.

Металлоконструкции TGR и VEPTR в процессе лечения применяли в разных вариантах и комбинациях (табл. 2).

Показатель среднего количества плановых дистракций ($3,60 \pm 1,95$) за время лечения не продемонстрировал

Таблица 1

Сводные демографические данные пациентов исследуемой группы

Этиологические группы сколиоза	Пациенты, n	Пол (муж/жен), n	Средний возраст начала/завершения лечения, лет	Среднее количество плановых дистракций, n	Средний срок между операциями, мес.
Идиопатический	16	2/14	10,6/13,7	2,9	9,2
Нейромышечный	9	0/9	10,1/13,8	3,4	9,7
Врожденный	17	5/12	7,5/12,4	4,1	11,4
Системный	12	4/8	10,0/13,4	3,9	8,7
Итого	54	11/43	9,6/13,2	3,6	9,9

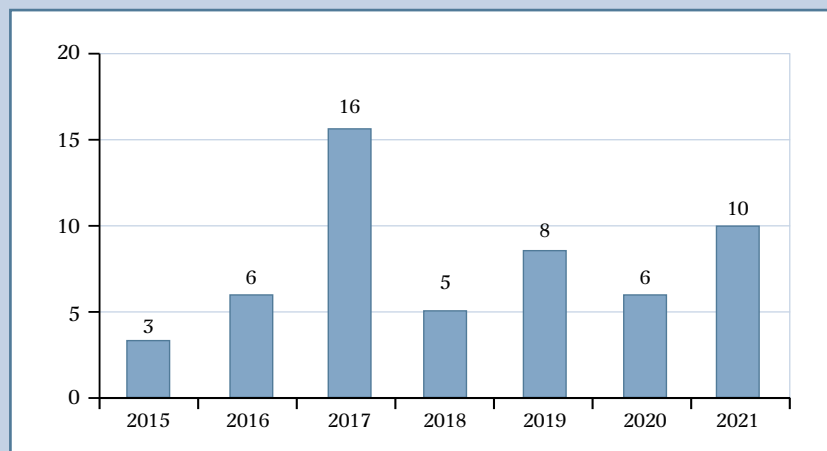


Рис. 2

Пациенты, завершившие многоэтапное лечение

значимой разницы между всеми четырьмя группами: в группе с идиопатическим сколиозом этот показатель составил $2,90 \pm 1,39$; с нейромышечным – $3,00 \pm 2,12$; с врожденным – $4,10 \pm 2,02$; с системным – $4,10 \pm 2,20$. Однако обращает на себя внимание более длительный период между оперативными вмешательствами в группе с врожденным сколиозом ($11,40 \pm 6,79$ мес.), в то время как в группах идиопатического, нейромышечного и системного этот срок составил соответственно $9,10 \pm 6,82$ мес., $9,31 \pm 3,32$ мес. и $8,50 \pm 3,36$ мес.

Срок госпитализации для установки первичной металлоконструкции составил $17,40 \pm 6,30$ дня в среднем по всем группам пациентов (табл. 3).

Перед началом и после завершения лечения часть пациентов проходили оценку качества жизни с использованием опросника SRS-22 (табл. 4). С учетом длительного периода наблюдения данные о результатах SRS-22 имеются не у всех пациентов. Были опрошены 25 пациентов (10 – с идиопатическим сколиозом, 3 – с нейромышечным, 7 – с врожденным, 5 – с системным).

Рентгенологические данные

Угол основной дуги деформации по Cobb перед началом лечения составил в среднем $56,0^\circ \pm 19,5^\circ$, после первичной операции – $28,9^\circ \pm 15,2^\circ$, а после завершения лечения – $23,6^\circ \pm 10,7^\circ$. Коррекция основной дуги деформации за весь период многоэтапного оперативного лечения в группе исследова-

Таблица 2
Использование систем фиксации в различных этиологических группах

Тип металлоконструкции	Этиологические группы сколиоза				Итого
	идиопатический	нейрогенный	врожденный	системный	
Монолатеральное применение TGR	9	1	9	3	22
Билатеральное применение TGR	9	8	7	9	33
Применение системы VEPTR в различных конфигурациях (ребро — позвоночник; ребро — ребро; ребро — таз)	2	—	6	—	8
Гибридное применение VEPTR + двойные монолатеральные TGR	—	—	1	—	1
Конверсия в процессе лечения с монолатеральной TGR системы на билатеральную	2	—	2	—	4
Конверсия с системы VEPTR на монолатеральную TGR-2	—	—	2	—	2

Таблица 3
Средний койкодень на этапах лечения

Этиологические группы сколиоза	Первичная операция	Плановая этапная дистракция	Внеплановое оперативное вмешательство	Финальная инструментация	Итого
Идиопатический	13,90 ± 4,40	7,30 ± 3,06	16,00 ± 8,48	15,50 ± 5,22	10,30 ± 5,22
Нейромышечный	18,70 ± 6,61	8,40 ± 2,57		23,90 ± 14,09	13,50 ± 9,46
Врожденный	23,00 ± 5,04	8,90 ± 4,16		17,90 ± 6,85	12,50 ± 7,40
Системный	16,40 ± 5,90	8,40 ± 3,36		14,80 ± 3,59	10,90 ± 5,13
Итого	17,40 ± 6,30	8,20 ± 3,50		17,50 ± 8,03	11,70 ± 6,86

Таблица 4
Средние значения оценки состояния пациентов со сколиозом по опроснику SRS-22

Домены	Срок	Этиологические группы сколиоза				Итого (n = 25)
		идиопатический (n = 10)	нейромышечный (n = 3)	врожденный (n = 7)	системный (n = 5)	
Боль	До лечения	3,10 ± 0,83	3,30 ± 0,57	3,60 ± 0,78	3,00 ± 0,70	3,20 ± 0,76
	После финальной инструментации	4,20 ± 0,98	4,30 ± 0,57	4,30 ± 0,75	4,20 ± 0,44	4,20 ± 0,76
Самовосприятие	До лечения	2,80 ± 0,98	2,30 ± 0,57	3,00 ± 0,57	3,00 ± 0,70	2,90 ± 0,78
	После финальной инструментации	4,00 ± 0,63	3,30 ± 0,57	4,00 ± 0,81	4,00 ± 1,00	3,90 ± 0,74
Функция	До лечения	3,60 ± 0,67	2,00 ± 1,00	2,80 ± 0,69	3,4 ± 0,54	3,20 ± 0,84
	После финальной инструментации	4,50 ± 0,63	2,30 ± 0,57	3,80 ± 0,69	4,00 ± 1,22	4,00 ± 0,97
Психическое состояние	До лечения	3,10 ± 1,04	2,60 ± 0,57	3,30 ± 0,95	3,60 ± 0,54	3,20 ± 0,89
	После финальной инструментации	4,00 ± 0,63	3,30 ± 0,57	4,40 ± 0,78	3,80 ± 0,83	4,00 ± 0,74
Удовлетворенность	До лечения	—	—	—	—	—
	После финальной инструментации	4,70 ± 0,46	4,00 ± 1,00	3,30 ± 0,75	4,60 ± 0,54	4,20 ± 0,86
Общее значение	До лечения	3,20 ± 0,59	2,60 ± 0,52	3,20 ± 0,37	3,20 ± 0,46	3,10 ± 0,52
	После финальной инструментации	4,30 ± 0,38	3,50 ± 0,23	4,00 ± 0,39	4,10 ± 0,22	4,00 ± 0,41

Таблица 5

Величина основной дуги сколиотической деформации по Cobb в группах пациентов со сколиозом, град.

Этиологические группы сколиоза	Перед началом лечения	После первичной операции	Перед финальной инструментацией	После финальной инструментации	Коррекция	Коррекция (среднее), %
Идиопатический	57,6 ± 17,5	28,7 ± 14,0	39,7 ± 16,2	23,0 ± 15,4	34,6 ± 13,8	62,3
Нейромышечный	67,6 ± 17,5	30,4 ± 15,1	30,7 ± 15,4	18,9 ± 12,2	48,7 ± 11,2	73,6
Врожденный	50,4 ± 18,4	37,1 ± 14,3	37,9 ± 17,1	24,5 ± 15,6	25,8 ± 17,5	49,7
Системный	53,4 ± 16,2	29,5 ± 20,2	37,9 ± 18,8	24,9 ± 18,0	28,5 ± 19,5	51,5
Итого	56,1 ± 18,0	31,8 ± 15,8	37,2 ± 16,6	23,2 ± 15,3	32,8 ± 17,5	57,8
Литературные данные (среднее)	71,6	41,2	Нет данных	40,8	30,8	42,1

ния составила $58,0 \pm 21,2$ %. Сводные числовые данные по этапам приведены в табл. 5.

Особый интерес представляют рентгенометрические данные в разрезе этиологических групп (рис. 3, 4).

Угол основной дуги деформации. Самый высокий показатель исходной величины деформации отмечен в группе нейромышечного сколиоза ($67,6^\circ \pm 17,5^\circ$), самый низкий – при врожденной патологии ($50,4^\circ \pm 18,4^\circ$). Угол основной дуги деформации при системном и идиопатическом сколиозах составил $53,4^\circ \pm 16,2^\circ$ и $57,6^\circ \pm 17,5^\circ$ соответственно. При этом по результатам этапного лечения в группе нейромышечного сколиоза величина остаточной кривизны основной дуги была самая низкая – $18,9^\circ \pm 12,2^\circ$. В остальных группах значения остаточной дуги деформации по Cobb после завершения лечения оказались схожи (табл. 5). Однако с учетом различий в средних значениях угла деформации перед началом лечения объем деформации, которую удалось скорректировать, оказался различным. В группе врожденного сколиоза и процентное, и числовое (в градусах по Cobb) значения коррекции основной дуги деформации оказались самыми низкими 49,9 % и $25,8^\circ \pm 17,5^\circ$, в то время как у пациентов с нейромышечным сколиозом эти значения оказались наиболее значительными – 73,6 % и $48,7^\circ \pm 11,2^\circ$. Рентгенометрические показатели коррекции дуги сколиотической дефор-

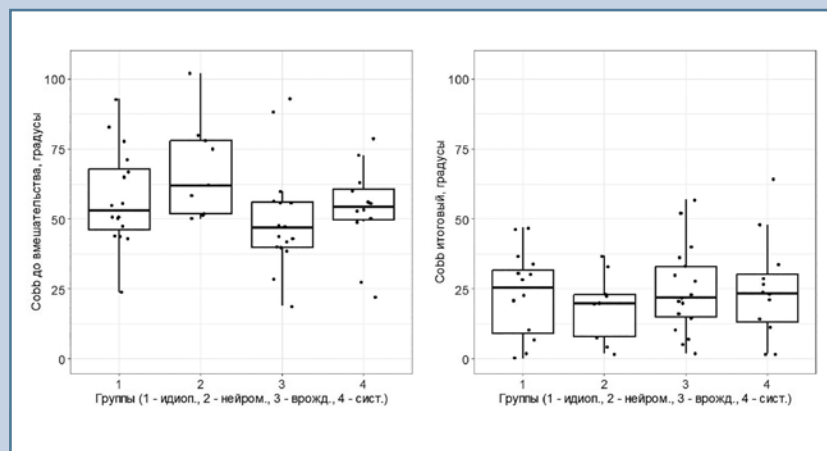


Рис. 3

Углы сколиотической деформации перед началом лечения (слева) и после итоговой инструментации (справа)

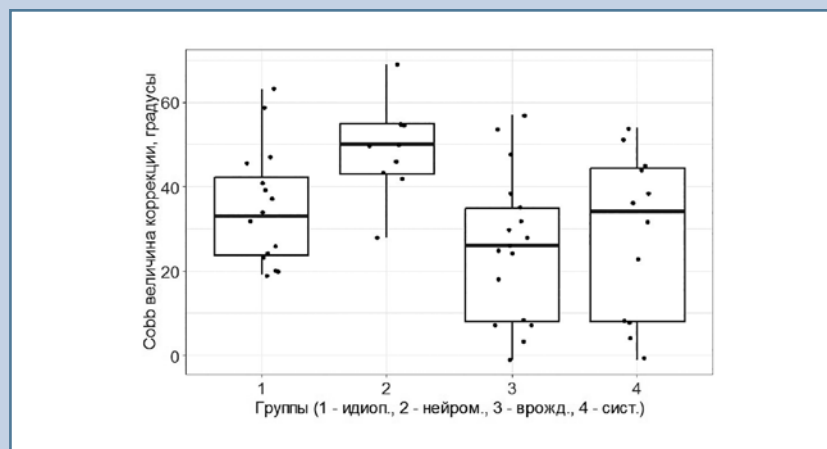


Рис. 4

Величина коррекции основной дуги деформации, град.

мации в группе идиопатического сколиоза по завершению лечения: 62,3 % и $34,6^\circ \pm 13,8^\circ$. У пациентов с системной патологией после финальной инструментальной коррекции составила 51,5 % и $28,5^\circ \pm 19,5^\circ$. Финальные изменения основной дуги сколиотической деформации по Cobb во всех группах пациентов были статистически значимы ($p < 0,0004$).

Изменения показателей грудного кифоза и поясничного лордоза

в процессе лечения оказались незначительны. Грудной кифоз составил $28,4^\circ/24,5^\circ$ ($16,2^\circ; 36,0^\circ$) до операции и $23,3^\circ/22,0^\circ$ ($15,0^\circ; 29,0^\circ$) после завершения лечения; поясничный лордоз – $38,9^\circ/37,0^\circ$ ($28,0^\circ; 44,5^\circ$) до начала лечения и $37,2^\circ/35,0^\circ$ ($28,8^\circ; 44,5^\circ$) – после финальной коррекции.

На рис. 5 представлены рентгенограммы типичного течения многоэтапного лечения сколиоза с применением растущей металлоконструкции. Паци-

ентка с диагнозом «системный прогрессирующий сколиоз тяжелой степени по James на фоне недифференцированной соединительно-тканной дисплазии». Получала лечение на базе НМИЦ ТО им. акад. Г.А. Илизарова на протяжении трех лет (с 26.03.2018 г. по 25.01.2021 г.). За это время осуществили четыре плановых оперативных вмешательства с целью этапной дистракции позвоночника, после чего провели финальную коррекцию деформации и транспедикулярную заднюю инструментальную фиксацию позвоночника.

Клинический пример лечения пациентки И. с врожденным структурным сколиозом с применением растущей конструкции VEPTR представлен на рис. 6. Пациентка получала лечение на протяжении семи лет (с 14.01.2009 г. по 02.08.2016 г.), за это время провели шесть плановых оперативных вмешательств с целью этапной дистракции позвоночника, во время которых VEPTR заменили на монолатеральную TGR-систему на последнем этапе по причине мальпозиции реберного захвата. Лечение завершили финальной коррекцией деформации и транспедикулярной билатеральной задней инструментальной фиксацией позвоночника.

Непредвиденные сценарии и осложнения

Всего провели 22 внеплановых оперативных вмешательства у 15 пациентов: 9 – пациентам с идиопатическим сколиозом, 2 – с нейромышечным, 9 – с врожденным, 2 – с системным. Четверем пациентам потребовались неоднократные внеплановые операции.

Кроме того, возникало множество непредвиденных сценариев, которые не требовали неотложного оперативного вмешательства, однако вынуждали корректировать процесс лечения в плановом порядке. Так, 26 причин непредвиденных сценариев были устранены в процессе плановых операций и не оказали существенного влияния на ход лечения (табл. 6).

Отметили 7 осложнений I степени, 6 – II, 55 – IIIВ. В исследуемой группе не было выявлено ни одного

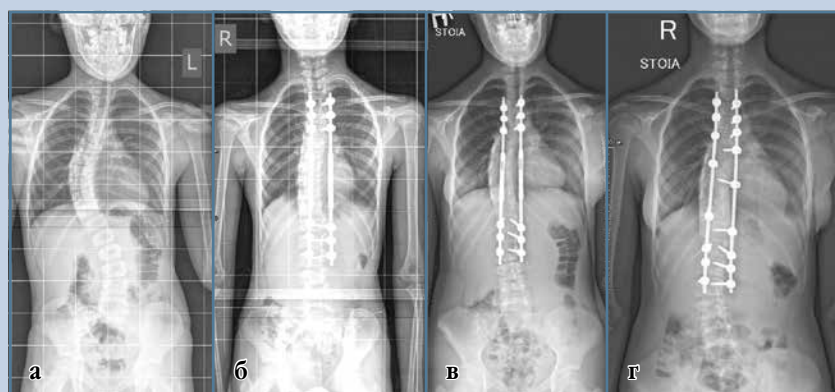


Рис. 5

Типичное течение многоэтапного лечения сколиоза с применением растущей металлоконструкции: **а** – перед началом лечения, пациентке 10 лет; **б** – после первичной установки растущей системы; **в** – перед финальным этапом лечения; **г** – после завершения лечения (финальной инструментации), пациентке 13 лет

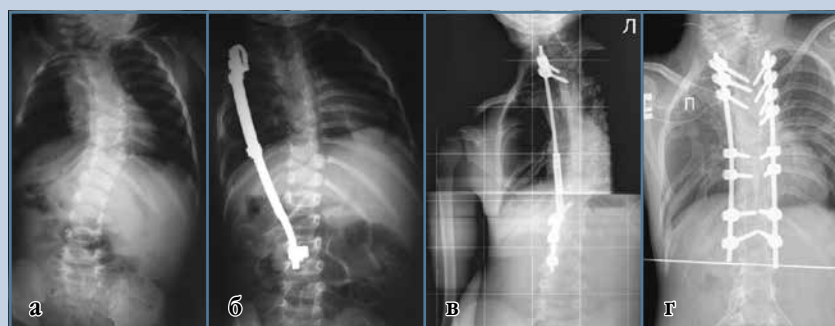


Рис. 6

Рентгенограммы пациентки И. с врожденным структурным сколиозом: **а** – перед началом многоэтапного оперативного лечения с применением VEPTR, пациентке 2 года; **б** – после установки первичной металлоконструкции – монолатеральной системы VEPTR; **в** – перед установкой финальной ригидной металлоконструкции, после 6 плановых оперативных дистракций с заменой VEPTR на монолатеральную TGR-систему на одном из этапов; **г** – после завершения лечения (финальной инструментации), пациентке 9 лет

Таблица 6

Распределение осложнений и непредвиденных сценариев (по Clavien — Dindo) по этиологическим группам, n

Степень по Clavien — Dindo	Этиологические группы сколиоза				Всего
	идиопатический	нейрогенный	врожденный	системный	
I	5	1	1	—	7
II	—	2	4	—	6
IIIA	—	—	—	—	—
IIIB	13	3	20	9	55
IV—V	—	—	—	—	—
Кол-во осложнений/ пациентов с осложнениями	18/10	6/4	25/11	9/6	68/31

осложнения, связанного с инфекцией и/или с замедленным заживлением операционной раны. Большинство (36) непредвиденных сценариев было связано либо с мальпозицией, либо с повреждением элементов металлоконструкции. Отмечено 7 эпизодов осложнений, связанных с нервной системой, включая 4 эпизода ликвореи, устраненных интраоперационно без последствий, и 3 эпизода временного неврологического дефицита, купированных в послеоперационном периоде без последствий. Выявили 11 эпизодов прогрессирования деформации за пределами зоны фиксации. Кроме того, зафиксирован 1 случай пневмоторакса, возникший в процессе установки подключичного венозного катетера и не повлиявший на результаты лечения. Пациентов, перенесших во время хирургического вмешательства кровопотерю более 1000 мл и/или требующих гемотрансфузии для коррекции послеоперационной постгеморрагической анемии, в группе исследования не было. Среднее количество осложнений составило 1,19 на 1 пациента. При этом самое высокое значение показателя выявлено в группе пациентов с врожденным сколиозом (1,47 на 1 пациента), а самое низкое в группе нейрогенного сколиоза (0,66 осложнения на 1 пациента). Для групп пациентов с системным и идиопатическим сколиозом это значение составило 0,75 и 1,25 осложнений на 1 пациента соответственно.

Обсуждение

Лечение сколиозов с ранним началом у детей и подростков представляет собой сложную комплексную задачу современной вертебрологии. Отсутствие лечения у таких пациентов приводит к значительному ухудшению качества жизни на фоне возникающих тяжелых кардиореспираторных нарушений, а также к повышенной смертности [9, 10]. При всей очевидности конечной цели лечения, а именно максимальной коррекции деформации позвоночника и достижения сбалансированного профиля туловища в трех плоскостях с минимальным количеством операций и без осложнений, важно учитывать уникальные аспекты лечения сколиоза у растущего организма. При планировании и прогнозировании результата лечения необходимо уделять внимание росту грудной клетки и учитывать созревание ткани легкого к 8 годам жизни [11, 12].

Существует множество вариантов применения растущих систем. Традиционная система модуляции роста, основанная на дистрагирующем усилении конструкции, была популяризирована Akbarnia et al. [2–4] и является общемировым стандартом лечения сколиоза с ранним началом. Широкая вариация типов опорных точек, крючки, субламинарная фиксация проволокой и лентами, транспедикулярные винты, а также различные типы коннекторов разных производителей создают огромное множество комбинаций, доступных для приме-

нения в странах с различными моделями организации здравоохранения. Несмотря на наличие убедительных доказательств того, что билатеральные растущие системы показывают лучшие результаты, в отличие от моностеральных, до сих пор ведутся споры об идеальной компоновке системы. На территории России наиболее широко используют различные вариации и комбинации систем TGR и VEPTR [13], так как другие варианты систем growth-friendly (Vertebral Body Stapling, Vertebral Body Tethering, Magnetically Controlled Growing Rods [14], Shilla Growth Guidance System, Modern Luque trolley и т.п.) не имеют регистрации в Российской Федерации, а доказательная база их эффективности значительно менее обширна и достоверна. Кроме того, имеется ряд новейших систем динамической фиксации, демонстрирующих стремление к снижению инвазивности операций и стоимости лечения. Одной из современных тенденций является применение принципа храпового механизма. Исследователи из разных стран предлагают различные варианты фиксаторов, позволяющих осуществлять дистракции либо вообще без оперативного вмешательства, либо при минимально-инвазивных плановых операциях. Примерами таких систем являются One-Way Self-Expanding Rod [15], Self-Adaptive Ratchet Growing Rod [16], ApiFix posterior dynamic deformity correction device [17], которые объединяет единый принцип использования коннектора

Таблица 7
Сводные демографические данные, представленные в современной литературе

TGR			VEPTR		
Пациенты, п	Пол (муж/жен), %	Средний возраст на момент начала лечения, лет	Пациенты, п	Пол (муж/жен), %	Средний возраст на момент начала лечения, лет
76,5	41,5/58,5	6,6	78,0	51,5/48,5	4,9

с храповым механизмом. Такой способ позволяет исключить или значительно снизить инвазивность плановых дистракций, что предположительно должно привести к снижению количества осложнений.

Кроме того, еще одна идея реализована в применении пружинных механизмов, обеспечивающих пассивное растягивающее усилие в системе, например, Spring distraction system [18].

Большинство этих систем еще проходят клиническую апробацию или введены в клиническую практику совсем недавно. Несмотря на многообещающие краткосрочные результаты такого лечения, небольшое количество пациентов и короткий follow-up не позволяют объективно оценить их надежность и эффективность. Имеется еще целый ряд новых «самодистрагируемых» систем, однако эти разработки в большинстве случаев находятся на стадии испытаний.

Мы ранее провели обширное исследование современных научных публикаций по теме эффективности применения систем growth-friendly в лечении раннего сколиоза [19]. Из более чем 800 статей по данной теме в соответствии с критериями PICOS [20] за последние 10 лет было отобрано и подробно проанализировано 38 современных научных публикаций [21–58]. На основании проведенного анализа литературы удалось получить достоверные данные для сравнения. Было обнаружено, что результаты данного исследования в некоторых аспектах заметно отличались от показателей, представленных в современной научной литературе. Соотношение полов демонстрирует явное преобладание девочек над мальчиками – 80/20 %, в отли-

чие от литературных данных, где это соотношение близко к 50 на 50 (41,5/58,5 % для TGR и 51,5/48,5 % для VEPTR). Средний возраст детей на момент начала лечения в нашем исследовании выше, чем средний возраст, представленный в литературе (6,6 года для TGR и 4,9 года для VEPTR), и составил 9,6 года (табл. 7). Поскольку сколиотическая деформация позвоночника – синдром, развивающийся на протяжении длительного времени, с момента, когда деформация позвоночника обнаруживается, и до того момента, когда она прогрессирует до состояния, требующего оперативной коррекции, проходит от нескольких месяцев до нескольких лет. За это время, как правило, в соответствии с принятым в современной вертебрологии подходом к лечению раннего сколиоза, амбулаторно пациенты получают курсовое консервативное лечение (в том числе корсетотерапию), призванное замедлить прогрессирование деформации позвоночника и грудной клетки [59]. В случае же, когда консервативный подход демонстрирует свою неэффективность, принимается решение о необходимости перехода к оперативной методике лечения. Оценить эту динамику и эффективность консервативного лечения специалист может лишь в разрезе довольно продолжительного времени, как правило, от полугода и больше. Кроме того, на территории Российской Федерации имеется ряд организационных (в том числе обусловленных географией) особенностей, что увеличивает время с момента постановки диагноза «ранний сколиоз» до первичной операции. Все эти факторы, вероятнее всего, и влияют на разницу в среднем возрасте

на момент установки первичной металлоконструкции в нашем исследовании и данных в современной литературе.

Стоит отметить, что крайние значения этого показателя в нашем исследовании (начало лечения в 15 и завершение в 8 лет) – это единичные, уникальные случаи. Решение о нетипичном для такого возраста лечении принималось коллективом экспертов с учетом индивидуальных особенностей пациентов. Пациент Г., получавший этапное оперативное лечение с применением растущей TGR-конструкции в возрасте от 15 до 16 лет, помимо врожденной аномалии, имел недифференцированную генетическую патологию. Установить точный диагноз не удалось, несмотря на проведенную генетическую экспертизу. Эта патология обуславливала выраженное отставание в массе и росте тела ребенка и высокую мобильность дуги сколиотической деформации. По этой причине пациент на протяжении семи лет (с 8 до 15 лет) находился под амбулаторным наблюдением и получал консервативное лечение, включающее в том числе корсетотерапию. Основным препятствием к проведению операции в более раннем возрасте являлись чрезмерно низкий рост и масса тела пациента. Лишь к возрасту 15 лет вес и рост оказались сопоставимы с показателями нормального 8–10-летнего ребенка и приблизились к допустимым для оперативного вмешательства. Эти особенности и послужили аргументами в пользу выбора методики растущих систем, несмотря на возраст. Пациент перенес в сумме 3 операции: первичную установку металлоконструкции TGR, оперативное вмешательство с целью дистрак-

ции установленной металлоконструкции, после чего провели коррекцию деформации и заднюю инструментальную транспедикулярную фиксацию позвоночника с удовлетворительным результатом.

Пациентка Е., которой растущая металлоконструкция была заменена на ригидную в возрасте 8 лет, имела врожденную патологию позвоночника высокой структурной сложности, из-за чего было принято решение изменить тактику лечения в пользу вертебротомии с короткой задней фиксацией. Отказ от дальнейшего использования растущей конструкции на тот момент представлялся верным решением, поскольку сразу после вертебротомии с короткой задней фиксацией коррекция основной дуги деформации выглядела весьма удовлетворительной. Однако сейчас, рассматривая этот клинический случай ретроспективно, такой подход однозначно представляется ошибочным, так как короткой фиксации оказалось недостаточно, чтобы предотвратить дальнейшее прогрессирование деформации. В результате этот подход показал неудовлетворительные отсроченные результаты, поскольку в последующие годы у пациентки возникали нежелательные сценарии в виде мальпозиции элементов металлоконструкции и прогрессирования деформации выше и ниже зоны фиксации. Это потребовало еще нескольких дополнительных операций, поэтому фактически полноценное хирургическое лечение завершилось с удовлетворительным результатом в возрасте 11 лет. Всего пациентка перенесла 9 оперативных вмешательств: первичную установку моностеральной металлоконструкции VERTR в возрасте 2 лет, 4 плановых этапных дистракции в возрасте с 2 до 6 лет, во время которых VERTR был заменен на моностеральную TGR-конструкцию, вертебротомию на вершине деформации с коррекцией деформации и короткой задней инструментальной фиксацией – в возрасте 8 лет. В период с 8 до 11 лет пациентка перенесла еще 3 незапланированных операции по перемонтажу

и продлению металлоконструкции с целью коррекции спонгиозированной деформации позвоночника.

Хотя эти пациенты попали в наше исследование в соответствии с критериями включения/исключения, важно отметить, что подобные случаи единичны и непоказательны, в целом они не влияют на средние значения в группе исследования.

Рентгенологические данные когорты в нашем исследовании также продемонстрировали расхождение с информацией, представленной в современных публикациях. Угол основной дуги деформации по Cobb перед началом лечения составил в среднем 56,1°, что меньше, чем в литературных данных – 71,6°. Вызывают интерес идентичные средние показатели угла основной дуги после первичной операции в группах идиопатического, нейромышечного и системного сколиозов (28,7°; 30,4°; и 29,5° соответственно), в то время как группа пациентов с врожденным сколиозом после первичной установки металлоконструкции имела более высокие значения остаточной дуги деформации (37,1°). После первичной операции показатель остаточной основной дуги в среднем по всем группам составил 31,8°, а после завершения лечения – 23,2°, что также меньше, чем представлено в литературе (41,2° и 40,8° соответственно). Коррекция основной дуги деформации после завершения лечения в представленном исследовании получилась больше, чем в мировой литературе – 57,8 % против 42,1 %. Несмотря на расхождение в процентных показателях, количество градусов коррекции основной дуги оказалось сопоставимо – 32,8° в нашем исследовании против 30,8° в литературе. Исходя из этого, можно отметить, что в процентном соотношении в когорте пациентов данного исследования в среднем удалось достичь лучшего результата, чем представленный в мировой литературе, но при этом количество градусов, которое удалось скорректировать за время лечения, оказалось практически одинаковым и составило примерно 30°. Расхожде-

ния с литературными данными, вероятно, можно объяснить моноцентровым характером нашего исследования.

Особый интерес представляет корреляция коррекции деформации и этиологии сколиоза. Наибольший показатель коррекции деформации в группе нейромышечного сколиоза можно объяснить высокой мобильностью дуг при данном типе деформации. При этом самые низкие показатели коррекции деформации продемонстрированы в группе врожденного сколиоза. Это обусловлено повышенной структурной сложностью данной патологии и сниженным потенциалом роста таких пациентов. Однако, кроме процентов коррекции деформаций, важно рассмотреть и абсолютные значения этого показателя. Таким образом, за все время лечения в группе пациентов с идиопатическим сколиозом удалось скорректировать в среднем 34,6°, с нейромышечным – 48,7°, врожденным – 25,8°, с системным – 28,5°. Исходя из этого отмечено, что при нейромышечном сколиозе потенциал коррекции заметно более выражен, чем в других группах, в то время как при врожденной патологии, наоборот, он оказался ощутимо ниже.

Изменения показателей грудного кифоза и поясничного лордоза в нашем исследовании и в литературных данных оказались незначительными. В представленном исследовании грудной кифоз составил 28,4° до операции и 23,3° после завершения лечения, поясничный лордоз – 38,9° до начала лечения и 37,2° – после финальной инструментальной фиксации. По данным литературы, грудной кифоз – 46,2° до операции и 59,4° после завершения лечения, а поясничный лордоз – 47,7° до начала лечения и 50,1° после финального хирургического вмешательства. Хотя числовые значения этих показателей по данным современных публикаций ощутимо выше, чем в нашем исследовании, динамика их изменения за время лечения одинаково минимальна во всех группах. В результате можно констатировать, что применение растущих систем

не оказывает выраженного влияния на сагиттальный баланс тела ребенка. Растущий организм, благодаря своей высокой адаптивности, успевает подстроиться и компенсировать отклонение сагиттального профиля в процессе роста без нарушения глобального баланса. Кроме того, установка ригидной металлоконструкции в конце лечения позволяет дополнительно скорректировать выявленные нарушения сагиттального профиля на уровне фиксации.

Таким образом, данное исследование позволило оценить ранние результаты лечения сколиозов у детей и подростков с использованием систем TGR и VEPTR и выявить ряд особенностей, возникавших в процессе их применения.

Биомеханика работы растущих стержней существенно отличается от ригидной металлоконструкции. Циклические нагрузки на менее жесткую мостовидную конструкцию растущих стержней в совокупности с меньшим размером стержней и винтов системы Ø4,5 при первичной имплантации увеличивают риск осложнений, связанных с повреждением и/или поломкой имплантата в процессе роста и увеличения веса ребенка. Также следует учитывать и достаточно высокую моторную активность детей. Это требует последовательного выполнения нескольких плановых хирургических процедур удлинения конструкции (в среднем 3,5 раза) с регулярной госпитализацией пациента и лиц, осуществляющих уход (родителей, опекунов, родственников и т.п.). Кроме того, необходим контроль эффективности коррекции основной дуги, наличия и прогрессирования вторичных дуг вне зоны фиксации, а также веса, роста и моторной активности. Это предопределяет высокий процент имплантозависимых осложнений и в данном исследовании, который составил 65 % от общего количества непредвиденных сценариев. В исследовании не отмечено возникновения или усугубления неврологической симптоматики, а транзиторные нарушения у 7 пациентов (13 % от общего коли-

чества непредвиденных сценариев) не привели к долгосрочным негативным последствиям. Обращает на себя внимание довольно высокое (11) количество осложнений, связанных с прогрессированием деформации за пределами зоны фиксации (20 % от общего количества непредвиденных сценариев), что свидетельствует о высоком потенциале роста данной когорты пациентов и динамическом изменении биомеханических взаимоотношений, что можно скорректировать в процессе этапного лечения. Другой вариант развития этих осложнений (возможный некорректный выбор уровня установки металлоконструкции и/или неправильный выбор типа опорных точек) представляется маловероятным. Эти аспекты требуют дополнительного предоперационного планирования для корректного определения зоны инструментации и тщательного послеоперационного наблюдения с целью выявления закономерностей и дальнейшего изучения.

В данном исследовании врожденные сколиозы в силу большей ригидности продемонстрировали меньшие показатели коррекции деформации. Это подчеркивает целесообразность применения трехколонных корригирующих остеотомий позвоночника с последующей короткой задней инструментальной фиксации для формирования локального костного блока в раннем возрасте без серьезного ущерба процессу осевого роста ребенка. Однако этот вопрос требует значительно более детального исследования с оценкой отдаленных результатов. Кроме того, в литературе имеются данные о том, что оптимальной представляется гибридная методика [60], совмещающая апикальную вертебротомию с короткой задней инструментальной фиксацией и одновременной установкой растущей TGR-системы. Такой подход позволяет добиться большей коррекции деформации позвоночника и снизить количество осложнений. Применение динамических систем в этой ситуации возможно при наличии противопоказаний к выполнению более агрессивной остеотомии позвоночника.

Заключение

Применение динамических, хирургически дистрагируемых растущих систем на данный момент не имеет единого стандарта. Широкий выбор вариантов и комплектаций растущих имплантатов, вкупе с большим количеством дополнительных факторов, связанных с этиологией, возрастом, тяжестью деформации, сочетанной и сопутствующей патологией у различных пациентов, значительно влияет на результаты лечения.

Данное исследование выявило ряд ключевых моментов, которые в перспективе могут помочь в формировании более четких алгоритмов помощи выбора оптимальной методики: нейрорегенные сколиозы успешнее поддаются коррекции растущими системами; врожденные сколиозы показывают менее выраженную коррекцию деформации и большее относительное количество осложнений на одного пациента при изолированном применении растущих систем, что требует осторожности при этапном оперативном лечении.

Относительно высокое количество осложнений и незапланированных сценариев, большинство из которых вызвано проблемами с металлоконструкцией, указывает на необходимость в дальнейшем развитии и усовершенствовании как самих конструкций, так и методик и алгоритмов их применения.

Выбор в пользу той или иной методики зависит от большого количества факторов и должен проводиться строго в индивидуальном порядке на основе опыта и экспертного мнения. Разнородность каузогенных факторов предопределяет большой выбор критериев планирования и оценки, что значительно ограничивает возможность алгоритмизации и машинного анализа для обоснования протокола поддержки врачебных решений.

Ограничения исследования

Данное исследование имеет ряд ограничений, не позволяющих с полной уверенностью и достоверностью интерпретировать его результаты.

1. Малая выборка пациентов. Больше количество исследуемых боль-

ных позволит корректнее подсчитать демографические и рентгенометрические показатели.

2. Малый период наблюдения после завершающего этапа лечения. Более длительный минимальный период наблюдения после завершения лечения (5, 10 лет) позволит лучше понять и оценить сохраняемость достигнутого результата и динамику состояния пациентов.

3. Ограничение информации оценки качества жизни на этапах лечения. В вопросе оценки качества жизни

требуется регулярное исследование с использованием валидизированных опросников (SRS-22/24) на различных этапах лечения. Понимание персональных факторов, влияющих на качество жизни, позволит корректировать лечебный процесс, что может значительно повысить удовлетворенность пациента.

Благодарность

Особую благодарность выражаем Евгению Валерьевне Амелиной, канд. физ.-мат. наук, научному сотруднику лаборатории аналитики

поточных данных и машинного обучения Новосибирского государственного университета, за значительную помощь в статистической обработке данных нашего исследования.

Исследование не имело спонсорской поддержки. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Проведение исследования одобрено локальными этическими комитетами учреждений.

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

Литература/References

- Williams BA, Matsumoto H, McCalla DJ, Akbarnia BA, Blakemore LC, Betz RR, Flynn JM, Johnston CE, McCarthy RE, Royce DP Jr, Skaggs DL, Smith JT, Snyder BD, Sponseller PD, Sturm PF, Thompson GH, Yazici M, Vitale MG. Development and initial validation of the Classification of Early-Onset Scoliosis (C-EOS). J Bone Joint Surg Am. 2014;96:1359–1367. DOI: 10.2106/JBJS.M.00253.
- Akbarnia BA, Marks DS, Boachie-Adjei O, Thompson AG, Asher MA. Dual growing rod technique for the treatment of progressive early-onset scoliosis: a multicenter study. Spine. 2005;30(17 Suppl):S46–S57. DOI: 10.1097/01.brs.0000175190.08134.73.
- Akbarnia BA, Breakwell LM, Marks DS, McCarthy RE, Thompson AG, Canale SK, Kostial PN, Tambe A, Asher MA. Dual growing rod technique followed for three to eleven years until final fusion: the effect of frequency of lengthening. Spine. 2008;33:984–990. DOI: 10.1097/BRS.0b013e31816c8b4e.
- Akbarnia BA. Management themes in early onset scoliosis. J Bone Joint Surg Am. 2007;89 Suppl 1:42–54. DOI: 10.2106/JBJS.F.01256.
- Helenius IJ. Treatment strategies for early-onset scoliosis. EFORT Open Rev. 2018;3:287–293. DOI: 10.1302/2058-5241.3.170051.
- Tyebkhan G. Declaration of Helsinki: the ethical cornerstone of human clinical research. Indian J Dermatol Venereol Leprol. 2003;69:245–247.
- Dindo D, Demartines N, Clavien P. Classification of surgical complications: a new proposal with evaluation in a cohort of 6336 patients and results of a survey. Ann Surg. 2004;240:205–213. DOI: 10.1097/01.sla.0000133083.54934.ae.
- R Core Team (2023). R: A Language and Environment for Statistical Computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. [Electronic resource]. Available at: <https://www.R-project.org/>
- Pehrsson K, Larsson S, Oden A, Nachemson A. Long-term follow-up of patients with untreated scoliosis. A study of mortality, causes of death, and symptoms. Spine. 1992;17:1091–1096. DOI: 10.1097/00007632-199209000-00014.
- Guzek RH, Murphy R, Hardesty CK, Emans JB, Garg S, Smith JT, Royce BD, Glotzbecker MP, Sturm PF, Snyder BD, Poon SC, Poe-Kochert C, Anari JB. Mortality in early-onset scoliosis during the growth-friendly surgery era. J Pediatr Orthop. 2022;42:131–137. DOI: 10.1097/BPO.0000000000001983.
- Campbell RM Jr, Smith MD, Mayes TC, Mangos JA, Willey-Courand DB, Kose N, Pinero RF, Alder ME, Duong HL, Surber JL. The characteristics of thoracic insufficiency syndrome associated with fused ribs and scoliosis. J Bone Joint Surg Am. 2003;85:399–408. DOI: 10.2106/00004623-200303000-00001.
- Рябых С.О., Ульрих Э.В. Возможности коррекции односторонней гипоплазии грудной клетки при деформациях позвоночника у детей с большой потенцией поста // Гений ортопедии. 2011. № 4. С. 44–48. [Riabykh SO, Ulrich EV. Possibilities of unilateral chest hypoplasia correction for the spine deformities in children with great growth potency. Genij Ortopedii. 2011;(4):44–48].
- Михайловский М.В., Суздалов В.А., Долотин Д.Н., Садовая Т.Н. Результаты многоэтапного хирургического лечения сколиозов I декады жизни с применением инструментария VEPTR. // Хирургия позвоночника. 2017. Т. 14. № 3. С. 8–14. [Mikhaylovskiy MV, Suzdalov VA, Dolotin DN, Sadovaya TN. Results of multi-stage surgical treatment of scoliosis in the first decade of life using VEPTR instrumentation. Russian Journal of Spine Surgery (Khirurgiya Pozvonochnika). 2017;14(3): 8–14]. DOI: 10.14531/ss2017.3.8-14.
- Михайловский М.В., Альшевская А.А. Магнитно-контролируемые стержни в хирургии ранних сколиозов: обзор англоязычной литературы // Хирургия позвоночника. 2020. Т. 17. № 1. С. 25–41. [Mikhaylovskiy MV, Alshevskaya AA. Magnetically controlled growing rods in early onset scoliosis surgery: a review of English-language literature. Russian Journal of Spine Surgery (Khirurgiya Pozvonochnika). 2020;17(1):25–41]. DOI: 10.14531/ss2020.1.25-41.
- Gaume M, Hajj R, Khouri N, Johnson MB, Miladi L. One-way self-expanding rod in neuromuscular scoliosis preliminary results of a prospective series of 21 patients. JB JS Open Access. 2021;6:e21.00089. DOI: 10.2106/JBJS.OA.21.00089.
- Chen ZX, Kaliya-Perumal AK, Niu CC, Wang JL, Lai PL. In vitro biomechanical validation of a self-adaptive ratchet growing rod construct for fusionless scoliosis correction. Spine. 2019;44:E1231–E1240. DOI: 10.1097/BRS.0000000000003119.
- Floman Y, El-Hawary R, Millgram MA, Lonner BS, Betz RR. Surgical management of moderate adolescent idiopathic scoliosis with a fusionless posterior dynamic deformity correction device: interim results with bridging 5–6 disc levels at 2 or more years of follow-up. J Neurosurg Spine. 2020;32:748–754. DOI: 10.3171/2019.11.SPINE19827.
- Lemans JVC, Wijdicks SPJ, Castelein RM, Kruyt MC. Spring distraction system for dynamic growth guidance of early onset scoliosis: two-year prospective follow-up of 24 patients Spine J. 2021;21:671–681. DOI: 10.1016/j.spinee.2020.11.007.
- Молотков Ю.В., Рябых С.О., Филатов Е.Ю., Сергеев О.М., Хужаназаров И.Э., Энкулов Д.И. Эффективность применения растущих систем в лечении сколиозов с ранним началом: систематизированный обзор // Хирургия позвоночника. 2023. Т. 20. № 2. С. 6–20. [Molotkov YuV, Ryabykh SO, Filatov EYu, Sergeenkov OM, Khuzhanazarov IE, Eshkulov DI. The effectiveness of growth-friendly systems in the treatment of early onset scoliosis: a systematic review. Russian Journal of Spine Surgery (Khirurgiya Pozvonochnika). 2023;20(2):6–20]. DOI: 10.14531/ss2023.2.6-20.

20. **Methley AM, Campbell S, Chew-Graham C, McNally R, Cheraghi-Sohi S.** PICO, PICOS and SPIDER: a comparison study of specificity and sensitivity in three search tools for qualitative systematic reviews. *BMC Health Serv Res.* 2014;14:579. DOI: 10.1186/s12913-014-0579-0.
21. **Xu L, Qiu Y, Chen Z, Shi B, Chen X, Li S, Du C, Zhu Z, Sun X.** A re-evaluation of the effects of dual growing rods on apical vertebral rotation in patients with early-onset scoliosis and a minimum of two lengthening procedures: a CT-based study. *J Neurosurg Pediatr.* 2018;22:306–312. DOI: 10.3171/2018.3.PEDS1832.
22. **Liang J, Li S, Xu D, Zhuang Q, Ren Z, Chen X, Gao N.** Risk factors for predicting complications associated with growing rod surgery for early-onset scoliosis. *Clin Neurol Neurosurg.* 2015;136:15–19. DOI: 10.1016/j.clineuro.2015.05.026.
23. **Wijedicks SPJ, Tromp IN, Yazici M, Kempen DHR, Castelein RM, Kruyt MC.** A comparison of growth among growth-friendly systems for scoliosis: a systematic review. *Spine J.* 2019;19:789–799. DOI: 10.1016/j.spinee.2018.08.017.
24. **Helenius IJ, Saarinen AJ, White KK, McClung A, Yazici M, Garg S, Thompson GH, Johnston CE, Pahys JM, Vitale MG, Akbarnia BA, Sponseller PD.** Results of growth-friendly management of early-onset scoliosis in children with and without skeletal dysplasias: a matched comparison. *Bone Joint J.* 2019;101-B:1563–1569. DOI: 10.1302/0301-620X.101B12.BJJ-2019-0735.R1.
25. **Zarei M, Tavakoli M, Ghadimi E, Moharrami A, Nili A, Vafaei A, Zadeh SST, Baghdadi S.** Complications of dual growing rod with all- pedicle screw instrumentation in the treatment of early-onset scoliosis. *J Orthop Surg Res.* 2021;16:112. DOI: 10.1186/s13018-021-02267-y.
26. **Jiang H, Hai JJ, Yin P, Su Q, Zhu S, Pan A, Wang Y, Hai Y.** Traditional growing rod for early-onset scoliosis in high-altitude regions: a retrospective study. *J Orthop Surg Res.* 2021;16:483. DOI: 10.1186/s13018-021-02639-4.
27. **Wang S, Zhang J, Qiu G, Wang Y, Li S, Zhao Y, Shen J, Weng X.** Dual growing rods technique for congenital scoliosis: more than 2 years outcomes: preliminary result of a single center. *Spine.* 2012;37:E1639–1644. DOI: 10.1097/BRS.0b013e318273d6bf.
28. **Jain VV, Berry CA, Crawford AH, Emans JB, Sponseller PD.** Growing rods are an effective fusionless method of controlling early-onset scoliosis associated with neurofibromatosis type 1 (NF1): a multicenter retrospective case series. *J Pediatr Orthop.* 2017;37:e612–e618. DOI: 10.1097/BPO.0000000000000963.
29. **Chen Z, Qiu Y, Zhu Z, Li S, Chen X, Sun X.** How does hyperkyphotic early-onset scoliosis respond to growing rod treatment? *J Pediatr Orthop.* 2017;37:e593–e598. DOI: 10.1097/BPO.0000000000000905.
30. **Arandi NR, Pawelek JB, Kabirian N, Thompson GH, Emans JB, Flynn JM, Dormans JP, Akbarnia BA.** Do thoracolumbar/lumbar curves respond differently to growing rod surgery compared with thoracic curves? *Spine Deform.* 2014;2:475–480. DOI: 10.1016/j.jspd.2014.04.002.
31. **Luhmann SJ, Smith JC, McClung A, McCullough FL, McCarthy RE, Thompson GH.** Radiographic outcomes of Shilla Growth Guidance System and traditional growing rods through definitive treatment. *Spine Deform.* 2017;5:277–282. DOI: 10.1016/j.jspd.2017.01.011.
32. **Jayaswal A, Kandwal P, Goswami A, Vijayaraghavan G, Jariyal A, Upendra BN, Gupta A.** Early onset scoliosis with intraspinal anomalies: management with growing rod. *Eur Spine J.* 2016;25:3301–3307. DOI: 10.1007/s00586-016-4566-5.
33. **Chiba T, Inami S, Moridaira H, Takeuchi D, Sorimachi T, Ueda H, Ohe M, Aoki H, Iimura T, Nohara Y, Taneichi H.** Growing rod technique with prior foundation surgery and sublaminar taping for early-onset scoliosis. *J Neurosurg Spine.* 2020;33:607–612. DOI: 10.3171/2020.4.SPINE2036.
34. **Bouthors C, Dukan R, Glorion C, Miladi L.** Outcomes of growing rods in a series of early-onset scoliosis patients with neurofibromatosis type 1. *J Neurosurg Spine.* 2020;33:373–380. DOI: 10.3171/2020.2.SPINE191308.
35. **Chen Z, Li S, Qiu Y, Zhu Z, Chen X, Xu L, Sun X.** Evolution of the postoperative sagittal spinal profile in early-onset scoliosis: is there a difference between rib-based and spine-based growth-friendly instrumentation? *J Neurosurg Pediatr.* 2017;20:561–566. DOI: 10.3171/2017.7.PEDS17233.
36. **Yang B, Xu L, Qiu Y, Wang M, Du C, Wang B, Zhu Z, Sun X.** Mismatch between proximal rod contour angle and proximal junctional angle: a risk factor associated with proximal junctional kyphosis after growing rods treatment for early-onset scoliosis. Preprint. 2020. DOI: 10.21203/rs.3.rs-129851/v1.
37. **Yehia MA, Soliman HAG, Sayed AM.** Dual growing rod technique for the treatment of early-onset scoliosis. *Life Sci J.* 2020;17:58–64. DOI:10.7537/marslsj170220.09.
38. **Helenius IJ, Oksanen HM, McClung A, Pawelek JB, Yazici M, Sponseller PD, Emans JB, Sanchez Perez-Grueso FJ, Thompson GH, Johnston C, Shah SA, Akbarnia BA.** Outcomes of growing rod surgery for severe compared with moderate early-onset scoliosis: a matched comparative study. *Bone Joint J.* 2018;100-B:772–779. DOI: 10.1302/0301-620X.100B6.BJJ-2017-1490.R1.
39. **Chang WC, Hsu KH, Feng CK.** Pulmonary function and health-related quality of life in patients with early onset scoliosis after repeated traditional growing rod procedures. *J Child Orthop.* 2021;15:451–457. DOI: 10.1302/1863- 2548.15.210021.
40. **Bachabi M, McClung A, Pawelek JB, El Hawary R, Thompson GH, Smith JT, Vitale MG, Akbarnia BA, Sponseller PD.** Idiopathic early-onset scoliosis: growing rods versus vertically expandable prosthetic titanium ribs at 5-year follow-up. *J Pediatr Orthop.* 2020;40:142–148. DOI: 10.1097/BPO.0000000000001202.
41. **Klyce W, Mitchell SL, Pawelek J, Skaggs DL, Sanders JO, Shah SA, McCarthy RE, Luhmann SJ, Sturm PF, Flynn JM, Smith JT, Akbarnia BA, Sponseller PD.** Characterizing use of growth-friendly implants for early-onset scoliosis: a 10-year update. *J Pediatr Orthop.* 2020;40:e740–e746. DOI: 10.1097/BPO.0000000000001594.
42. **Cobanoglu M, Yorgova P, Neiss G, Pawelek JB, Thompson GH, Skaggs DL, Jain VV, Akbarnia BA, Shah SA.** Prevalence of junctional kyphosis in early onset scoliosis: can it be corrected at final fusion? *Eur Spine J.* 2021;30:3563–3569. DOI: 10.1007/s00586-021-06968-0.
43. **Paloski MD, Sponseller PD, Akbarnia BA, Thompson GH, Skaggs DL, Pawelek JB, Nguyen PT, Odum SM.** Is there an optimal time to distract dual growing rods? *Spine Deform.* 2014;2:467–470. DOI: 10.1016/j.jspd.2014.08.002.
44. **Upasani VV, Parvareh KC, Pawelek JB, Miller PE, Thompson GH, Skaggs DL, Emans JB, Glotzbecker MP.** Age at initiation and deformity magnitude influence complication rates of surgical treatment with traditional growing rods in early-onset scoliosis. *Spine Deform.* 2016;4:344–350. DOI: 10.1016/j.jspd.2016.04.002.
45. **Larson AN, Baky EJ, St Hilaire T, Pawelek J, Skaggs DL, Emans JB, Pahys JM.** Spine deformity with fused ribs treated with proximal rib- versus spine-based growing constructs. *Spine Deform.* 2019;7:152–157. DOI: 10.1016/j.jspd.2018.05.011.
46. **Matsumoto H, Fields MW, Royce BD, Royce DP, Skaggs D, Akbarnia BA, Vitale MG.** Complications in the treatment of EOS: Is there a difference between rib vs. spine based proximal anchors? *Spine Deform.* 2021;9:247–253. DOI: 10.1007/s43390-020-00200-7.
47. **Waldhausen JHT, Redding G, White K, Song K.** Complications in using the vertical expandable prosthetic titanium rib (VEPTR) in children. *J Pediatr Surg.* 2016;51:1747–1750. DOI: 10.1016/j.jpedsurg.2016.06.014.
48. **Peiro-Garcia A, Bourget-Murray J, Suarez-Lorenzo I, Ferri-De-Barros F, Parsons D.** Early complications in vertical expandable prosthetic titanium rib and magnetically controlled growing rods to manage early onset scoliosis. *Int J Spine Surg.* 2021;15:368–375. DOI: 10.14444/8048.
49. **Upasani VV, Miller PE, Emans JB, Smith JT, Betz RR, Flynn JM, Glotzbecker MP.** VEPTR implantation after age 3 is associated with similar radiographic outcomes with fewer complications. *J Pediatr Orthop.* 2016;36:219–225. DOI: 10.1097/BPO.0000000000000431.

50. El-Hawary R, Samdani A, Wade J, Smith M, Heflin JA, Klatt JW, Vitale MG, Smith JT. Rib-based distraction surgery maintains total spine growth. J Pediatr Orthop. 2016;36:841–846. DOI: 10.1097/BPO.0000000000000567.
51. El-Hawary R, Kadhim M, Vitale M, Smith J, Samdani A, Flynn JM. VEPTR implantation to treat children with early-onset scoliosis without rib abnormalities: early results from a prospective multicenter study. J Pediatr Orthop. 2017;37:e599–e605. DOI: 10.1097/BPO.0000000000000943.
52. Studer D, Buchler P, Hasler CC. Radiographic outcome and complication rate of 34 graduates after treatment with vertical expandable prosthetic titanium rib (VEPTR): a single centre report. J Pediatr Orthop. 2019;39:e731–e736. DOI: 10.1097/BPO.0000000000000133.
53. Qiu C, Lott C, Agaba P, Cahill PJ, Anari JB. Lengthening less than 7 months leads to greater spinal height gain with rib-based distraction. J Pediatr Orthop. 2020;40:e747–e752. DOI: 10.1097/BPO.00000000000001625.
54. Heflin JA, Cleveland A, Ford SD, Morgan JV, Smith JT. Use of rib-based distraction in the treatment of early-onset scoliosis associated with neurofibromatosis type 1 in the young child. Spine Deform. 2015;3:239–245. DOI: 10.1016/j.jspd.2014.10.003.
55. Saarinen AJ. Safety and Quality of Surgical Treatment of Early Onset Scoliosis. Doctoral Dissertation, University of Turku, 2022.
56. Luhmann SJ, McCarthy RE. A comparison of Shilla Growth Guidance System and growing rods in the treatment of spinal deformity in children less than 10 years of age. J Pediatr Orthop. 2017;37:e567–e574. DOI: 10.1097/BPO.0000000000000751.
57. McCarthy RE, McCullough FL. Shilla Growth Guidance for early-onset scoliosis results after a minimum of five years of follow-up. J Bone Joint Surg Am. 2015;97:1578–1584. DOI: 10.2106/JBJS.N.01083.
58. Nazareth A, Skaggs DL, Illingworth KD, Parent S, Shah SA, Sanders JO, Andras LM. Growth guidance constructs with apical fusion and sliding pedicle screws (SHILLA) results in approximately 1/3rd of normal T1–S1 growth. Spine Deform. 2020;8:531–535. DOI: 10.1007/s43390-020-00076-7.
59. Hardesty CK, Huang RP, El-Hawary R, Samdani A, Hermida PB, Bas T, Balioglu MB, Gurd D, Pawelek J, McCarthy R, Zhu F, Luhmann S. Early-onset scoliosis: updated treatment techniques and results. Spine Deform. 2018;6:467–472. DOI: 10.1016/j.jspd.2017.12.012.
60. Wang S, Zhao Y, Yang Y, Lin G, Shen J, Zhao Y, Wu N, Zhuang Q, Du Y, Zhang J. Hybrid technique versus traditional dual growing rod technique to treat congenital early-onset scoliosis: a comparative study with more than 3 years of follow-up. J Neurosurg Spine. 2022;38:199–207. DOI: 10.3171/2022.8.SPINE22618.

Адрес для переписки:

Молотков Юрий Витальевич
 640014, Россия, Курган, ул. М. Ульяновой, 6,
 Национальный медицинский исследовательский центр
 травматологии и ортопедии им. акад. Г.А. Илизарова,
 m.d.molotkov@gmail.com

Address correspondence to:

Molotkov Yuri Vitalyevich
 Russian Ilizarov Scientific Center
 for Restorative Traumatology and Orthopaedics,
 6 M. Ulyanovoy str., Kurgan, 640014, Russia,
 m.d.molotkov@gmail.com

Статья поступила в редакцию 21.02.2024

Рецензирование пройдено 04.04.2024

Подписано в печать 18.04.2024

Received 21.02.2024

Review completed 04.04.2024

Passed for printing 18.04.2024

Юрий Витальевич Молотков, травматолог-ортопед, аспирант, Национальный медицинский исследовательский центр травматологии и ортопедии им. акад. Г.А. Илизарова, Россия, 640014, Курган, ул. М. Ульяновой, 6, ORCID: 0000-0003-3615-2527, m.d.molotkov@gmail.com;

Сергей Олегович Рябых, д-р мед. наук, заместитель директора по научной работе, руководитель отдела травматологии и ортопедии Научно-исследовательского клинического института педиатрии и детской хирургии им. акад. Ю.Е. Вельтищева, Российский национальный исследовательский медицинский университет им. Н.И. Пирогова, Россия, 125412, Москва, ул. Талдомская, 2; травматолог-ортопед, Клиника высоких медицинских технологий им. Н.И. Пирогова Санкт-Петербургского государственного университета, 190103, Россия, Санкт-Петербург, наб. р. Фонтанки, 154, ORCID: 0000-0002-8293-0521, rso_@mail.ru;

Алексей Владимирович Евсюков, канд. мед. наук, нейрохирург, руководитель клиники патологии позвоночника и редких заболеваний, Национальный медицинский исследовательский центр травматологии и ортопедии им. акад. Г.А. Илизарова, Россия, 640014, Курган, ул. М. Ульяновой, 6, ORCID: 0000-0001-8583-0270, alexevsukov@mail.ru;

Дмитрий Михайлович Савин, канд. мед. наук, травматолог-ортопед, заведующий травматолого-ортопедическим отделением № 9 клиники патологии позвоночника и редких заболеваний, Национальный медицинский исследовательский центр травматологии и ортопедии им. акад. Г.А. Илизарова, Россия, 640014, Курган, ул. М. Ульяновой, 6, ORCID: 0000-0002-4395-2103, savindm81@mail.ru;

Егор Юрьевич Филатов, канд. мед. наук, травматолог-ортопед, заведующий операционным блоком, младший научный сотрудник научной лаборатории клиники патологии позвоночника и редких заболеваний, Национальный медицинский исследовательский центр травматологии и ортопедии им. акад. Г.А. Илизарова, Россия, 640014, Курган, ул. М. Ульяновой, 6, ORCID: 0000-0002-3390-807X, filatov@ro.ru.

Yuri Vitalyevich Molotkov, orthopedic surgery fellow, Russian Ilizarov Scientific Center for Restorative Traumatology and Orthopaedics, 6 M. Ulyanovoy str., Kurgan, 640014, Russia, ORCID: 0000-0003-3615-2527, m.d.molotkov@gmail.com;

Sergey Olegovich Ryabykh, DMSc, orthopedic surgeon, Deputy Director for Science, Head of the Department of Traumatology and Orthopaedics, Veltishchev Research and Clinical Institute for Pediatrics and Pediatric Surgery of the Pirogov Russian National Research Medical University, 2 Taldomskaya str., Moscow, 125412, Russia; traumatologist-orthopedist, St. Petersburg University's Pirogov Clinic of High Medical Technologies, 154 Fontanka River Embankment, St. Petersburg, 190103, Russia, ORCID: 0000-0002-8293-0521, rso_@mail.ru;

Alexey Vladimirovich Evsyukov, MD, PhD, neurosurgeon, Head of the Clinic of Spine Pathology and Rare Diseases, Russian Ilizarov Scientific Center for Restorative Traumatology and Orthopaedics, 6 M. Ulyanovoy str., Kurgan, 640014, Russia, ORCID: 0000-0001-8583-0270, alexevsukov@mail.ru;
Dmitry Mikhailovich Savin, MD, PhD, traumatologist-orthopedist, Head of traumatologic-orthopedic department No. 9 of the Clinic of Spine Pathology and Rare Diseases, Russian Ilizarov Scientific Center for Restorative Traumatology and Orthopaedics, 6 M. Ulyanovoy str., Kurgan, 640014, Russia, ORCID: 0000-0002-4395-2103, savindm81@mail.ru;
Egor Yuryevich Filatov, MD, PhD, orthopedic surgeon, Head of the Operating Unit, junior researcher of Scientific Laboratory of the Clinic of Spine Pathology and Rare Diseases, Russian Ilizarov Scientific Center for Restorative Traumatology and Orthopaedics, 6 M. Ulyanovoy str., Kurgan, 640014, Russia, ORCID: 0000-0002-3390-807X, filatov@ro.ru.

**Новосибирский НИИ травматологии и ортопедии им. Я.Л. Цивьяна
проводит индивидуальное тематическое обучение на рабочем месте
в виде краткосрочных курсов повышения квалификации
по следующим циклам:**

1. Эндопротезирование и эндоскопическая хирургия суставов конечностей (80 ч).
2. Современная диагностика, консервативное и хирургическое лечение деформаций позвоночника детского возраста (144 ч).
3. Хирургия заболеваний и повреждений позвоночника (144 ч).
4. Дегенеративные заболевания позвоночника (80 ч).
5. Артроскопия плечевого сустава (80 ч).

**Занятия проводятся по мере поступления заявок.
После прохождения курсов выдается свидетельство о повышении квалификации.**

E-mail: niito@niito.ru

Тел.: 8 (383) 363-39-81



ВЕРТЕБРОГЕНЕЗ: ЧТО ДОБАВИЛИ ОТКРЫТИЯ XXI ВЕКА В КЛАССИЧЕСКОЕ ПОНИМАНИЕ ЭМБРИОГЕНЕЗА ПОЗВОНОЧНИКА ВОООЩЕ И КРАНИОВЕРТЕБРАЛЬНОЙ ЗОНЫ В ЧАСТНОСТИ? НАУЧНЫЙ ОБЗОР

И.М. Краснов¹, М.А. Мушкин², А.Ю. Мушкин^{2,3}

¹Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург, Россия

²Первый Санкт-Петербургский государственный медицинский университет
им. акад. И.П. Павлова, Санкт-Петербург, Россия

³Санкт-Петербургский НИИ фтизиопульмонологии, Санкт-Петербург, Россия

Представлены классические концепции эмбриогенеза позвоночника, дополненные современными данными о роли факторов межклеточного матрикса, специфических молекул клеточной адгезии, сигнальных молекул, Нох- и Рах-генов, позволяющие приблизиться к пониманию молекулярно-генетических каскадов, возможно, регулирующих развитие осевого скелета. Особое внимание уделено данным о влиянии указанных факторов на морфогенез краниовертебральной зоны и ее пороки, прежде всего, связанные с нарушениями сегментации.

Ключевые слова: вертеброгенез, эмбриогенез позвоночника, краниовертебральная зона.

Для цитирования: Краснов И.М., Мушкин М.А., Мушкин А.Ю. Вертеброгенез: что добавили открытия XXI века в классическое понимание эмбриогенеза позвоночника вообще и краниовертебральной зоны в частности? Научный обзор // Хирургия позвоночника. 2024. Т. 21. № 2. С. 81–89.

DOI: <http://dx.doi.org/10.14531/ss2024.2.81-89>.

VERTEBROGENESIS: WHAT THE DISCOVERIES OF THE 21ST CENTURY ADDED INTO THE CLASSICAL UNDERSTANDING OF THE EMBRYOGENESIS OF THE SPINE IN GENERAL AND OF THE CRANIOVERTEBRAL ZONE IN PARTICULAR? SCIENTIFIC REVIEW

I.M. Krasnov¹, M.A. Mushkin², A.Yu. Mushkin^{2,3}

¹St. Petersburg State University, St. Petersburg, Russia

²Pavlov First St. Petersburg State Medical University, St. Petersburg, Russia

³St. Petersburg Research Institute of Phthisiopulmonology, St. Petersburg, Russia

Classical concepts of embryogenesis of the spine, supplemented by modern data on the role of extracellular matrix factors, specific cell adhesion molecules, signaling molecules, and Hox and Pax genes are presented. They allow us to get closer to understanding the molecular genetic cascades possibly regulating the development of the axial skeleton. Particular attention is paid to the data on the influence of these factors on the morphogenesis of the craniovertebral zone and its defects, primarily associated with segmentation disorders.

Key Words: vertebrogenesis, embryogenesis of the spine, craniovertebral zone.

Please cite this paper as: Krasnov IM, Mushkin MA, Mushkin AYU. Vertebrogenesis: what the discoveries of the 21st century added into the classical understanding of the embryogenesis of the spine in general and of the craniovertebral zone in particular? Scientific review. Russian Journal of Spine Surgery (Khirurgiya Pozvonochnika). 2024;21(2):81–89. In Russian.

DOI: <http://dx.doi.org/10.14531/ss2024.2.81-89>.

Понимание механизмов эмбриогенеза позвоночника необходимо не только для объяснения разнообразия анатомических вариантов его развития, но и патологических процессов, которые могут развиваться на их фоне [1–4]. Среди всех отделов скелета человека краниовертебральное соч-

ленение (англ. craniovertebral junction, CVJ) обладает наиболее сложным диапазоном функций, обеспечивающих движения головы, защиту продолговатого мозга и краниальной части шейного отдела спинного мозга. Подобная функциональная уникальность требует особого развития формирующих CVJ

структур – затылочной кости, позвонков C₁, C₂ и относящихся к ним связок.

Цель исследования – представить современную концепцию эмбрионального развития позвоночника и возможные пути его регуляции в экспериментальной и потенциально практической вертебологии.

Современная концепция эмбриогенеза позвоночника

NB! При подготовке обзора не ставилась задача описания всех этапов формирования эмбриона, в связи с чем мы останавливаемся на тех, которые имеют принципиальное значение для вертеброгенеза.

Нормальное эмбриональное развитие позвоночника включает 6 последовательных, но перекрывающихся фаз.

1. *Фаза гаструляции, формирования сомитов и нотохорда.* В первые две недели после оплодотворения человеческий эмбрион через этапы клеточных делений и перестроек образует однослойный эмбриобласт, расщепляющийся на эпи- и гипобласт, затем преобразуемый в трехслойный зародыш. Для понимания ранних фаз вертеброгенеза принципиальным является приобретение клетками эмбриона пространственной вентрально-дорсальной и краниокаудальной полярности, маркером чего является формирование первичной полоски, узелка Гензена и удлиняющегося нотохорда, с двух сторон окружаемого сомитной мезодермой, из которой в последующем и происходит осевой скелет [1–3, 5–9].

2. *Конденсация сомитной мезодермы, образование сомитов.* Первые сомиты (конденсаты мезодермальных клеток) появляются в начале третьей недели эмбриогенеза в будущем шейном отделе. К началу закрытия развивающейся нервной трубки присутствуют до пяти черепных сомитов; образование последующих в рострально-каудальном направлении сопровождается одновременной волной нейруляции. Считается, что осевая спецификация позвонка определяется разной степенью экспрессии различных гомеотических генов (Нох-гены, homeobox genes) на соответствующем уровне, что получило название «Нох-профиль», и подконтрольных им факторов транскрипции (см. ниже). В итоге на четвертой неделе беременности прилежащая к нервной трубке и сегментам хорды параксиальная мезодерма образует до 42 сомитов:

4 затылочных, 8 шейных, 12 грудных, 5 поясничных, 5 крестцовых и 8–10 копчиковых [3, 10–15].

3. *Формирование склеротома и дермомиотома.* Регулируемая нотохордом и вентральной пластинкой дна нервной трубки дифференциация клеток сомита приводит к формированию его сегментов – медиального (склеротом, дает начало осевому скелету), наружного (дерматом, формирует дерму и подкожные ткани спины) и внутреннего (миотом, определяет разви-

тие миоцитов дорсальной мускулатуры туловища), экспрессирующих разные молекулярные маркеры: склеротом – Pax-1 и Pax-9, дермомиотом – Pax-3 и Pax-7, а также Myo-D и другие.

События фаз 1–3 эмбрионеза представлены на рис. 1.

Последующее развитие сомитов принято разделять на 3 последовательные фазы [3, 12, 16].

4. *Формирование мембранозного сомита и ресегментация.* На 5-й неделе беременности все сомиты,

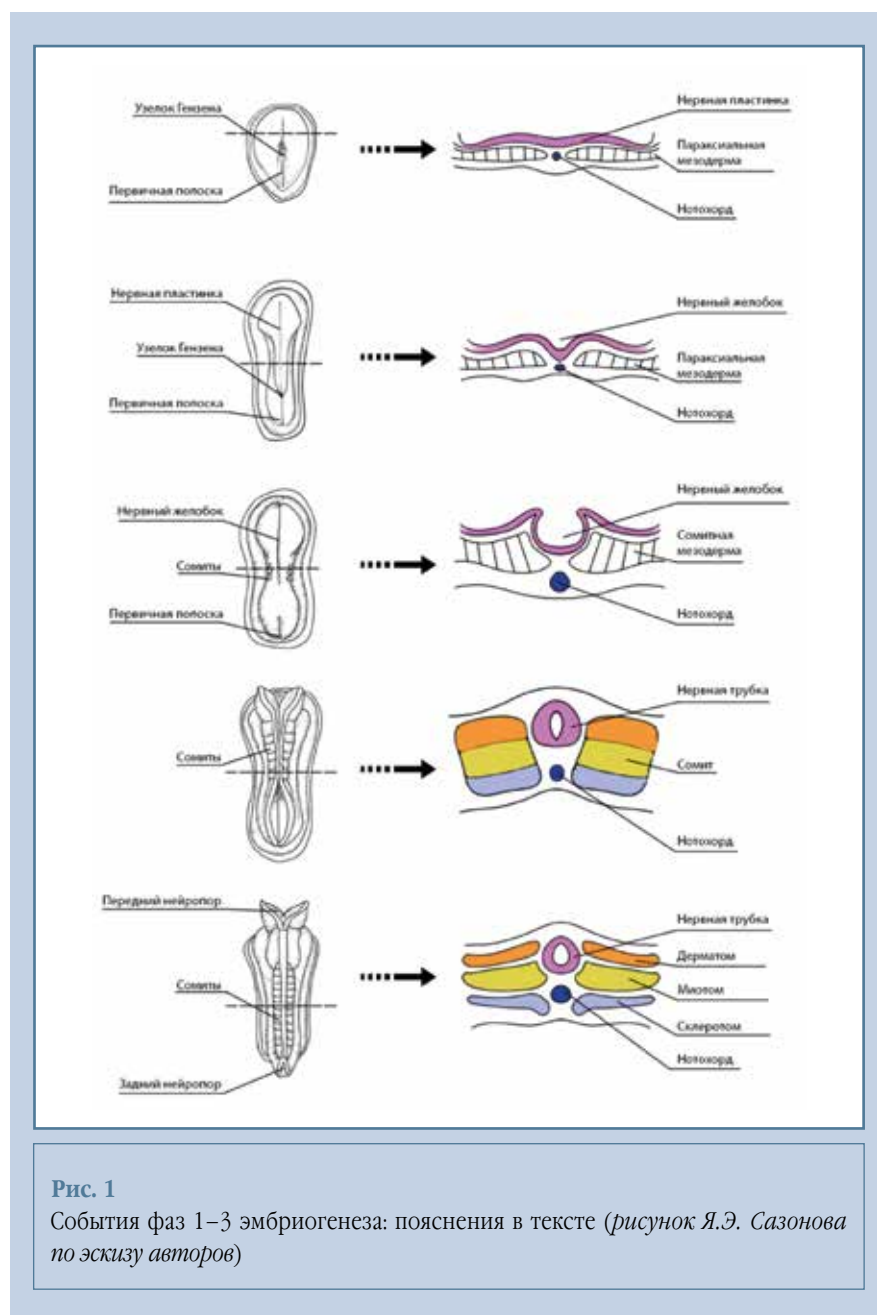


Рис. 1

События фаз 1–3 эмбриогенеза: пояснения в тексте (рисунок Я.Э. Сазонова по эскизу авторов)

за исключением нескольких краниальных, подвергаются реорганизации их рострально-каудальных границ – процессу ресегментации. При этом каждый склеротом делится на краниальную и каудальную половины, экспрессирующие разные наборы клеточных и молекулярных маркеров. Плотная каудальная часть склеротома соединяется с менее плотной краниальной частью нижележащего, образуя тело позвонка, не соответствующее исходной сегментации (этот процесс получил название «метамерный сдвиг»). Заполненная мезенхимой щель между новыми позвонками (щель фон Эбнера) превращается в межпозвонковые диски, в центре которых остается единственное образование, полностью происходящее из хорды, – пульпозное ядро. После метамерного сдвига спинно-мозговые нервы, первоначально вышедшие из нервной трубки, оказываются между прехрящевыми телами позвонков и, проникнув в центр склеротома, иннервируют сегментарные миотомы. Вблизи центра каждого прехрящевого тела позвонка формируются сегментарные артерии.

CVJ развивается из четвертого затылочного, а также первого и второго шейных склеротомов. Четвертый затылочный или так называемый переходный склеротом проатланта образуется в результате слияния каудальной половины четвертого сомита и ростральной – пятого (в отечественной литературе термином «проатлант» обычно обозначают кость между затылочной костью и позвонком C_1). На границе сегментации образуется линия разрыва, представляющая собой окончательное клеточное разделение черепа и позвоночника. Таким образом, из четвертого затылочного склеротома (4-й и 5-й сомиты) происходят мышелки и кондиллярные отростки, кольцо большого затылочного отверстия (БЗО), часть зуба C_2 , а также апикальная, крестообразная и крыловидная связки. Первый шейный склеротом (5-й и 6-й сомиты) дает начало всем составляющим атланта и большей части зуба C_2 ; второй шейный склеротом (6-й и 7-й сомиты) – осталь-

ной части второго шейного позвонка. В итоге из восьми шейных сомитов развиваются семь шейных позвонков (рис. 2) [3, 12, 16–19].

Сомиты 4–7 в процессе ресегментации образуют проатлант (ПА), первый (C_1) и второй (C_2) шейный склеротомы, межпозвонковые ободочные зоны ($МОЗ_{1-3}$), из которых, в свою очередь, формируются следующие анатомические образования:

- из ПА – скат затылочной кости (С), его передний бугорок (ПБС), базион (Б), затылочные мышелки (ЗМ), края БЗО (КБЗО), опистхон (О), а также верхушка зубовидного отростка C_2 (ВЗО);

- из C_1 – базальный сегмент зубовидного отростка C_2 (БСЗО), а также передняя дуга атланта C_1 (ПДА), его латеральные массы (ЛМА), верхние и нижние суставные поверхности (ВСПА и НСПА) и задняя дуга (ЗДА);

- из C_2 – тело эпистрофея (ТЭ), его верхние и нижние поверхности (ВСПЭ и НСПЭ);

- из $МОЗ_1$ – верхний синхондроз зубовидного отростка (ВСЗО);

- из $МОЗ_2$ – нижний синхондроз зубовидного отростка (НСЗО);

- из $МОЗ_3$ – первый межпозвонковый диск (МД).

5. Фаза хондрификации. Образование центров хондрификации, начиная с шестой недели эмбриогенеза в шейно-грудном отделе и распространяясь краниально и каудально, индуцируется секретируемыми веществами нотохорда и нервной трубки. Как правило, в каждом позвонке появляются три парных центра хондрификации: вентральные (тело позвонка) окружают нотохорд вентральное нервной трубки; дорсальные формируют задние дуги и остистые отростки; третьи (межуточные) развиваются между дорсальной и вентральной парами, формируя поперечные отростки и реберные дуги. Вентральные центры появляются раньше дорсальных, при этом кольцо межпозвонкового диска формируется из сгущающихся вокруг нотохорда клеток в то время, как его физалиформные клетки образуют центрально расположенное

студенистое ядро. Передняя и задняя продольные связки (ALL и PLL) формируются на этом же этапе из окружающих хрящевые позвонки мезенхимных клеток [3, 16].

6. Фаза оксификации. Окостенение позвонков начинается на восьмой-девятой неделе эмбриогенеза и продолжается после рождения. Оксификация центров в телах позвонков происходит немного раньше окостенения дорсальной дуги, начинается в грудно-поясничном отделе ($Th_{10}-L_1$), быстро распространяется краниально до Th_2 и каудально до L_4 ; более краниальные и каудальные позвонки вовлекаются позже. В свою очередь, окостенение дорсальных дуг начинается одновременно от C_1 до L_1 и продолжается в краниокаудальном направлении. Все центры окостенения становятся видимыми к 14 неделям беременности [3, 16, 20].

Краниально и каудально от вентральных центров окостенения дифференцируются хрящевые замыкательные пластинки, на периферии которых между межпозвонковым диском и расширяющимся центром окостенения позвонка находится эллипсоидный кольцевой апофиз с относительно более прочной латеральной и вентральной частями. Вторичные центры окостенения в апофизах, верхушках остистых и поперечных отростков развиваются лишь к 11–14 годам после рождения, к 15–16 годам они сливаются. Полное срастание первичных и вторичных центров окостенения происходит в старшем подростковом возрасте.

В итоге основные периоды вертеброгенеза можно представить следующим образом (табл. 1).

Вклад открытий XXI века в понимание врожденной и наследственной вертебральной патологии

Достижения эмбриологии и молекулярной генетики помогли приблизиться к пониманию механизмов кодирования генетических программ и их зависимости от факторов микроокружения. Сведения о биохимиче-

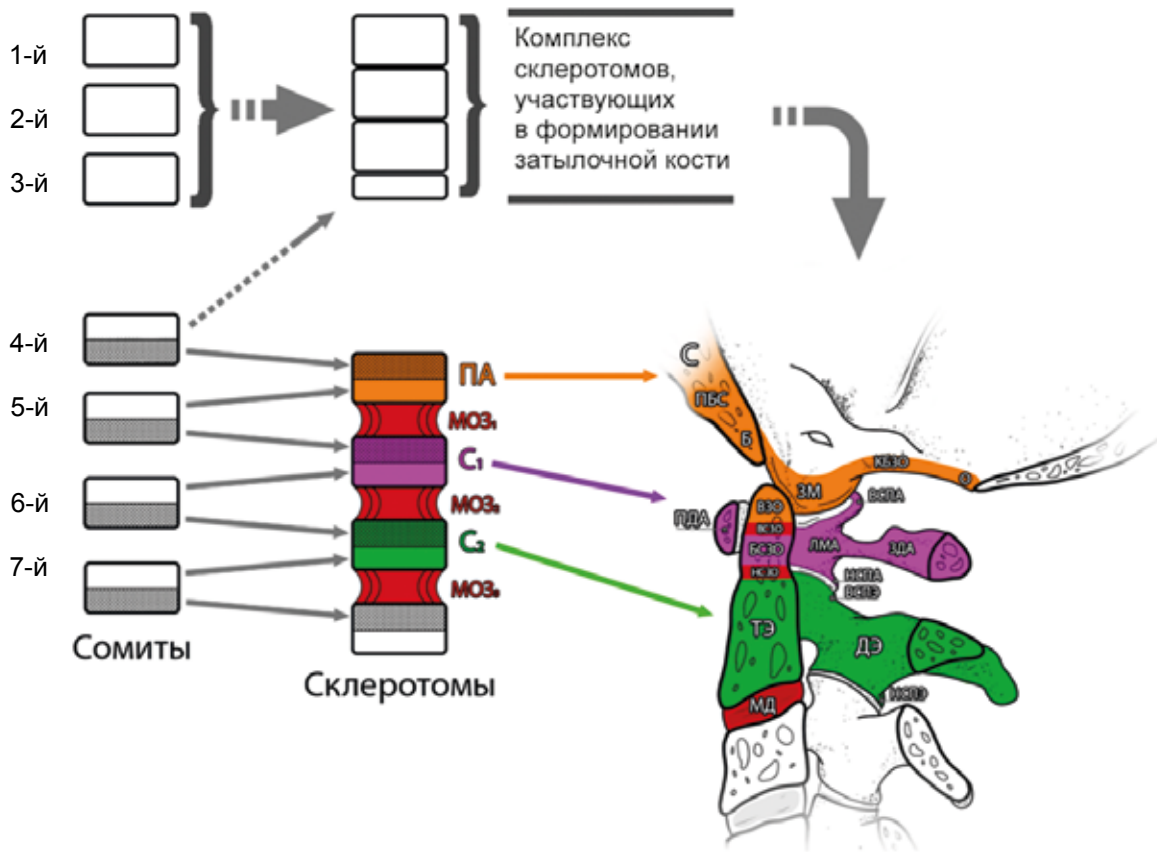


Схема распределения сомитов в результате ресегментации (рисунки Я.Э. Сазонова по эскизу авторов)

Детерминированные периоды пренатального и постнатального вертеброгенеза

Пренатальные фазы вертеброгенеза	
Сомитизация параксиальной мезодермы	4-я неделя
Формирование мембранозного сомита и ресегментация	5-я неделя
Появление центров хондрификации	6-я неделя
Начало оксификации позвонков (появление ядер окостенения)	8—9-я неделя
Визуализация всех центров окостенения позвоночника	14-я неделя
Постнатальные фазы вертеброгенеза	
Появление ядра окостенения зуба С ₂	3 года
Слияние зубовидного отростка и тела С ₂ позвонка, полное окостенение зуба	4—6 лет
Слияние ядра окостенения зуба и зубовидного отростка С ₂	6 лет
Появление очагов оксификации замыкательных пластинок тел позвонков	11—14 лет
Слияние очагов оксификации замыкательных пластинок тел позвонков	15 лет
Слияние первичных и вторичных центров окостенения позвоночника	15—16 лет
Завершение постнатального формирования костных компонентов шейного отдела позвоночника, синостозирование апофизов тел позвонков	14—17 лет

ских градиентах, морфогенах, механических силах, клеточной миграции и клеточной адгезии формируют общую концепцию эмбриогенеза врожденных аномалий позвоночника, в том числе зоны краниовертебрального перехода [12, 19].

Молекулы морфогенеза. Основной гисто- и органогенеза являются снижение плюрипотентности клеток и дифференцировка клеточных линий, обеспечивающие с первых клеточных делений позиционную информацию и биохимическую специфичность клеток [21]. При этом морфогенез определяется ограниченным набором процессов деления, изменения формы, состава, миграции и роста клеток. Влияющим на эти процессы считается внеклеточный матрикс (extracellular matrix, ECM), представляющий высокоорганизованную совокупность коллагена, протеогликанов и других макромолекул.

Согласно концепции системы движения, на стадии дифференцировки в результате взаимодействия с ним клетки приобретают морфофункциональную полярность, способность диффундировать в соответствующие области эмбриона и образовывать с помощью молекул клеточной адгезии специфические ассоциации [22–25].

Помимо распознавания сигналов ECM, коммуникация мигрирующих клеток осуществляется также сигнальными молекулами дальнего действия – морфогенами, которые благодаря градиенту концентрации регулируют дифференциальную экспрессию генов и контролируют спецификацию клеток в тканях. Молекулы морфогена высвобождаются из локального, но динамичного источника, собираются вместе и/или с другими молекулами и благодаря ограниченной диффузии движутся через внеклеточную среду. Форма градиента определяется интенсивностью выделения, диффузионной способностью морфогена и кинетикой его клиренса в тканях-мишенях. Взаимодействуя с гепарансульфат-протеогликанами (heparan sulfate proteoglycans, HSPG) и другими

внеклеточными белками, морфогены привязываются к поверхности клетки, влияя на их транспортировку и рецепцию. Линейный перенос морфогена может влиять на внутриклеточные сигнальные пути, что приводит к ступенчатой активации эффекта транскрипции (считывания), являющегося частью реакции целевого гена на концентрацию и продолжительность воздействия морфогена. Таким образом, гены-мишени регулируются не только благодаря сигнальному пути морфогена, но и с помощью ранее существовавших факторов и перекрестных взаимодействий. Механизмы обратной связи уравнивают колебания продукции морфогенов, влияют на интерпретацию сигналов и масштабируют формирование опосредованного ими паттерна [26–28].

Ключевые гены, регулирующие вертеброгенез. Считается, что решающую роль в контроле развития краниоцервикального соединения играют гены, относящиеся к гомеобоксу (Нох) и парному боксу (Рах) [29].

Нох-гены участвуют в создании молекулярной системы координат, определяющей основной план строения эмбриона. Исследования функций кодируемых Нох-генами белков показали, что они участвуют в дифференцировке клеток и развитии органов, даже во взрослом возрасте участвуя в гемопоэзе, создании нейронных цепей и регенерации тканей [30–34]. Нох-белки связаны с широким спектром патологий, развивающихся на фоне мутаций или неправильной регуляции [35, 36], в том числе трансформацией позвонков: так, у мышей избыточная экспрессия Нох-7 приводит к задней транслокации шейных позвонков, в результате чего последние затылочные сомиты вместо формирования затылочной кости образуют aberrantную кость – проатлант. Истинный атлант вместо этого образуется с полным телом позвонка [3].

Все Рах-гены у позвоночных содержат высококонсервативную последовательность ДНК, называемую «paired box». Кодируемые Рах-белки, часто называемые главными регуляторами,

являются тканеспецифичными факторами транскрипции, на протяжении клеточной дифференцировки управляющими развитием, структурированием и функцией тканей в органах посредством поддержания идентичности клеток. Несмотря на изученную функцию Рах-белков при развитии аномалий, роль их изоформ в эмбриогенезе краниовертебральной патологии продолжает изучаться [37–39].

Ключом к пониманию анатомии пороков развития позвонков может служить регуляция механизмов сегментации: если Нох-гены определяют рострально-каудальную идентичность клеток внутри сомитов после первичной сегментации, то экспрессия Рах-1 играет центральную роль в ресегментации, влияя на клеточное разделение между тканями [40]. Из девяти известных Рах-генов все, кроме Рах-1 и -9, участвуют в развитии центральной нервной системы. Указанные исключения, особенно Рах-1, контролируют формирование границ между тканями (клеточными популяциями): предположительно, он кодирует фактор транскрипции благодаря регуляции молекул, экспрессируемых разными популяциями поверхностных клеток [41, 42], необходимых для ресегментации молекул клеточной адгезии (таких, как NCAM (цитотактин)) и межклеточной коммуникации (таких, как коннексины) [41, 43–46]. При этом действие Рах-1 на содержащую мезенхиму будущего межпозвонкового диска межпозвонковую пограничную зону (intervertebral boundary zone, IBZ) помогает зонированию (сегрегации) склеротомов.

Экспрессия Рах-1 обнаруживается в предварительно дифференцированных сомитах очень рано: опосредованные белком SHH (Sonic Hedgehog) сигналы от хорды и вентральной пластинки дна нервной трубки индуцируют деление сомита на склеротом и дермомиотом, что совпадает с интенсивной экспрессией Рах-1 вентральной части склеротома, указывая на его роль в дорсовентральной спецификации сомитов [47, 48]. После дифференцировки сомита экс-

прессия Pax-1 отмечается как в латеральных, так и в аксиальных склеротомах, где его колебания совпадают с критическими событиями ресегментации. Например, во время конденсации в склеротоме рыхлой и плотной половин экспрессия Pax-1 слаба в рыхлоклеточных зонах предпозвонков, но интенсивна в пределах IBZ [41, 48]. Позже, в период хондрификации и образования гомогенного тела позвонка, Pax-1 репрессируется, но сохраняется на высоких уровнях в межтеловых зонах, где происходит разделение центров до тех пор, пока не начинается формирование межпозвонкового диска. Уровень Pax-1 также повышается во время конденсации латерального склеротома с образованием нервной дуги [48–51].

Напротив, нормальное слияние некоторых соседних склеротомов происходит только тогда, когда экспрессия Pax-1 исключена. В CVJ куриных эмбрионов репрессия Pax-1 синхронизирована с моментом слияния затылочных склеротомов в базиоципитальный. Слияние двух зачатков зуба C₂ с его телом совпадает со снижением регуляции гена Pax-1, в то время как эктопическая экспрессия Pax-1 нарушает формирование зубовидного отростка и основания затылочной кости [48, 51]. Pax-1 высоко экспрессируется в переходной зоне между проатлантом и первым шейным склеротомом. Таким образом, он может играть роль в сегментарном отделении головы от туловища. Волнистые мутанты Pax-1 у мышей ассоциируются с множественным слиянием тел позвонков и слиянием зубовидного отростка с передней дугой атланта, что напоминает синдром Клиппеля – Фейля у человека [51, 52].

Вполне возможно, что дефекты гипер- и гипосегментации у людей могут быть объяснены чрезмерной или недостаточной экспрессией Pax-1 в определенные периоды развития позвонков. Под контролем Pax- и Нох-генов гипоцентр проатланта образует передний бугорок ската, тогда как его центр – вершину зуба и апикальную связку. Нервная дуга делится

на вентрально-роstralный сегмент, формирующий затылочные мышечки, передний край БЗО, крыловидные и крестообразные связки, и дорсально-каудальный, который образует заднюю дугу и латеральные массы атланта [12, 39]. На ранней стадии развития плотная полоска соединительной ткани образует вентральное каждого сегмента позвонка дугу. Связанная с проатлантом гипохордальная дуга обычно регрессирует, а та, которая связана с первым шейным сомитом, способствует формированию передней дуги C₁ [12, 53, 54].

Мезодерма и эктодерма участвуют в развитии задней черепной ямки и росте частей черепа, расположенных впереди от хорды [55], в то время как части, расположенные каудальнее спинки седла, имеют позвоночное, в том числе хордальное (*chorda dorsalis*) происхождение [56]. Для ската характерен эндохондральный остеогенез – то есть исходное образование хряща с последующей его реабсорбцией и оссификацией [57]. В процессе развития нотохорд выходит из основания черепа на наружную поверхность будущего ската, где образуются иррегулярные отростки [56]. В *os basisphenoidale* хорда достигает каудальной части гипофиза, где начинается развитие основание черепа [58]. Мозг окружается толстой массой мезэнхимы, охватывающей хорду и формирующей скат и спинку седла [59]. Эти механизмы полностью объясняют склонность к формированию в этой зоне таких опухолей, как хордомы и хондромы/хондросаркомы.

Ген Pax-1 также участвует в формировании такого порока, как срединный (третий) затылочный мышцелок (так называемый *condylus tertius*) – расположенный впереди от БЗО остатка затылочного позвонка, иногда срастающийся с зубом или атлантом и ограничивающий движения CVJ [53]. В свою очередь, с атланто-осевой нестабильностью ассоциируется гипоплазия затылочных мышцелков и *condylus tertius*, сопровождающаяся не только сохранением проатлан-

та, но и гипоплазией зубовидного отростка, стенозом БЗО и шейного отдела позвоночного канала, компрессией продолговатого мозга и позвоночной артерии, слабостью поперечных связок [54].

Группы молекул, участвующих в вертеброгенезе. Достижения молекулярной генетики последних 20 лет позволили приблизиться к пониманию молекулярно-генетических сигнальных каскадов, имеющих решающее значение в развитии осевого скелета. Благодаря Williams et al. [60] удалось выделить группы генов и белков, участвующих в процессах эмбрионального вертеброгенеза, и характерные заболевания, обусловленные нарушением деятельности соответствующих молекул. Так, при синдроме Клиппеля – Фейля, характеризующемся прежде всего нарушением сегментации шейных позвонков, ряд авторов выделяет мезэнхимальный гомеобокс Meox-1 (*Mesenchyme Homeobox-1*) как один из пусковых агентов дифференцировки склеротома [61], с которым взаимодействуют Pax-1 и Pax-9, индуцируя экспрессию Varx-1 [60, 62, 63]. Активация механизма положительной обратной связи Varx1-Sox-9 позволяет склеротому реагировать на передачу костными морфогенными белками (*bone morphogenetic protein*, BMP) сигналов для дифференцировки хондроцитов [64–66]. Таким образом, Varx-1 имеет решающее значение для их формирования при развитии тел позвонков и межпозвонковых дисков [67, 68]. Pang и Thompson называют Pax-1 геном ресегментации [40]. Среди молекулярных маркеров аномалии критически важными считаются отражающие полярность склеротома ростральные (*Mesp-2* и *Tbx-18*) и каудальные (*Ripply-1* и *-2*, *Uncx-4.1* и *Pax-1/9*) [69–71]. Идентификация мутаций в гене GDF6 при синдроме Клиппеля – Фейля предполагает его важную роль в сегментации позвонков [72, 73].

Примеры некоторых процессов и регулирующих их агентов представлены в табл. 2.

Таблица 2

Некоторые сигнальные молекулы, контролирующие фазы эмбрионального вертеброгенеза

Сигнальные молекулы	Ключевой подконтрольный процесс
Рах-1, SHH	Дифференцировка сомита
Меох-1, Рах-1, Рах-9, Варх-1, Sox-9, BMP	Дифференцировка склеротома
TBX-18, UNCX-4.1, GDF-6, Mesp-2, Ripply-1/2, Рах-1/9	Ресегментация

Заключение

Посвященные регуляции эмбриогенеза классические эксперименты конца прошлого столетия в начале наступившего были дополнены выделением групп молекулярных маркеров и генов, ответственных за образование определенных анатомических структур и их патологии. Краниовертебральная зона как анатомически наиболее сложная

из всех отделов осевого скелета может стать объектом изучения фундаментальных механизмов патологического вертеброгенеза и возможностей его регуляции.

Новые знания могут не только приблизить к направленному созданию экспериментальных моделей врожденных пороков осевого скелета, но и стать основой для таргетных способов влияния на такие состояния,

как первичные аномалии сегментации позвонков и ребер, их вторичное (в том числе послеоперационное) синостозирование, а также формирование послеоперационного костного блока. Таким образом, они могут иметь неожиданные прикладные эффекты, что с учетом стремительного накопления научных знаний может стать одним из направлений вертебрологии в будущем.

Исследование не имело спонсорской поддержки. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Проведение исследования одобрено локальными этическими комитетами учреждений. Все авторы внесли существенный вклад в проведение исследования и подготовку статьи, прочли и одобрили финальную версию перед публикацией.

Литература/References

1. Menezes AH, Ryken TC, Brockmeyer DL. Abnormalities of the craniocervical junction. In: McClone DG, ed. Pediatric Neurosurgery: Surgery of the Developing Nervous System. 4th ed. Philadelphia: WB Saunders. 2001:400–422.
2. O’Rahilly R, Meyer DB. The timing and sequence of events in the development of the human vertebral column during the embryonic period proper. Anat Embryol (Berl). 1979;157:167–176. DOI: 10.1007/BF00305157.
3. Brockmeyer DL. Advanced Pediatric Craniocervical Surgery. 1th ed. Thieme, 2006:1–30.
4. Ульрих Э.В., Мушкин А.Ю., Губин А.В. Вертебральная патология в синдромах. Новосибирск, 2016. [Ulrikh EV, Mushkin AYU, Gubin AV. Vertebral Pathology in Syndromes. Novosibirsk, 2016].
5. Modak SP. [Experimental analysis of the origin of the embryonic endoblast in birds]. Rev Suisse Zool. 1966;73:877–908. In French.
6. Nicolet G. [An autoradiographic study of the presumptive fate of the primitive streak in chick embryos]. J Embryol Exp Morphol 1970;23:70–108. In French.
7. Nicolet G. Avian gastrulation. Adv Morphog 1971;9:231–262. DOI: 10.1016/B978-0-12-028609-6.50019-8.
8. Rosenquist GC. A radioautographic study of labeled grafts in the chick blasto-derm: development from primitive-streak stages to stage 12. Contrib Embryol. 1966;38(262):71–110.
9. Vakaet L. Some new data concerning the formation of the definitive endoblast in the chick embryo. J Embryol Exp Morphol 1962;10:38–57.
10. Bagnall KM, Sanders EJ, Higgins SJ, Leam H. The effects of somite removal on vertebral formation in the chick. Anat Embryol (Berl). 1988;178:183–190. DOI: 10.1007/BF02463652.
11. Flint OP, Ede DA, Wilby OK, Proctor J. Control of somite number in normal and amputated mutant mouse embryos: an experimental and a theoretical analysis. J Embryol Exp Morphol. 1978;45:189–202.
12. Menezes AH. Craniocervical developmental anatomy and its implications. Childs Nerv Syst. 2008;24:1109–1122. DOI: 10.1007/s00381-008-0600-1.
13. Muller F, O’Rahilly R. Somitic-vertebral correlation and vertebral levels in the human embryo. Am J Anat 1986;177:3–19. DOI: 10.1002/aja.1001770103.
14. Parke WW. Development of the spine. In: Herkowitz HN, Garfin SR, Balderston RA, Eismont FJ, Bell GR, Wiesel SW, eds. Rothman-Simeone the Spine. 4th ed. Philadelphia: WB Saunders. 1999:3–27.
15. Tam PP. The control of somitogenesis in mouse embryos. J Embryol Exp Morphol. 1981;65Suppl:103–128.
16. Menezes AH. Embryology, development, and classification of disorders of the craniovertebral junction. In: Bambakidis NC, Dickman CA, Spetzler RF, Sonntag VKH, eds. Surgery of the Craniovertebral Junction. Thieme Medical Publishers, 2013:3–12.
17. Choi KS, Cohn MJ, Harfe BD. Identification of nucleus pulposus precursor cells and notochordal remnants in the mouse: implications for disk degeneration and chordoma formation. Dev Dyn. 2008;237:3953–3958. DOI: 10.1002/dvdy.21805.
18. Slipka J, Tonar Z. Outlines of Embryology. 2nd ed. Charles University in Prague, Karolinum Press, 2019.
19. Flynn JM, Weinstein S, eds. Lovell and Winter’s Pediatric Orthopaedics. 8th ed. LWW, 2020.
20. Садюфьева В.И. Нормальная рентгеноанатомия костно-суставной системы детей. Л., 1990. [Sadofieva VI. Normal X-ray Anatomy of the Osteoarticular System in Children. Leningrad, 1990].
21. Wolpert L. Positional information and pattern formation. Philos Trans R Soc Lond B Biol Sci. 1981;295:441–450. DOI: 10.1098/rstb.1981.0152.
22. Loganathan R, Rongish BJ, Smith CM, Filla MB, Czirok A, Benazeraf B, Little CD. Extracellular matrix motion and early morphogenesis. Development. 2016;143:2056–2065. DOI: 10.1242/dev.127886.
23. Saiyin W, Li L, Zhang H, Lu Y, Qin C. Inactivation of FAM20B causes cell fate changes in annulus fibrosus of mouse intervertebral disc and disc defects via the alter-

- ations of TGF- and MAPK signaling pathways. *Biochim Biophys Acta Mol Basis Dis.* 2019;1865:165555. DOI: 10.1016/j.bbdis.2019.165555.
24. Shi DL. Planar cell polarity regulators in asymmetric organogenesis during development and disease. *J Genet Genomics.* 2023;50:63–76. DOI: 10.1016/j.jgg.2022.06.007.
 25. Simonova OB, Burdina NV. [Morphogenetic movement of cells in embryogenesis of *Drosophila melanogaster*: mechanism and genetic control]. *Ontogenez.* 2009;40(5):355–372. In Russian.
 26. Ashe HL, Briscoe J. The interpretation of morphogen gradients. *Development.* 2006;133:385–394. DOI: 10.1242/dev.02238.
 27. Rogers KW, Schier AF. Morphogen gradients: from generation to interpretation. *Annu Rev Cell Dev Biol.* 2011;27:377–407. DOI: 10.1146/annurev-cellbio-092910-154148.
 28. Barresi MJF, Gilbert SF. **Developmental Biology.** Oxford University Press, 2020. 758 p.
 29. Zeoli T, Iwanaga J, Bui CJ, Dumont AS, Tubbs RS. Duplication of the odontoid process with other congenital defects of the craniocervical junction: case report and review of the literature. *Anat Cell Biol.* 2020;53:522–526. DOI: 10.5115/acb.20.189.
 30. Collins EM, Thompson A. HOX genes in normal, engineered and malignant hematopoiesis. *Int J Dev Biol.* 2018;62:847–856. DOI: 10.1387/ijdb.180206at.
 31. Gofflot F, Lizen B. Emerging roles for HOX proteins in synaptogenesis. *Int J Dev Biol.* 2018;62:807–818. DOI: 10.1387/ijdb.180299fg.
 32. Philippidou P, Dasen JS. Hox genes: choreographers in neural development, architects of circuit organization. *Neuron.* 2013;80:12–34. DOI: 10.1016/j.neuron.2013.09.020.
 33. Roux M, Zaffran S, Zappavigna V, Conway SJ. Hox genes in cardiovascular development and diseases. *J Dev Biol.* 2016;4:14. DOI: 10.3390/jdb4020014.
 34. Schiedlmeier B, Santos AC, Ribeiro A, Moncaut N, Lesinski D, Auer H, Kornacker K, Ostertag W, Baum C, Mallo M, Klump H. HOXB4's road map to stem cell expansion. *Proc Natl Acad Sci USA.* 2007;104:16952–16957. DOI: 10.1073/pnas.0703082104.
 35. Shah N, Sukumar S. The Hox genes and their roles in oncogenesis. *Nat Rev Cancer.* 2010;10:361–371. DOI: 10.1038/nrc2826.
 36. Tischfield MA, Bosley TM, Salih MA, Alorainy IA, Sener EC, Nester MJ, Oystreck DT, Chan WM, Andrews C, Erickson RP, Engle EC. Homozygous HOXA1 mutations disrupt human brainstem, inner ear, cardiovascular and cognitive development. *Nat Genet.* 2005;37:1035–7. DOI: 10.1038/ng1636.
 37. Dahl E, Koseki H, Balling R. Pax genes and organogenesis. *Bioessays.* 1997;19:755–765. DOI: 10.1002/bies.950190905.
 38. Deutsch U, Dressler GR, Gruss P. Pax 1, a member of a paired box homologous murine gene family, is expressed in segmented structures during development. *Cell.* 1988;53:617–625. DOI: 10.1016/0092-8674(88)90577-6.
 39. Menezes AH, Fenoy KA. Remnants of occipital vertebrae: proatlal segmentation abnormalities. *Neurosurgery.* 2009;64:945–954. DOI: 10.1227/01.NEU.0000345737.56767.B8.
 40. Pang D, Thompson DN. Embryology and bony malformations of the craniovertebral junction. *Childs Nerv Syst.* 2011;27:523–564. DOI: 10.1007/s00381-010-1358-9.
 41. Smith CA, Tuan RS. Human PAX gene expression and development of the vertebral column. *Clin Orthop Relat Res.* 1994;(302):241–250.
 42. Wallin J, Mizutani Y, Imai K, Miyashita N, Moriaki K, Taniguchi M, Koseki H, Balling R. A new Pax gene, Pax-9, maps to mouse chromosome 12. *Mamm Genome.* 1993;4:354–358. DOI: 10.1007/BF00360584.
 43. Pedrosa AE, de Azevedo GBL, Cardoso JV, Guimar es JAM, Defino HLA, Perini JA. Polymorphisms in paired box 1 gene were associated with susceptibility of adolescent idiopathic scoliosis: A case-control study. *J Craniovertebr Junction Spine.* 2022;13:318–324. DOI: 10.4103/jcvjs.jcvjs_54_22.
 44. Jones FS, Chalepakis G, Gruss P, Edelman GM. Activation of the cytactin promoter by the homeobox-containing gene *Evx-1*. *Proc Natl Acad Sci USA.* 1992;89:2091–2095. DOI: 10.1073/pnas.89.6.2091.
 45. Jones FS, Prediger EA, Bittner DA, De Robertis EM, Edelman GM. Cell adhesion molecules as targets for Hox genes: neural cell adhesion molecule promoter activity is modulated by cotransfection with *Hox-2.5* and *-2.4*. *Proc Natl Acad Sci USA.* 1992;89:2086–2090. DOI: 10.1073/pnas.89.6.2086.
 46. Musil LS, Goodenough DA. Gap junctional intercellular communication and the regulation of connexin expression and function. *Curr Opin Cell Biol.* 1990;2:875–880. DOI: 10.1016/0955-0674(90)90086-t.
 47. Koseki H, Wallin J, Wilting J, Mizutani Y, Kispert A, Ebensperger C, Herrmann BG, Christ B, Balling R. A role for Pax-1 as a mediator of notochordal signals during the dorsoventral specification of vertebrae. *Development.* 1993;119:649–660. DOI: 10.1242/dev.119.3.649.
 48. Wilting J, Ebensperger C, Mller TS, Koseki H, Wallin J, Christ B. Pax-1 in the development of the cervico-occipital transitional zone. *Anat Embryol (Berl).* 1995;192:221–227. DOI: 10.1007/BF00184746.
 49. Dietrich S, Gruss P. Undulated phenotypes suggest a role of Pax-1 for the development of vertebral and extravertebral structures. *Dev Biol.* 1995;167:529–548. DOI: 10.1006/dbio.1995.1047.
 50. Dietrich S, Schubert FR, Gruss P. Altered Pax gene expression in murine notochord mutants: the notochord is required to initiate and maintain ventral identity in the somite. *Mech Dev.* 1993;44:189–207. DOI: 10.1016/0925-4773(93)90067-8.
 51. Wallin J, Wilting J, Koseki H, Fritsch R, Christ B, Balling R. The role of Pax-1 in axial skeleton development. *Development.* 1994;120:1109–1121. DOI: 10.1242/dev.120.5.1109.
 52. Stapleton P, Weith A, Urb nek P, Kozmik Z, Busslinger M. Chromosomal localization of seven PAX genes and cloning of a novel family member, PAX-9. *Nat Genet.* 1993;3:292–298. DOI: 10.1038/ng0493-292.
 53. Rao PV. Median (third) occipital condyle. *Clin Anat.* 2002;15:148–151. DOI: 10.1002/ca.1111.
 54. Tubbs RS, Lingo PR, Mortazavi MM, Cohen-Gadol AA. Hypoplastic occipital condyle and third occipital condyle: review of their dysembryology. *Clin Anat.* 2013;26:928–932. DOI: 10.1002/ca.22205.
 55. Di Ieva A, Bruner E, Haider T, Rodella LF, Lee JM, Cusimano MD, Tschabitscher M. Skull base embryology: a multidisciplinary review. *Childs Nerv Syst.* 2014;30:991–1000. DOI: 10.1007/s00381-014-2411-x.
 56. Hofmann E, Prescher A. The clivus: anatomy, normal variants and imaging pathology. *Clin Neuroradiol.* 2012;22:123–139. DOI: 10.1007/s00062-011-0083-4.
 57. Sajisevi M, Hoang JK, Eapen R, Jang DW. Nasopharyngeal masses arising from embryologic remnants of the clivus: a case series. *J Neurol Surg Rep.* 2015;76:e253–257. DOI: 10.1055/s-0035-1564603.
 58. Kawase T, Shiobara R, Ohira T, Toya S. Developmental patterns and characteristic symptoms of petroclival meningiomas. *Neurol Med Chir (Tokyo).* 1996;36:1–6. DOI: 10.2176/nmc.36.1.
 59. Rai R, Iwanaga J, Shokouhi G, Loukas M, Mortazavi MM, Oskouian RJ, Tubbs RS. A comprehensive review of the clivus: anatomy, embryology, variants, pathology, and surgical approaches. *Childs Nerv Syst.* 2018;34:1451–1458. DOI: 10.1007/s00381-018-3875-x.
 60. Williams S, Alkhatib B, Serra R. Development of the axial skeleton and intervertebral disc. *Curr Top Dev Biol.* 2019;133:49–90. DOI: 10.1016/bs.ctdb.2018.11.018.
 61. Zhao J, Li S, Trilok S, Tanaka M, Jokubaitis-Jameson V, Wang B, Niwa H, Nakayama N. Small molecule-directed specification of sclerotome-like chondroprogenitors and induction of a somitic chondrogenesis program from embryonic stem cells. *Development.* 2014;141:3848–3858. DOI: 10.1242/dev.105981.

62. **Rodrigo I, Bovolenta P, Mankoo BS, Imai K.** Meox homeodomain proteins are required for Bapx1 expression in the sclerotome and activate its transcription by direct binding to its promoter. *Mol Cell Biol.* 2004;24:2757–2766. DOI: 10.1128/MCB.24.7.2757-2766.2004.
63. **Rodrigo I, Hill RE, Balling R, M nsterberg A, Imai K.** Pax1 and Pax9 activate Bapx1 to induce chondrogenic differentiation in the sclerotome. *Development.* 2003;130:473–482. DOI: 10.1242/dev.00240.
64. **Kempf H, Ionescu A, Udager AM, Lassar AB.** Prochondrogenic signals induce a competence for Runx2 to activate hypertrophic chondrocyte gene expression. *Dev Dyn.* 2007;236:1954–1962. DOI: 10.1002/dvdy.21205.
65. **Tribioli C, Lufkin T.** The murine Bapx1 homeobox gene plays a critical role in embryonic development of the axial skeleton and spleen. *Development.* 1999;126:5699–5711. DOI: 10.1242/dev.126.24.5699.
66. **Yamashita S, Andoh M, Ueno-Kudoh H, Sato T, Miyaki S, Asahara H.** Sox9 directly promotes Bapx1 gene expression to repress Runx2 in chondrocytes. *Exp Cell Res.* 2009;315:2231–2240. DOI: 10.1016/j.yexcr.2009.03.008.
67. **Akazawa H, Komuro I, Sugitani Y, Yazaki Y, Nagai R, Noda T.** Targeted disruption of the homeobox transcription factor Bapx1 results in lethal skeletal dysplasia with asplenia and gastroduodenal malformation. *Genes Cells.* 2000;5:499–513. DOI: 10.1046/j.1365-2443.2000.00339.x.
68. **Herbrand H, Pabst O, Hill R, Arnold HH.** Transcription factors Nkx3.1 and Nkx3.2 (Bapx1) play an overlapping role in sclerotomal development of the mouse. *Mech Dev.* 2002;117:217–224. DOI: 10.1016/s0925-4773(02)00207-1.
69. **Kawamura A, Koshida S, Takada S.** Activator-to-repressor conversion of T-box transcription factors by the Ripply family of Groucho/TLE-associated mediators. *Mol Cell Biol.* 2008;28:3236–3244. DOI: 10.1128/MCB.01754-07.
70. **Leitges M, Neidhardt L, Haenig B, Herrmann BG, Kispert A.** The paired homeobox gene Uncx4.1 specifies pedicles, transverse processes and proximal ribs of the vertebral column. *Development.* 2000;127:2259–2267. DOI: 10.1242/dev.127.11.2259.
71. **Morimoto M, Sasaki N, Oginuma M, Kiso M, Igarashi K, Aizaki K, Kanno J, Saga Y.** The negative regulation of Mesp2 by mouse Ripply2 is required to establish the rostro-caudal patterning within a somite. *Development.* 2007;134:1561–1569. DOI: 10.1242/dev.000836.
72. **Tassabehji M, Fang ZM, Hilton EN, McGaughran J, Zhao Z, de Bock CE, Howard E, Malass M, Donnai D, Diwan A, Manson FD, Murrell D, Clarke RA.** Mutations in GDF6 are associated with vertebral segmentation defects in Klippel-Feil syndrome. *Hum Mutat.* 2008;29:1017–1027. DOI: 10.1002/humu.20741.
73. **Wei A, Shen B, Williams LA, Bhargav D, Gulati T, Fang Z, Pathmanandavel S, Diwan AD.** Expression of growth differentiation factor 6 in the human developing fetal spine retreats from vertebral ossifying regions and is restricted to cartilaginous tissues. *J Orthop Res.* 2016;34:279–289. DOI: 10.1002/jor.22983.

Адрес для переписки:

Краснов Илья Михайлович
 199034, Россия, Санкт-Петербург, Университетская наб., 7–9,
 Санкт-Петербургский государственный университет,
 st102310@student.spbu.ru

Address correspondence to:

Krasnov Ilya Mikhailovich,
 St. Petersburg State University,
 7–9 Universitetskaya emb., St. Petersburg, 199034, Russia,
 st102310@student.spbu.ru

Статья поступила в редакцию 27.03.2024

Рецензирование пройдено 17.04.2024

Подписано в печать 26.04.2024

Received 27.03.2024

Review completed 17.04.2024

Passed for printing 26.04.2024

Илья Михайлович Краснов, студент, Санкт-Петербургский государственный университет, Россия, 199034, Санкт-Петербург, Университетская наб., 7–9, ORCID: 0009-0002-0901-6466, st102310@student.spbu.ru;

Михаил Александрович Мушкин, канд. мед. наук, травматолог-ортопед, Первый Санкт-Петербургский государственный медицинский университет им. акад. И.П. Павлова, Россия, 197022, Санкт-Петербург, ул. Льва Толстого, 6–8, ORCID: 0000-0001-8520-9425, mikhail_mushkin@mail.ru;

Александр Юрьевич Мушкин, д-р мед. наук, проф., ведущий научный сотрудник, руководитель отдела вертебродологии, травматологии-ортопедии; руководитель научно-исследовательской лаборатории патологии опорно-двигательного аппарата у детей, Санкт-Петербургский НИИ фтизиопульмонологии, 191036, Санкт-Петербург, Лиговский пр. 2–4; проф. Первый Санкт-Петербургский государственный медицинский университет им. акад. И.П. Павлова, Россия, 197022, Санкт-Петербург, ул. Льва Толстого, 6–8, ORCID: 0000-0002-1342-3278, aymushkin@mail.ru.

Ilya Mikbailovich Krasnov, student, St. Petersburg State University, 7–9 Universitetskaya emb., St. Petersburg, 199034, Russia, ORCID: 0009-0002-0901-6466, st102310@student.spbu.ru;

Mikhail Aleksandrovich Mushkin, MD, PhD, orthopedic traumatologist, Department of traumatology and orthopedics, Pavlov First Saint Petersburg State Medical University, 6–8 L'va Tolstogo str., St. Petersburg, 194064, Russia, ORCID: 0000-0001-8520-9425, mikhail_mushkin@mail.ru;

Aleksandr Yuryevich Mushkin, DMSc, Prof., Chief Researcher, Head of Department of Vertebrology, Traumatology and Orthopaedics, Head of the Scientific and Clinical Laboratory for Pathology of Locomotor System in Children, St. Petersburg Research Institute of Phthisiopulmonology, 2–4 Ligovsky prospekt, St. Petersburg 191036, Russia; Professor, Pavlov First Saint Petersburg State Medical University, 6–8 L'va Tolstogo str., St. Petersburg, 194064, Russia, ORCID: 0000-0002-1342-3278, aymushkin@mail.ru.



ПОВРЕЖДЕНИЯ ПОЗВОНОЧНОГО СТОЛБА: С САМОГО НАЧАЛА

М.В. Михайловский

*Новосибирский научно-исследовательский институт травматологии и ортопедии
им. Я.Л. Цивьяна, Новосибирск, Россия*

История медицины интересна и поучительна. В каждом из многочисленных разделов медицинской науки специфика патологии определяет диагностику и лечение, и эти процессы с неизбежностью продолжаются во времени и пространстве в соответствии с условиями, существующими в данном месте и в данный отрезок времени. Повреждения позвоночника — один из ярчайших примеров давности и длительности этого процесса. Человечество сравнительно недавно выяснило, что такое диабет и как следует его лечить, но и этот раздел медицины имеет свою историю, хотя и не очень продолжительную. Травмы позвоночника сопровождали человека и его предшественников практически всегда, нарушая привычный ритм жизни, поэтому и лечить их требовалось с незапамятных времен. Настоящему профессионалу всегда интересна история его специальности. Хирурги-вертебрологи — не исключение. То, что удалось собрать по крупицам, конечно, далеко не все, но объять необъятное невозможно, а знать прошлое необходимо, чтобы лучше понимать настоящее и будущее.

Ключевые слова: позвоночник, повреждения, вертебрология, спинальная хирургия, история медицины.

Для цитирования: Михайловский М.В. Повреждения позвоночного столба: с самого начала // Хирургия позвоночника. 2024. Т. 21. № 2. С. 90–102.

DOI: <http://dx.doi.org/10.14531/ss2024.2.90-102>.

SPINAL COLUMN INJURIES: FROM THE VERY BEGINNING

M.V. Mikhaylovskiy

Novosibirsk Research Institute of Traumatology and Orthopaedics n.a Y.L. Tsivyan

The history of medicine is interesting and instructive. In each of the many branches of medical science, the specificity of pathology determines diagnosis and treatment. These processes inevitably continue in time and space in accordance with the conditions existing in a given place and in a given period of time. Spine injury is one of the most striking examples of the longevity and duration of this process. Humanity relatively recently discovered what diabetes is and how it should be treated, but this branch of medicine also has its own history, although not a very long one. Spinal injuries have accompanied man and his predecessors almost always, disrupting the usual rhythm of life, and therefore they have been required to be treated since time immemorial. A true professional is always interested in the history of his specialty. Spine surgeons are no exception. What we managed to collect bit by bit, of course, is not everything, but it is impossible to grasp the immense, and it is necessary to know the past in order to better understand the present and the future.

Key Words: spine, injuries, vertebrology, spine surgery, history of medicine.

Please cite this paper as: Mikhaylovskiy MV. Spinal column injuries: from the very beginning. Russian Journal of Spine Surgery (Khirurgiya Pozvonochnika). 2024;21(2):90–102. In Russian. DOI: <http://dx.doi.org/10.14531/ss2024.2.90-102>.

Позвоночник есть нечто совершенно особенное. Современная наука полагает, что позвоночные существа (*Diplodocus carnegii*) появились на земле примерно 525 млн лет назад, и, судя по всему, принципиальных изменений в анатомии и физиологии позвоночного столба за это время не произошло. Позвоночник человека отличается лишь габаритами и некоторыми анатомическими нюансами, за миллионы лет он изменился весьма незначительно. Мы не знаем, как лечили травмы позвоночника наши далекие предки — неандертальцы, денисовцы, сапиенсы и пр., но то, что известно об образе их жизни, позволяет утверждать, что повреждения были неизбежны (охота на крупного зверя, климатические катаклизмы и т.д.). Никаких свидетельств о медицинской деятельности они не оставили. Лишь античные времена подарили нам не только свою письменность и произведения искусства, но и свидетельства человеческой мудрости и мастерства, в том числе в области медицины.

Античный мир — это область Средиземноморья и Индии в самом широком понимании. На санскрите позвоночник (*Merudanda*) — это ось Вселенной. В других древних культурах тоже хватает упоминаний о позвоночном столбе. Есть основания полагать, что именно в Индии началась история позвоночника. Что касается повреждений, древний хирург *Susruta* детально описал метод лечения травм шейных позвонков. При вывихах он рекомендовал захват головы и тягу по длине шейного отдела позвоночника.

Развитие хирургии позвоночника до XX в. вряд ли можно назвать реальным. Оперировать в древности часто просто боялись. Царь Вавилона Хаммурапи (1955–1912 гг. до н.э.) издал свод законов, охватывающих все важнейшие сферы жизни. Предусмотренные в нем наказания хирургов заставляли их приближаться к пациенту с трепетом. Всего было 9 пунктов, касающихся медицины, один из которых так трактовал действия врача с бронзовым ножом: «Если врач

делает разрез и лечит свободного человека, он получает 10 монет серебром, но только пять, если пациент – сын плебея, и две – если это раб. Если врач лечит больного металлическим ножом по поводу тяжелого ранения и это вызывает смерть больного, врачу отрубают руки». Можно ли в таких условиях ожидать «прорывных» технологий?

В истории развития древней и средневековой медицины можно выделить четыре этапа: египетско-вавилонский (эмбриональный), греко-римский (начало спинальной хирургии), арабский (пресхоластический), средневековый (схоластический).

Египетская и вавилонская медицина

История древнего Египта – это 30 династий, Древнее, Среднее и Новое царства. Древнейший образец медицинской литературы этого огромного (более 3000 лет) периода времени – так называемый папирус Эдвина Смита (или хирургический папирус), написанный после 1700 г. до н.э., то есть в период Нового царства. Это самая старая книга по хирургии. Папирус длиной 15 футов и шириной 1 фут, вероятно, является неполной копией текста, датированного 2686–2181 гг. до н.э.

Он основан на материалах, накапливавшихся в течение тысячи лет. Документ содержит 22 страницы, в нем рассматриваются 48 травм различной локализации, каждая с описанием физического обследования, лечения и прогноза. Папирус назван в честь американского археолога Эдвина Смита, который добавил его в свою коллекцию в 1862 г., купив в Луксоре то ли у продавца по имени Мустафа Ага, то ли у грабителей гробниц. Эдвин Смит был странной и неоднозначной личностью – его считали авантюристом, барышником, фальсификатором древностей, основоположником изучения египетских артефактов, человеком «огромного таланта». Так или иначе, хотя Смит осознавал важность документа, он его не публиковал. Когда Смит умер в 1906 г., оставив папирус дочери, она передала его Нью-Йоркскому историческому обществу. Организация дала задание Джеймсу Брэстеду перевести его, и эту задачу он выполнил в 1930 г. В 1938 г. папирус был направлен в Бруклинский музей, выставлен впервые в 1948 г. в музее Метрополитен в Нью-Йорке. В том же году он был переведен в Нью-Йоркскую академию медицины, где и находится по сей день (рис. 1).

К сожалению, рукопись осталась незавершенной, обрывается на середине предложения. Начало и конец оригинала утеряны, имя автора не упоминается. Предполагается, что автором этого текста был великий древнеегипетский архитектор и ученый Имхотеп, который считается основателем египетской медицины. Так это или нет, неизвестно, возможно, мы просто не знаем имен других великих ученых древнего Египта.

Хирургические процедуры в папирусе вполне рациональны, хотя там приводятся и магические заклинания против чумы. Текст начинается с лечения травмы головы, затем следует лечение травм шеи, рук и туловища, затем текст обры-

вается. Описываются следующие процедуры: закрытие раны со швами (для ран губ, горла и плеча), профилактика и лечение инфекции с медом, остановка кровотечения сырым мясом. Об использовании магии написано в единственном случае (случай 9).

Папирус также описывает анатомические наблюдения. Он содержит первое известное описание черепных швов, мозговой оболочки, внешней поверхности мозга, спинномозговой жидкости и внутричерепных пульсаций. Однако физиологические функции органов и сосудов оставались полной загадкой для древних египтян. Повреждения шейного и грудного отделов позвоночника представлены в шести наблюдениях.

Случай двадцать девятый: наставление относительно раны шейного позвонка. Если ты обследуешь человека, имеющего рану шейного позвонка, проникшую до кости и пробившую позвонок шеи, если при обследовании раны больной сильно дрожит и не в состоянии взглянуть на свои плечи и грудь, следует сказать в отношении этого больного: «У него рана шеи, проникающая до кости и пробившая шейный позвонок, больной страдает от того, что свело его шею. С этой болезнью я буду бороться». Тебе следует перевязать рану со свежим мясом в первый день и уложить больного в удобное для него положение на весь период, пока болезнь не пройдет.

Случай тридцатый: наставление относительно растяжения в шейном отделе позвоночника. Если ты обследуешь человека, имеющего растяжение в шейном отделе позвоночника, тебе следует попросить его: «Посмотри на свои плечи и грудь». Сделать это для больного возможно, но очень болезненно. Тебе следует сказать в отношении этого больного: «У него растяжение в шейном отделе позвоночника. Эту болезнь я вылечу». Тебе следует перевязать рану со свежим мясом в первый день. Затем тебе следует применять имеру (по всей видимости, минерал, облада-



Рис. 1

Папирус Смита (фото из свободных источников)

ющий дезинфицирующими свойствами) и мед ежедневно до выздоровления. Что касается слова «растяжение», то врач говорит об отделении двух позвонков, хотя каждый из них находится в своем обычном положении.

Случай тридцать первый: наставление относительно вывиха шейного позвонка. Если ты обследуешь человека, имеющего вывих шейного позвонка, ты обнаружишь, что его руки и ноги нечувствительны из-за травмы, его фаллос подвержен эрекции, моча каплями стекает, а больной не осознает это, больной страдает одышкой, его глаза налились кровью. Вывих шейного позвонка передается спинному хребту, что вызывает нечувствительность рук и ног. Если же происходит вывих среднего позвонка, то наблюдается извержение семени из фаллоса. Тебе следует сказать в отношении этого больного: «У него вывих шейного позвонка, обе его ноги и обе руки становятся нечувствительными, он постоянно мочится. Эта болезнь неизлечима». Что касается фразы «вывих шейного позвонка», то врач говорит, что это отделение одного позвонка от другого, при этом внешняя плоть не повреждена. Когда говорят «это вывих», имеются в виду вещи, которые были соединены, а затем отделились одна от другой. Что касается фразы «извержение семени из фаллоса» – это означает, что фаллос больного подвержен эрекции и заметны выделения из его конца. Говорят, фаллос остается неподвижным, то есть он не может ни опуститься, ни подняться. Что касается фразы «он постоянно мочится», это означает, что моча капает из его фаллоса, больной не может сдержаться себя.

Случай тридцать второй: наставление относительно смещения позвонка. Если ты обследуешь человека, имеющего смещение позвонка шеи, его лицо напряжено, он не может повернуть голову, тебе следует попросить его посмотреть на свою грудь и плечи, а он не в состоянии посмотреть ни на грудь, ни на плечи. Тебе следует сказать в отношении этого больного: «У него смещен позвонок шеи. Эту болезнь я вылечу». Тебе следует перевязать рану со свежим мясом в первый день. Затем тебе следует ослабить повязку и натереть жиром голову в районе шеи. После этого применяй имереу и мед ежедневно. Наиболее удобным положением для больного является сидячее. Когда врач говорит «смещение позвонка шеи», он имеет в виду утопание позвонка внутрь шеи, как утопание ноги в мягкую обработанную землю. Это погружение вниз.

Случай тридцать третий: наставление относительно раздавливания позвонка шеи. Если ты обследуешь человека, у которого раздавлен позвонок шеи, и обнаружишь, что один позвонок вдавился в другой, что больной не может говорить, не может удержать голову, и она свисает вниз, что вызвано тем, что один позвонок раздавил другой, если ты найдешь, что у больного бесчувственны обе руки и обе ноги из-за травмы, тебе следует сказать в отношении этого больного: «У него раздавлен позвонок шеи, у него обе руки и обе ноги нечувствительны, он не может говорить. Эта болезнь неизлечима». Когда врач говорит «раздавливание позвонка шеи», он имеет в виду тот факт, что один позвонок

шеи вдавился в другой. Фраза «он не может удержать голову, она свисает вниз, что вызвано тем, что один позвонок раздавил другой» означает, что больной упал головой вниз, и это привело к вдавливанию одного позвонка в другой.

Случай сорок восьмой: наставление относительно растяжения в позвонках спинного хребта. Если ты обследуешь человека, имеющего растяжение в позвонках спинного хребта, тебе следует попросить его: «Раздвинь ноги и соедини их опять». Как только он раздвинет ноги, немедленно соединит их из-за боли, которую почувствует в спинном хребте. Тебе следует сказать в отношении этого человека: «У него растяжение в позвонках спинного хребта. Эту болезнь я вылечу». Тебе следует уложить больного на спину. Тебе следует приготовить для больного... (конец записей, относящихся к хирургическому трактату).

Греко-римский период

Эволюция спинальной хирургии началась в золотом веке Греции с основания Александрийской школы. Введение в программу обучения работы на трупах с их рассечением было огромным шагом вперед, хотя основной материал для обучения врачей поставляли непрерывные войны. Гомер в «Илиаде» среди множества аналогичных эпизодов описывает, как Ахиллес наносит удар врагу мечом по шее, голова и шлем отлетают, становится виден спинной мозг, тело распростерто на земле.

Самые ранние тексты этого периода принадлежат Гиппократу Косскому (460–370 гг. до н.э.; рис. 2). Из них явствует, что в реальности хирургические вмешательства на позвоночнике были большой редкостью. Обычно поврежденный позвоночник иммобилизовали внешними шинами. Гиппократ пишет: «...спинной мозг страдает при смещении позвонка, даже если изгиб невелик, поскольку смещенный позвонок сдавливает спинной мозг. Даже если спинной мозг цел, его сдавление и натяжение приводят к нарушению чувствительности важных частей ... в этих условиях ясно, что это не может быть устранено путем подвешивания или другим методом, кроме разреза, из которого путем введения руки в большую полость производится надавливание изнутри кнаружи, но это может быть произведено на мертвом теле, но не на живом. Зачем я пишу это? Потому что некоторые фантазируют, что они лечат больных, у которых позвонок вывихнут и полностью сместился кпереди. Некоторые полагают, что это наиболее легкие случаи для вправления, поскольку их не нужно лечить, а вправление происходит самопроизвольно». Из этого отрывка видно, что Гиппократ не был приверженцем хирургических интервенций (рис. 3). Внешняя стабилизация и иммобилизация – метод выбора. Причина – плохие исходы, риск нагноения, минимальные возможности анестезии.

Герофил из Халседона (300 г. до н.э.) был учеником Праксагора и Хрисиппа. Он выполнил более 100 сечений на трупах, включился в решение сложнейшей задачи создания анатомической номенклатуры и чрезвычайно

необходимого языка анатомии. Исследуя нервную систему, Герофил установил происхождение нервных стволов из спинного мозга и подразделил их на чувствительные и двигательные. Более того, он исправил старую общую ошибку, дифференцировав нервные стволы и сухожилия. Он хорошо представлял себе тяжесть осложненных повреждений позвоночника и полагал, что оперативного лечения в этих случаях следует избегать.

Авл Корнелий Цельс (25 г. до н.э. – 50 г. н.э.) не был ни врачом, ни хирургом, но обладал энциклопедическими знаниями. В его работах приведен анализ трех главствующих медицинских школ того времени: догматической, методической и эмпирической. Как консультант двух императоров, Тиберия и Калигулы, он приобрел известность и уважение. Главная его книга «Re De Medicina» была утрачена и вновь найдена в 1443 г., опубликована в 1478 г., после чего стала известна медицинскому сообществу. В ней он, в частности, пишет, что повреждения шейного отдела позвоночника вызывают тошноту и рвоту, а также нарушения дыхания. Травма поясничных позвонков приводит к параличу ног и нарушению функции тазовых органов. Как и Гиппократ, Цельс не рекомендовал хирургические вмешательства при повреждениях позвоночника.

Гален из Пергамона (129–200 гг.) был приверженцем идей Гиппократов и Александрийской школы (рис. 4). Он писал с 13-летнего возраста и до самой смерти. Даже если исключить его работы по *Corpus Hippocraticum*, его наследие составляет до 80 % всех медицинских трактатов античности. Современное издание его трудов пред-

ставлено в 22 томах. Он жил во времена правления императоров Антония Пия и Марка Аврелия. Будучи врачом гладиаторов, он имел большую практику лечения боевых ранений. Его анатомические эксперименты по рассечению спинного мозга помогли определить характер нарушения функции в зависимости от уровня пересечения. Он идентифицировал черепно-мозговые нервы, из которых смог продемонстрировать 11 из 12. Он отрицал идею Гиппократов, что спинной мозг – железа, считал его функцией активные движения и чувствительность. Эти соображения – несомненный концептуальный прогресс медицинской науки. Именно ему мы обязаны терминами «кифоз», «лордоз», «сколиоз». Он первым описал состояние, которое сегодня известно, как синдром Brown-Sequard – гемиплегия с противоположной потерей чувствительности вследствие пересечения половины спинного мозга. Его хирургический опыт позволил ему стать гораздо более либеральным

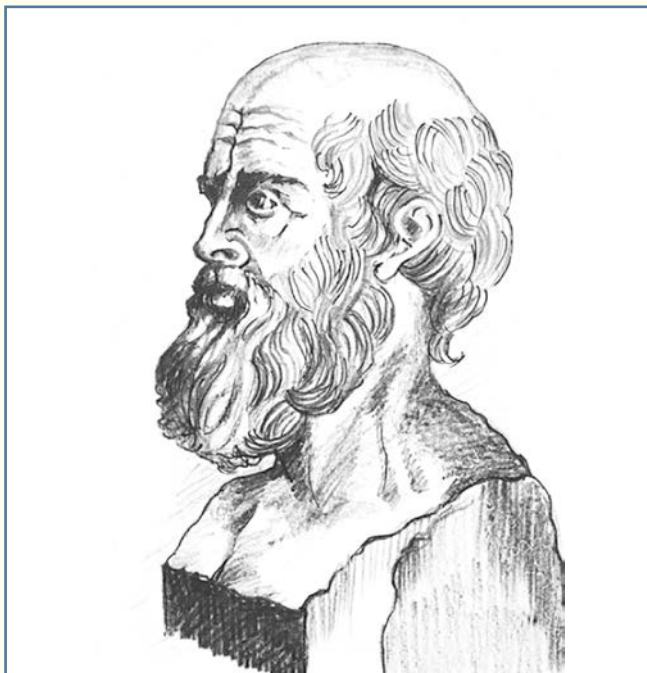


Рис. 2

Гиппократ [10]

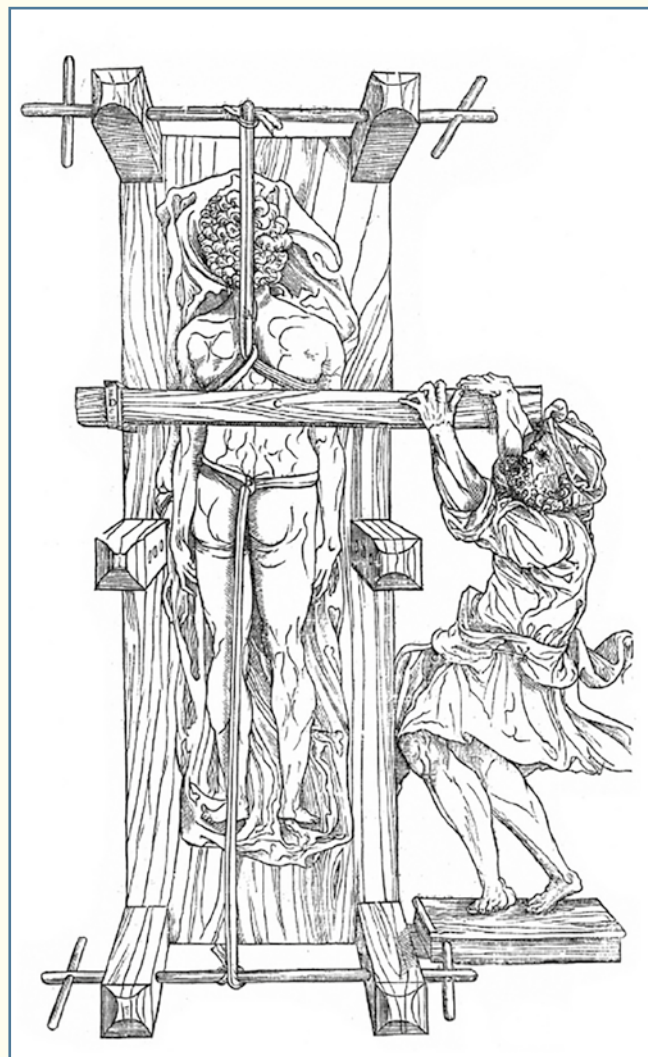


Рис. 3

Аппарат Гиппократов для репозиции смещенного позвонка [9]

в отношении хирургических вмешательств при травмах, в частности позвоночника, нежели его предшественники и современники. Например, он рекомендовал декомпрессионные операции при травмах головного и спинного мозга. После смерти Галена его наследие превратилось в огромный набор догм, а сам он был практически канонизирован арабскими и средневековыми врачами. Так продолжалось до времен Ренессанса.

Павел из Эгины (625–690 гг. н.э.) – последний из врачей Византийской империи, отметившийся монументальной публикацией, в которой сконцентрированы знания и опыт его античных предшественников относительно лечения пациентов с заболеваниями и повреждениями позвоночного столба (рис. 5). Речь идет о 7-томной антологии «*Epitome Medicae Libri Septem*». Как и другие византийские врачи, Павел Эгинский, ученик Александрийской школы, опирался на труды Гиппократов, Аристотеля, Герофила, Цельса и Галена (рис. 6). Его работы оказали большое влияние на медицину ислама и Европы эпохи Ренессанса и играли огромную роль во врачебной практике вплоть до XVII в. Антология была переведена на латынь Johann Winter в 1532 г. Информация по лечению позвоночных травм содержится в шестом томе.

Павел родился на острове Эгина, процветающей колонии города Эпидавра. О его жизни известно мало. Он много путешествовал, изучал исламскую медицину, возможно, самую прогрессивную в постклассическую эпоху. В поздний период существования Византии он уехал в Александрию и продолжал работать там, несмотря на турецкое вторжение.

Мастерство и знания принесли ему репутацию последнего из великих византийских врачей.

Секция 98 шестого тома его антологии посвящена травматическим переломам позвонков. Он начинает с описания взрывных переломов и высокой смертности при шейной локализации повреждений. «Круглые тела позвонков могут иногда быть раздавлены ... в таких случаях оболочки спинного мозга ... сдавливаются вследствие действия симпатических нервов, и смерть наступает быстро, особенно если сломан шейный позвонок». В таких случаях Павел советовал путем хирургического вмешательства удалять компрессирующий костный фрагмент. Это можно рассматривать как первое описание ламинэктомии при осложненном повреждении позвоночника. Он описывает переломы остистых отростков, которые «легко распознать путем пальпации». Фрагмент отростка рекомендуется вернуть на место либо сделать разрез и удалить его. Тот же метод применим при переломах крестца. Рекомендуется осуществить закрытую репозицию с использованием пальцевого ректального исследования. Если пальпаторно определяется наличие костного фрагмента, его следует удалить хирургическим путем.

В секции 117 описано лечение вывихов позвонков, ее содержание полностью заимствовано из текстов Гиппократов. Павел подчеркивает высокую смертность, сопровождающую эти травмы: «полное смещение вызывает мгновенную смерть, поскольку спинной мозг подвергается чрезвычайно сильному сдавлению». Экзогенное воздействие может вызвать нестабильность и привести к одному из трех типов сублюкаций: спондилолистезу, ретролистезу, латеролистезу.



Рис. 4
Гален [10]



Рис. 5
Павел Эгинский [10]



Рис. 6

Первая страница восьмого латинского издания «Епитоме» Павла Эгинского, Венеция, 1542 [9]

зу. Полная дислокация вызывает флексию позвоночника (кифоз), которая является более опасной, чем частичная, включающая в себя несколько позвонков (циркулярная флексия). Павел выступает против классических методов вправления вывихов. Он считает, что использование встряхивания на подвешенной лестнице (succussio) неэффективно. Он не согласен с ранней концепцией, согласно которой легкие переломы позвонков часто путают с передней дислокацией. Поскольку такие переломы срастаются с образованием костной мозоли, передние дислокации считаются легкими повреждениями: «...фактически эти повреждения неизлечимы или редко излечимы, поскольку развивается нарушение функции тазовых органов и охлаждение тела». Что касается ретролистезов, Павел выделял среди них травматические и врожденные деформации, причем последние «...ведут к заболеванию и являются инкурабельными».

Работы Павла расценивались как авторитетное руководство с VII по XII в. Сам он считался последним представителем греческой медицины. Эта репутация – результат созданных им эклектических компиляций греческих текстов, благородная традиция, которая умерла вместе с ним. Как уже упоминалось, работы Павла Эгинского демонстрировали серьезное влияние мусульманских врачей, среди которых Rhazes, Haly Abbas, Avicenna, Albucasis, а также итальянца Girolamo Fabrizio d'Acquapendente. Albucasis исследовал неврологические проявления переломов позвонков

на различных уровнях. Он установил, что повреждения шейного отдела позвоночника приводят к «параличу и нечувствительности рук», лечить таких больных бессмысленно в связи с отсутствием перспектив. Острые повреждения грудного отдела позвоночника требуют неотложной помощи, особенно при нарушении чувствительности в ногах и функции тазовых органов по типу недержания. Как и Павел Эгинский, он рекомендовал удаление компримирующих фрагментов кости.

В свою очередь, работы Павла оказали влияние на Авиценну, знаменитый Канон которого в XIII в. был переведен на латынь Gerard of Cremona.

Павел Эгинский с большим искусством разработал целый ряд инструментов (рис. 7, 8) для практической хирургии. В ходе операций он использовал шерстяные шарики, пропитанные розовым маслом и вином для антисептического эффекта, и компрессионные биндажи для гемостаза. Его принципы восстановления тканей и ушивания раны стали важной вехой в развитии хирургии.

Арабский период

После греко-римского периода интеллектуальные центры, в том числе медицинские, переместились в арабские страны и Византию, чье влияние было довлеющим с 750 до 1200 гг. В Европе интеллектуальная мысль была подавлена, захвачена

волнами «варваров» (гунны, готы, викинги и пр.). В хирургии, в том числе позвоночника, это был «спящий» период. Арабские научные школы обратились к трудам греков и римлян с необычайным рвением и к концу IX в. перевели и изучили все, что было доступно. К сожалению, одной из характеристик арабских школ был жесткий догматизм, не позволивший пойти далее перевода и систематизации данных. Все же следует сказать, что арабы сумели сохранить тягу к знаниям, в то время как в Европе царила тьма.

Концепция «врач и хирург в одном лице» не была воспринята в арабской медицинской практике. Предполагалось, что врач пишет труды, вещает с кафедры, а «низкие» задачи хирургии предназначены для представителей «низшего» класса. Поэтому достижения греков и римлян в вопросах хирургии и анатомии часто игнорировались и в лучшем случае лишь переводились на арабский язык. В остальном арабские врачи старались канонизировать труды греко-римских специалистов. Практически полный отказ от хирургической практики привел к соответствующему отношению к хирургическому искусству в целом. Сохранился только египетский метод остановки кровотечения прижиганием.

Однако среди арабских мыслителей были и те, кого интересовали вопросы травмы позвоночника и их лечения.

Разес (Abu Bakr Muhammad Ibn Zakariya al-Razi, 865–925 гг.) прекрасно знал и читал труды Гиппократов. Не являясь хирургом, он оставил ряд работ, оказывавших влияние на специалистов до XIII в. Он ввел понятие «сотрясение», рекомендовал хирургическое лечение при проникающих повреждениях черепа, именно он привел одно из первых описаний *spina bifida*.

Абу Али Хусейн ибн Абдаллах ибн аль Хасан ибн Али ибн Сина (в Европе Avicenna; 980–1037 гг.), врач и философ из Багдада, был известен как «второй доктор» (титул «первого доктора» принадлежал Аристотелю). Его работы были переведены на латынь и изучались во всех европейских университетах до XVIII в. Его главный труд – «Канон медицины», энциклопедическое издание, основанное на трудах Галена и Гиппократов (рис. 9). Он детально перевел «Opera Omnia» Галена. В этот труд включена серия иллюстраций на тему стабилизации позвоночника. В нетяжелых случаях рекомендовались редукция и иммобилизация (рис. 10). Авиценна рассматривал прогноз повреждений позвоночника весьма пессимистически,

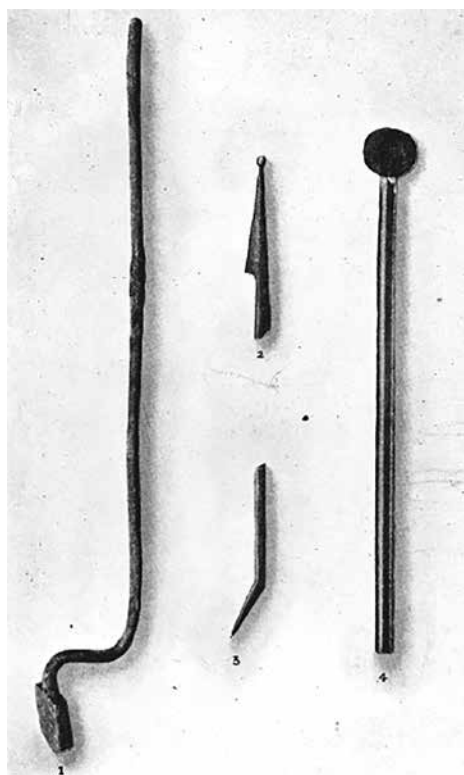


Рис. 7

Meningophylax – пластинка, вводимая под удаляемую кость для защиты подлежащих тканей [9]

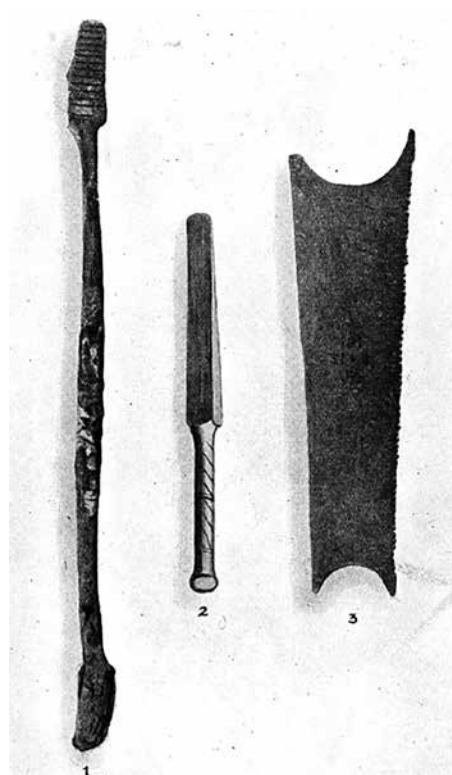
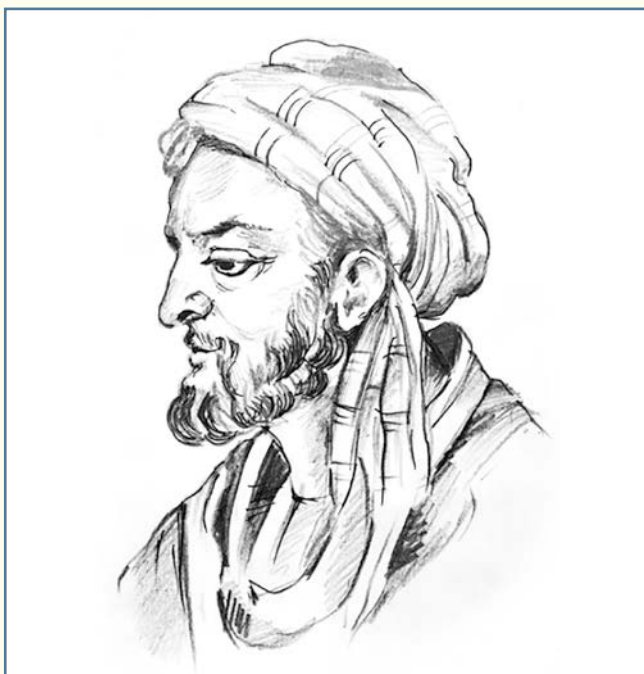
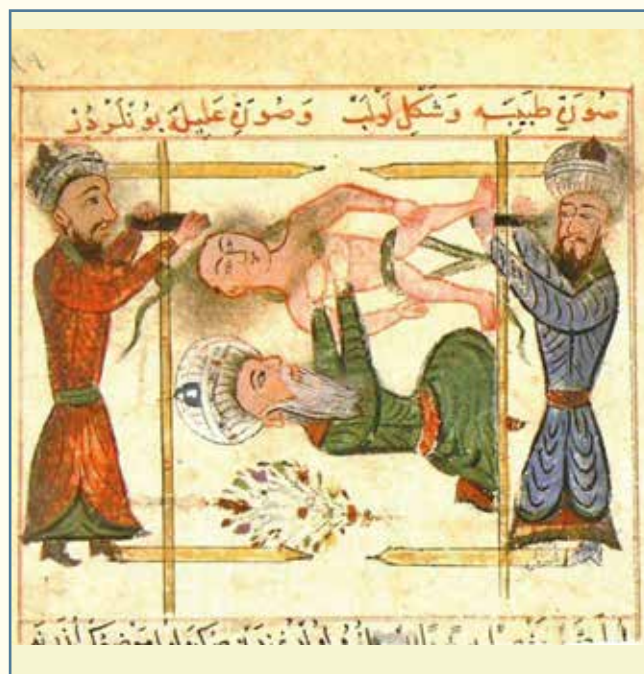


Рис. 8

Щипцы греческих и римских хирургов. Средние использовались Павлом Эгинским для удаления костных фрагментов [9]

**Рис. 9**

Авиценна [10]

**Рис. 10**

Вправление смещенного позвонка [8]

хирургическое вмешательство считал показанным очень редко. В четвертом томе Канона Авиценна подчеркивает связь между смещением тела позвонка и повреждением спинного мозга. Как и Павел, он рекомендует тщательно удалять все костные фрагменты, компримирующие спинной мозг. Нет, однако, никаких указаний на то, что европейские хирурги следовали этим рекомендациям до XV в. (рис. 11).

Albucasis (Al-Zahrawi, 936–1013 гг.) в арабской традиции рассматривается как великий компилятор, его наследие насчитывает до 30 томов. В предисловии он подчеркивал, что незначительный прогресс арабской медицины в области хирургии объясняется плохим знанием анатомии и классических работ. Он подробно описывает клинику осложненных и неосложненных вывихов шейных позвонков (которые считает редкими в сравнении с контузиями), включая объем движений и нарушения чувствительности в руках, и делает вывод о перспективах выздоровления в каждом конкретном случае. Если травмирован грудной отдел позвоночника, следует обратить особое внимание на состояние ног пациента, на функцию кишечника и мочевого пузыря, и, исходя из полученных данных, строить прогноз лечения. Оно заключается в попытке уменьшить «припухлость» и в прикладывании компресса с розовым маслом. Если травма сопровождается «...фрагментацией и смещением костных фрагментов», нужна операция и восстановление костей, а затем ушивание раны».

**Рис. 11**

Могила Авиценны в Исфахане, Иран (фото из открытых источников)

Европейская средневековая медицина – период схоластики*

Труды арабских ученых достигли Европы в XI–XII вв., то есть в период расцвета медицинской схоластики. Их влияние в средневековой Европе тускло под влиянием метафизической интерпретации медицинских знаний. Это была эра переписывания классических текстов с минимальным развитием хирургии. Историю надо рассматривать такой, какая она есть. Европейские хирурги тех лет были часто малограмотны и необразованны, были не в состоянии способствовать развитию хирургии. Этот период «затишья» отразился в трудах многих европейцев. Goger Frugar, Roland of Palma, Lanfranchi, Henri de Mondeville и другие врачи придерживались весьма консервативных взглядов на лечение повреждений позвоночника. Только William of Saliceto рекомендовал удаление костных фрагментов, но лишь при открытых переломах. Переломы позвоночника, особенно осложненные, считались неоперабельными и фатальными.

Операции на спинном и головном мозге возобновились в XV в. усилиями Leonard of Bertapalia. Его операции были смелыми для того времени. При переломах позвоночника он советовал удалять любые костные фрагменты, сдавливающие спинной мозг, при этом использовать только максимально чистые материалы для профилактики нагноений. В XVI в. эти взгляды развивал Ambroise Pare в своем классическом труде «Dix Livres de la Chirurgie», предлагая мануальное вправление и шинирование позвоночника при вывихах для декомпрессии спинного мозга. Все это за 1000 лет до него описал Павел Эгинский, что говорит о степени инноваций в трудах великого греческого врача.

После падения Римской империи в европейской медицине начался 1000-летний период стагнации. Немногочисленные священники пытались сохранить традиции греко-римской медицины. Однако в XII в. церковь запретила священникам медицинскую практику, когда Турский Собор (1169 г.) издал эдикт «Ecclesia abhorret a sanguine», означавший, что кровотечение несовместимо со службой Всевышнему. Эдикт ограничил организованное обучение хирургии и фактически передал это искусство в руки малообразованных хирургов-брадобреев (barber-surgeons).

Период средневекового схоластицизма, помимо всего прочего, характеризуется появлением новой концепции, принесшей в медицину философские и метафизические толкования известных процессов и явлений и их диалектическую интерпретацию. Только в XIII в. в Салерно была организована научная школа, сохранявшая традиции Греции, Рима, арабской, иудейской, азиатской медицины.

* Схоластицизм – средневековая философия, создавшая систему искусственных, чисто формальных логических аргументов для теоретического оправдания догматов церкви; знания, оторванные от жизни, основывающиеся на отвлеченных рассуждениях, не проверяемых опытом, буквоедство.

Там были опытные врачи, библиотеки и тяга к познанию (рис. 12).

Constantinus of Africa (1020–1087 гг.) – лидер Салернитанской школы, который способствовал внедрению арабской медицины в мир Европы. Он учился в Багдаде, позднее удалился в монастырь Монте-Кассино, где переводил на латынь арабские манускрипты, хотя весьма неаккуратно. Некоторые считали его плагиатором и ненадежным переводчиком, но его работа способствовала обогащению европейской медицины трудами не только арабских, но и греко-римских авторов. Константин занимался анатомическими исследованиями на свиньях, но, сравнивая свои находки с описаниями классиков, полностью игнорировал то, что не совпадало с находками великих греков и римлян. В целом, кроме переписывания и перечитывания трудов классиков, новый период в развитии европейской медицины трудно охарактеризовать иначе.



Рис. 12

Школа в Салерно: Константин Африканский читает лекцию [8]

Roger of Salerno (1170 г.) – также один из лидеров Салернитанской школы, его книга «Practica chirurgiae» оказала большое влияние на развитие хирургии в этот период времени (рис. 13). Он предложил метод диагностики разрыва *dura mater* и ликворреи при открытых переломах свода черепа – при задержке дыхания (проба Valsalva) хирург видит истечение ликвора или воздушных пузырей. Им описана снотворная смесь, содержащая корень мандрагоры, семя левистикума, *hyoscyamus* и землю. Она прикладывается ко лбу пациента. Что касается травм позвоночника, Роджер придерживался воззрений и практики ранних классиков медицины. Это было тяжелое время для Европы: войны, голод, чума. Медицинские знания в горных убежищах сохраняли монахи-отшельники. Однако были все же хирурги, продолжавшие и в этих условиях совершенствовать свое мастерство.

Theodoric of Cervia (1205–1298 гг.) ничем не отметился в области вертебрологии, но стал пионером асептической хирургической техники. Он искал идеальные условия асеп-

тического заживления ран и пришел к мнению, что к ним относятся контроль кровотечения, удаление контаминированных и некротических тканей, исключение пустых пространств, тщательное укрывание повязкой, смоченной в вине. Его критиковали за то, что он полагал гной вредной составляющей процесса заживления раны, поскольку считалось общепринятым, что гной – признак нормального заживления раны (*laudable pus* – похвальный гной). Он разработал снотворную губку, содержащую опиум, мандрагору, болиголов и другие ингредиенты, которая прикладывается и удерживается у ноздрей пациента, пока он не уснет. Написал «Chirurgia de Theodoric», где выделил в группе больных с повреждениями шейного отдела позвоночника тех, кого «следует лечить» и тех, кого следует «оставить одного». Диагностика основывалась на неврологическом исследовании и внешних признаках деформации позвоночного столба – кифотической либо лордотической. Лечение, по сути своей, мало отличалось от современного – коррекция аксиальной тракции и внешняя иммобилизация (рис. 14). У больных с осложненными переломами груднопоясничного отдела позвоночника прогноз плохой. Кифотические деформации рассматривались как перспективные в смысле возможности корригирующего внешнего воздействия, а лордотические – нет, поскольку коррекция руками или приспособлениями была недоступна.

Было бы несправедливым по отношению к нашим коллегам из средневековой Европы не отметить то новое, что им все же удалось сделать. Так, в 1646 г. немец Fabricius Hildanus пытался добиться вправления при переломовывихе шейного позвонка с помощью серебряной проволоки, которая иглой проводится транскутанно и через межостистые связки вокруг остистого отростка. Тягой за эту проволоку Хильдамус старался вывести смещенный позвонок в правильное положение (рис. 15). Возможно, это был первый в истории позвоночный металлоимплантат.

William of Saliceto (1210–1277 гг.) является одним из талантливейших хирургов своего времени. Его «Chirurgia» была оригинальным изданием, содержащим много новых для того времени данных. Он уделял большое внимание знанию хирургической анатомии, арабский метод гемостаза прижиганием сосуда он заменил хирургической манипуляцией, разработал технику анастомоза нервных стволов. Его взгляды на лечение повреждений позвоночного столба, к сожалению, не содержали принципиально новых идей. Другие известные и даже знаменитые европейские хирурги средневековья в вопросах лечения повреждений позвоночника не отступали от установок классиков более ранних веков и не призывали к операциям при переломах и вывихах позвонков. Речь идет о Leonard of Bertapalia (1380?–1460 гг.), Lanfranchi of Milan (умер в 1306 г.), Henri de Mondeville (умер в 1317 г.), Guy de Chauliac (1300–1368 гг.). Все они развивали хирургическую технику. Так, Lanfranchi of Milan предложил метод эзофагальной интубации для хирургических вмешательств. Этот метод получил более или менее широкое распространение только в XX в.

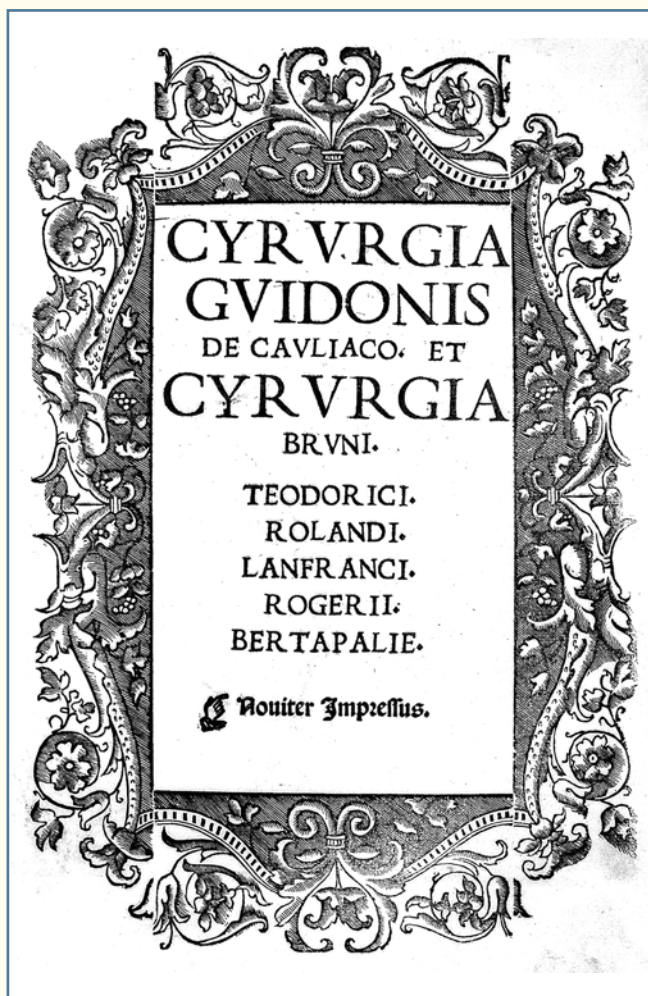


Рис. 13

Обложка книги с трудами ведущих европейских хирургов [8]



Рис. 14

Вправление смещенного позвонка: используется вес тела и экстензия позвоночника [8]

Henri de Mondeville изобрел оригинальный иглодержатель, а Guy de Chauliac – использовал яичный белок с целью гемостаза. В то же время техника лечения повреждений позвоночного столба прогрессивных изменений не претерпевала.

Период конца XVIII – начала XX в.

Делить время на эпохи – занятие не самое благодарное, слишком все сложно, причем всегда и везде. Однако в истории хирургической вертебрологии можно выделить период, охватывающий XVIII–XX столетия. Именно в эти годы схоластика ушла окончательно, материализм овладел умами, а развитие методов диагностики и лечения (в самом широком плане) приобрело темпы, ранее невиданные.

Хотя американец John Bell (1763–1820 гг.) утверждал в 1799 г., что «the cutting into the vertebra is a dream», первую ламинэктомию, по данным В. Шмидена, Louis впервые выполнил в 1762 г. Henry Cline в 1814 г. произвел операцию, названную «trephination of the spine». Он удалил сломанный остистый отросток у пациента с переломовывихом грудного отдела позвоночника, осложненным параличом. Больной скончался вскоре после вмешательства. В XIX в. хирургия позвоночника была делом неблагодар-



Рис. 15

Петля Хильдамуса [10]

ным. Отсутствие адекватного обезболивания заставляло хирургов работать как можно быстрее, что увеличивало опасность ошибок, кровотечений, нагноений и летальных исходов. Хирургия позвоночника в этих условиях справедливо расценивалась как *негуманная*. De Quervain в 1908 г. сообщил, что «... на 218 операций этого рода нашел 13,8 % выздоровлений, 22,0 % улучшений, 37,2 % безрезультатных, 18,0 % ухудшений и 25,0 % смертности» (В. Шмиден, 1935).

Американец Alban Gilpin Smith считается хирургом, выполнившим первую успешную ламинэктомию при травме позвоночника в Кентукки в 1829 г. Больной поправился, функции спинного мозга восстановились. Считается, что эта операция была первой после Павла Эгинского.

В начале XX в. болезнь Потта и сопутствующие ей деформации были одними из первых спинальных патологий, леченных хирургическим путем. Хирургический debridement (вскрытие паравертебрального абсцесса и промывка полости антисептическим раствором), описанный Sir Percival Pott (1713–1788 гг.) в 1778 г., оставался основой лечения этого состояния до развития методов хирургической стабилизации.

Развитие знаний по анатомии, патологии, методам анестезии (эфир, хлороформ) дало старт развитию спинальной хирургии в середине XIX в. Первым руководством по хирургической вертеб্রологии можно считать книгу хирурга из Нью-Йорка Charles Elsberg (1916 г.) «Diagnosis and Treatment of Surgical Diseases of the Spinal Cord and its Membranes», в которой он не только описал технику вмешательств, но и представил спинальную патологию как самостоятельную медицинскую специальность. Многие считают его отцом спинальной хирургии.

Сложные взаимоотношения нейрохирургов и ортопедов, занимающихся спинальной патологией, продолжались многие годы и были притчей во языцех. «Дайте ортопеду установить металлоимплантат, а мы сделаем декомпрессию» – вот философия 80-х гг. XX в. Однако с 1993 г. ортопеды и нейрохирурги сделали первые шаги к сближению. Их объединил общий враг – судебные иски по поводу имплантируемого инструментария.

Malgaigne (1806–1865 гг.) реинициировал практику лечения переломов путем удаления фрагментов остистых отростков и трепанации позвоночного канала. Описание ламинэктомии Mac Ewen (1848–1924 гг.) в 1886 г. – следствие, в том числе и влияния взглядов Malgaigne. В эти же годы Menard (1895–1934 гг.) описал технику костотрансверзэктомии у пациентов с туберкулезными спондилитами, осложненными развитием параличей. В США эта операция была повторена DeForrest Willard (1846–1910 гг.). Tuson и Malgaigne в 30-е гг. сообщили, что лечение переломов тракцией и коррекцией кифоза может способствовать рецидиву паралича. В 1824 г. д-р Bell (1774–1842 гг.) первым подробно описал типы параличей, осложняющих переломы позвоночника. Он различал спастические и вялые параличи, исследовал состояние спинального шока и нарушения функции тазовых органов. В 1891 г. Quincke выполнил первую люмбальную пункцию или, как ее тогда называли, поясничный прокол.

В 1898 г. Wagner и Stolper описали технику «мягкой» репозиции фрагментов поврежденных позвонков на большой группе пациентов. Кифоз устранялся аксиальной тракцией в сочетании с осторожным давлением на его вершину. В сущности, метод повторял рекомендации Гиппократы, значимость которых подтверждалась вплоть до начала XX в. Wagner и Stolper полагали, что после этих манипуляций больные плохо переносят иммобилизацию гипсовым корсетом для удержания достигнутого результата и предпочитали положение гиперэкстензии с продольной тракцией в течение 4–6 недель.

С начала XIX в. проводились исследования (как *in vivo*, так и *in vitro*) биомеханики позвоночника. Так, Weber (1795–1878 гг.) изучал мобильность позвоночника в клинике и на анатомических препаратах. В 1876 г. Rauber исследовал прочность спонгиозной и кортикальной кости позвонков, а Messerer в 1880 г. предложил специальное устройство с той же целью и изучал те же данные на трупном материале.

До открытия лучей Рентгеном в 1895 г. диагноз перелома позвоночника оставался серьезной проблемой. Malgaigne

был уверен, что все переломы сопровождаются развитием параличей. Kocher (1841–1917 гг.) в 1896 г. высказал мнение, что это справедливо только для 90 % наблюдений. При отсутствии возможности адекватной диагностики большинство переломов просто не идентифицировали, если они не сопровождались развитием неврологической симптоматики. Sudeck (1866–1945 гг.) первым предложил методику изучения рентгеновской картины перелома позвоночника. В 1925 г. Davis выполнил первый профильный снимок позвоночника (до этого момента спондилограммы выполнялись только в переднезадней проекции) и через 4 года представил первые рентгенограммы в двух плоскостях, демонстрирующие перелом тела позвонка. Количество осложненных переломов теперь расценивалось как 15–20 % от общего числа.

Оперативное лечение в те годы было все же редкостью. Ламинэктомия использовалась как метод декомпрессии спинного мозга. Böhler исповедовал консервативный метод лечения, полагая, что репозиции достаточно для устранения дислокации и нормализации формы позвоночного канала. Guttmann (1949 г.) и Magnus (1931 г.) стояли на тех же позициях, полагая, что причиной паралича является регрессирующая гематома или разрыв спинного мозга. Ни один из этих случаев не требует оперативного вмешательства. Это мнение основывалось на результатах оперативного лечения осложненных переломов позвоночника. В 1930 г. на пятом съезде Немецкой хирургической ассоциации Schmieden (1874–1946 гг.) представил данные по лечению 3014 пациентов, у 1105 из которых перелом позвоночника был осложненным. Из них 217 (20 %) были подвергнуты хирургическому лечению. Восстановление функций констатировано только в 7,3 %, а 32,4 % больных умерли после операции.

Внедрение в клиническую практику миелографии в 30-е гг. позволило обосновать ламинэктомию как возможность удаления тканей межпозвонковых дисков (Dandy, Zeno). Этот доступ был использован Foerster для выполнения ризотомии, кордотомии и пересечения спинного мозга при хронических болях.

Использование общего наркоза и правил асептики знаменовало начало эры эффективной хирургии, в том числе вертебральной. В 1844 г. Bell применил для наркоза веселящий газ, а в 1848 г. Morton использовал с этой же целью эфир. Венгерский акушер Semmelweis в 1847 г. ввел в практику мытье рук хлоридом извести, что позволило снизить смертность среди рожениц с 60 до 0,85 %. В 1856 г. Chassaignac предложил дренировать операционные раны.

Alban Gilpin Smith (1788–1869 гг.) из США в 1888 г. впервые удалил экстрадуральную опухоль спинного мозга.

Все эти события позволили вертебральным хирургам добиться новых успехов, среди которых важное место занимает внедрение в практику вентральных доступов к элементам позвоночного столба. В 1894 г. Chipault описал трансоральный доступ, который впервые был применен на практике LeFort в 1918 г., а затем – Southwick и Robertson

в 1957 г., Fang и Ong – в 1962 г. К сожалению, операции Fang и Ong сопровождались высокой смертностью, в отличие от результатов Louis, применявшего этот доступ с 1966 г. без существенных осложнений. Наиболее широко распространенный в настоящее время вентральный доступ к шейному отделу позвоночника разработан Cloward в 1958 г. В 1957 г. Cauchoi, Binet и Evgard предложили вентральный доступ к переходному шейно-грудному отделу позвоночника, а в 1955 г. Hodgson – к груднопоясничному отделу.

История медицины в целом, как и любой отдельно взятой медицинской дисциплины, – сложнейшее переплетение исканий и открытий, изобретений и разочарований, находок и потерь, а самое главное – человеческих судеб. Можно просто выполнять свои обязанности – честно, но без души, а можно, понимая ограниченность своих знаний и навыков, искать, строить, ошибаться и находить, посвящая этому поиску жизнь. Такие люди создают научные коллективы и школы, к их мнению прислушиваются, у них учатся, и все

это постепенно выводит любую отдельно взятую специальность и медицину в целом на качественно новый уровень. Такие специалисты концентрируют свой опыт в массивных руководствах, которые на годы и на десятилетия становятся учебниками для тех, кто постигает специальность. Но время идет и требует новых книг, по которым можно учиться. Таких книг, вероятно, немало, но далеко не все они пересекают границы государств и становятся европейскими или мировыми учебниками. Мы считаем полезным уделить им отдельное место в нашей «Истории хирургии позвоночника», поскольку их содержание отражало уровень развития нашей специальности на определенном его этапе.

Окончание в следующем номере.

Исследование не имело спонсорской поддержки. Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Литература/References

1. **Алберт Е.** Учебник частной хирургии. Т. 1. СПб., 1902. [Albert E. Textbook of Specialty Surgery. Vol. 1. St. Petersburg, 1902].
2. **Белер Л.** Техника лечения переломов костей. М., 1937. [Beler L. Technique for Treating Broken Bones. Moscow, 1937].
3. **Бидлоо Н.Л.** Наставление по хирургии. М., 1979. [Bidloo NL. Manual on Surgery. Moscow, 1979].
4. **Гориневская В.В., Каплан А.Д., Ланда А.М., Приоров Н.Н., Рамм М.Г., Рауэр А.Э., Скундин М.Г., Уарова С.И.** Основы травматологии. М.; Ленинград, 1936. [Gorinevskaya VV, Kaplan AD, Landa AM, Priorov NN, Ramm MG, Rauer AE, Skundin MG, Uarova SI. Basics of Traumatology. Moscow; Leningrad, 1936].
5. Гориневская Валентина Валентиновна (к 130-летию со дня рождения) // Неотложная медицинская помощь. Журнал им. Н.В. Склифосовского. 2012. № 4. С. 84. [Gorinevskaya Valentina Valentinovna (on the 130th anniversary of her birth). Russian Sklifosovsky Journal of Emergency Medical Care. 2012;(4):84].
6. **Уотсон-Джонс Р.** Переломы костей и повреждения суставов. М., 1972. [Watson-Jones R. Fractures and Joint Injuries (transl. to Russian). Moscow, 1972].
7. **Deshaies EM, DiRisio D, Popp AJ.** Medieval management of spinal injuries: parallels between Theodoric of Bologna and contemporary spine surgeons. *Neurosurg Focus*. 2004;16:E3. DOI: 10.3171/foc.2004.16.1.4.
8. **Goodrich JT.** History of spine surgery in the ancient and medieval worlds. *Neurosurg Focus*. 2004;16:E2. DOI: 10.3171/foc.2004.16.1.3.
9. **Jang K, Rosenfeld J, Di Ieva A.** Paulus of Aegina and the historical origins of spine surgery. *World Neurosurg*. 2020;133:291–301. DOI: 10.1016/j.wneu.2019.10.026.
10. **Nath C, Jaiswal D.** Introduction and history of spinal implantology. In: Banerjee A, Biberthaler P, Shanmugasundaram S, eds. *Handbook of Orthopaedic Trauma Implantology*. Springer Nature Singapore Pte Ltd., 2023.
11. **Quinke H.** Ueber Lumbalpunktion. Die deutsche Klinik am Eingang des 20. Jahrhunderts. Berlin; Wien, 1902.

Адрес для переписки:

Михайловский Михаил Витальевич
630091, Россия, Новосибирск, ул. Фрунзе, 17,
Новосибирский НИИ травматологии и ортопедии
им. Я.Л. Цивьяна,
MMihailovsky@niito.ru

Address correspondence to:

Mikhaylovskiy Mikhail Vitalyevich
Novosibirsk Research Institute of Traumatology and Orthopaedics
n.a. Ya.L. Tsiyvan,
17 Frunze str., Novosibirsk, 630091, Russia,
MMihailovsky@niito.ru

Статья поступила в редакцию 12.03.2024

Подписано в печать 29.03.2024

Received 12.03.2024

Passed for printing 29.03.2024

Михаил Витальевич Михайловский, д-р мед. наук, проф., главный научный сотрудник отдела детской вертебродологии, Новосибирский научно-исследовательский институт травматологии и ортопедии им. Я.Л. Цивьяна, Россия, 630091, Новосибирск, ул. Фрунзе, 17, ORCID: 0000-0002-4847-100X, MMibailovsky@niito.ru.

Mikhail Vitalyevich Mikhaylovskiy, DMSc, Prof., chief researcher, Department of Pediatric Vertebrology, Novosibirsk Research Institute of Traumatology and Orthopaedics n.a. Ya.L. Tsiyvan, 17 Frunze str., Novosibirsk, 630091, Russia, ORCID: 0000-0002-4847-100X, MMibailovsky@niito.ru.



Хирургия
ПОЗВОНОЧНИКА
научно-практический журнал
Russian Journal of Spine Surgery

Нам
20 лет

Нимбекс в хирургии позвоночника

Динамичное развитие медицины в целом и анестезиологии в частности требует от специалистов осведомленности в современных тенденциях. Поэтому особенно интересно оглянуться в прошлое и сравнить его с настоящим. В 2004 г. в журнале «Хирургия позвоночника» вышла статья «Клиническая эффективность нимбекса при хирургическом лечении сколиоза у детей и подростков» (авторы: М.Н. Лебедева, А.М. Агеенко, Е.В. Быкова, С.И. Кирилина, В.П. Шевченко), в которой оценивали эффективность и безопасность применения недавно появившегося нимбекса (цисатракурия бензилата) в хирургии сколиоза: изменение показателей гемодинамики, управляемость миоплегией, в том числе для возможности мониторинга функции спинного мозга – интраоперационного пробуждения больного, скорость и адекватность восстановления самостоятельного дыхания после операции.

Безусловно, как и 20 лет назад, гемодинамическая стабильность пациентов, оперируемых на позвоночнике, является крайне важным фактором безопасности. Интраоперационная гипотония – состояние, которое чревато развитием осложнений при любом виде хирургического вмешательства. Однако в хирургии позвоночника интраоперационная гипотония является критично неблагоприятным фактором, так как, помимо сохранения нормального кровоснабжения жизненно важных органов, необходимо поддержание адекватной перфузии спинного мозга для предотвращения неврологических интра- и послеоперационных осложнений. Нимбекс показал себя как релаксант, который не нарушает гемодинамическую стабильность, и, следовательно, может широко применяться при хирургической коррекции деформации позвоночника, в том числе у детей.

Предотвращение развития интра- и послеоперационных неврологических осложнений путем оценки функции спинного мозга во время операции при коррекции деформаций позвоночника остается задачей максимальной степени значимости. В настоящее время на смену интраоперационному пробуждению пациентов пришел интраоперационный нейрофизиологический мониторинг. Однако, как и 20 лет назад, для полноценного контроля функции спинного мозга во время операции, а именно регистрации моторных вызванных потенциалов, необходимы релаксанты, позволяющие сделать нейромышечный блок максимально управляемым. На наш взгляд, нимбекс соответствует требованиям, предъявляемым к миорелаксантам, и позволяет полноценно осуществлять нейрофизиологический мониторинг. Как и прежде, на большинстве этапов хирургической коррекции деформации позвоночника достаточно нейромышечного блока средней

глубины, что может осуществляться как продленной инфузией со своевременным прекращением введения препарата, так и болюсным введением нимбекса.

Несмотря на относительную управляемость нейромышечного блока при введении нимбекса, связанную с его органонезависимым метаболизмом, сомнительна целесообразность применения нимбекса во время интубации трахеи. Нимбекс относится к миорелаксантам средней продолжительности действия: период его полувыведения приближается к 30 мин. В условиях трудной интубации, что вполне вероятно у пациентов с деформациями позвоночника, в особенности грубыми, указанный период релаксации и, следовательно, апноэ представляется недопустимо длительным. Имеющийся на сегодняшний день для реверсии нейромышечного блока препарат сугаммадекс не влияет на метаболизм нимбекса и будет бессильным в критической ситуации. Казалось бы, при интраоперационном применении нимбекса и риске трудной интубации целесообразно осуществлять миорелаксацию путем введения суксаметония. Однако необходимо помнить, что его введение сопровождается риском развития таких осложнений, как повышение внутричерепного, внутриглазного, внутрижелудочного давления, гиперкалиемия, нарушение ритма сердца и злокачественная гипертермия, риск развития которой более высок в детском и подростковом возрасте. Оптимальным, на наш взгляд, при наличии в распоряжении врача-анестезиолога-реаниматолога сугаммадекса является достижение миорелаксации как на этапе интубации, так и интраоперационно, путем введения рокурония бромидом. Рокурония бромид относится к группе недеполяризующих миорелаксантов, что исключает развитие нежелательных эффектов, связанных с введением деполяризующих миорелаксантов. Также рокурония бромид обладает рядом преимуществ: быстрое развитие миоплегии, низкая токсичность и, что наиболее важно, возможность полной реверсии нейромышечного блока путем введения антидота – сугаммадекса.

Несомненным преимуществом нимбекса является отсутствие при его введении дозозависимого высвобождения гистамина. Гистамин, повышая проницаемость сосудистой стенки, способствует отеку слизистой органов дыхания и усилению секреции бронхиальных желез. Повышенный уровень гистамина в крови может спровоцировать отек верхних дыхательных путей как во время ларингоскопии и интубации трахеи, так и после удаления интубационной трубки. Повышенная секреция бронхиальных желез может привести к нарушениям газообмена у пациентов со сколиотической деформацией позвоночника, ведь из-за деформации грудной клетки у данной категории пациентов

легкие исходно находятся в скомпрометированном состоянии, нередко сопровождающемся дыхательной недостаточностью различной степени выраженности. Дополнительный бронхиальный секрет может явиться решающим фактором, способствующим прогрессированию дыхательной недостаточности. Таким образом, отсутствие гистаминолиберирующего свойства нимбекса обеспечивает, помимо стабильных интраоперационных гемодинамических показателей, благоприятные условия для поддержания проходимости дыхательных путей в интра- и послеоперационном периодах.

Органонезависимая элиминация нимбекса позволяет применять его у пациентов с печеночно-почечной недостаточностью. У детей и подростков со сколиоти-

ческими деформациями позвоночника нарушение функции печени и почек не является характерной патологией, что, однако, не умаляет этого положительного свойства нимбекса.

Таким образом, как и 20 лет назад, на сегодняшний день нимбекс остается релаксантом, применение которого в хирургии сколиоза у детей и подростков оправдано и целесообразно.

*А.А. Иванова, М.Н. Лебедева,
Новосибирский НИИ травматологии
и ортопедии им. Я. Л. Цивьяна*

Хирургическое лечение сколиоза: что изменилось за 20 лет в оценке результатов?

Прошло больше 20 лет с начала первых публикаций в журнале результатов лечения различных деформаций позвоночника. По прошествии такого продолжительного времени уже можно дать определенную оценку того, что радикально поменялось, что потеряло значимость, а что осталось неизменным и актуальным сейчас.

Однозначно можно говорить о том, что победили те металлоконструкции, которые доказали свою эффективность при получении контролируемой трехмерной коррекции деформаций позвоночника. При этом имеет значение не этиология самой деформации, а лишь корригирующий эффект, позволяющий максимально ее исправить, сохранить или восстановить физиологические изгибы, баланс туловища во всех плоскостях и положение его в трехмерном пространстве. Ушел в прошлое как некий золотой стандарт дистрактор Harrington. Уже не применяются и различные инструментари второго поколения. Эра дистрагирующего воздействия на сколиотическую дугу как основного способа при коррекции сколиоза окончательно канула в Лету, уступив место управляемому воздействию, эффективно во всех трех плоскостях. Огромное разнообразие современных металлоконструкций, особенно с применением транспедикулярных шурупов, позволило вывести хирургию деформаций позвоночника на новый уровень. Изменилось качество операций. Нестабильность металлоконструкций на основе крюковых систем, нередко формирующаяся через много лет после хирургического лечения, значительно снизилась, а сроки состоятельности транспедикулярных систем выросли многократно. И хотя длительность хирургического вмешательства при этом несколько увеличилась, повышение степени коррекции, трехмер-

ности ее контроля и стабильности фиксации позвонков в месте их деформации полностью это нивелировали. Более того, большинство металлоконструкций, применяемых в мире при задней инструментальной коррекции деформаций позвоночника, отличаются друг от друга не принципиально, а лишь имеют ряд особенностей, характеризующих форму транспедикулярных шурупов и систему их соединения со стержнями. Это позволяет большинству вертебрологов быстро осваивать технику их применения и включать в свой арсенал.

Однако одним из самых важных моментов в хирургии деформаций позвоночника является не только техника хирургического вмешательства и используемая при этом металлоконструкция, но и оценка результатов лечения. Метод Cobb как способ оценить величину деформации позвоночника во фронтальной и сагиттальной плоскостях не потерял свою актуальность. Более того, он остался единственным методом подобной оценки, принимаемым за некий золотой стандарт всем вертебрологическим сообществом. Кроме величины деформации позвоночника, в последнее время стало очень популярным исследование не только фронтального и глобального сагиттального балансов, но и позвоночно-тазового. Некие взаимоотношения между позвоночником и тазом, их расположение по отношению друг к другу и к зонам стабильности отражают компенсаторные возможности позвоночника с учетом его дегенеративных изменений и клинических проявлений старения опорных элементов туловища. Это позволяет с высокой долей вероятности взглянуть на отдаленный прогноз воздействий металлоконструкций на позвоночник и его баланс, в том числе и на клинические, физиологические и социальные последствия

этих воздействий. Это, в свою очередь, позволяет избежать многих ошибок при планировании операции, уровней установки металлоконструкций, их протяженности и расположения по отношению к тазу и балансу туловища и даже величины коррекции деформации с учетом этих нюансов. В настоящее время назревает необходимость при исследовании деформаций позвоночника использовать трехмерные рентгенологические методы, например, пред-, интра- и послеоперационную компьютерную томографию. Подобные системы постепенно завоевывают все большую популярность в мире, что делает их более доступными для повсеместного распространения, а это однозначно улучшает качество лечения больных с деформациями позвоночника.

Кроме рентгенологических методов оценки результатов хирургического лечения, подтвердила свою достаточную эффективность методика анкетирования. И хотя сохранило значение мнение пациента о том, насколько лучше ему стало в результате лечения, но с учетом относительной субъективности подобной оценки принято считать используемое для этого анкетирование дополнительным научным материалом, увеличивающим качество исследования, позволяющим уточнить социальные перспективы лечения и его отдаленные результаты.

Получившие распространение более 20 лет назад методы трехмерного анализа туловища, в частности компьютерная оптическая топография (КОМОТ), доказали высокую эффективность не только с точки зрения

скрининговых исследований, когда необходимо раннее выявление деформаций позвоночника у детей и определение распространенности сколиоза у детей и взрослых, но и с точки зрения оценки поверхности туловища во всех плоскостях и положения туловища в пространстве. Эта методика в настоящее время имеет широкое распространение и применение, поскольку наряду с неинвазивностью, отсутствием лучевой нагрузки имеет высокую степень мобильности оборудования и скорость проведения исследования у одного пациента. Более того, качество полученных много лет назад данных КОМОТ позволяет включать их в современные исследования любого объема, в том числе и мультицентровые.

Можно также констатировать, что создание Российской ассоциации хирургов-вертебрологов позволило не только сохранить потенциал развития вертебродологии в нашей стране, но и значительно увеличить количество центров и клиник, имеющих в своем штате высококвалифицированных хирургов вертебрологического профиля, а также повысить качество хирургического лечения больных с деформациями позвоночника, количество оперируемых пациентов, а также значительно снизить нуждаемость в подобных операциях в целом по стране.

*В.В. Новиков, А.С. Васюра,
Новосибирский НИИ травматологии
и ортопедии им. Я. Л. Цивьяна*





ВЛАДИМИР ВЛАДИМИРОВИЧ ОСТРОВСКИЙ

Профессору Владимиру Владимировичу Островскому, директору НИИТОН ФГБОУ ВО СГМУ им. В.И. Разумовского, исполнилось 50 лет.

Весь трудовой путь В.В. Островского – от медицинского брата до высококвалифицированного врача, доктора медицинских наук, связан с научно-исследовательским институтом травматологии, ортопедии и нейрохирургии Саратовского государственного медицинского университета.

Владимир Владимирович Островский родился 23 июня 1974 г. в поселке городского типа Тамала Пензенской области. В 1991 г. окончил с золотой медалью Тамалинскую среднюю школу № 1, в 1997 г. – с отличием лечебный факультет Саратовского государственного медицинского института по специальности «лечебное дело».

С 1995 по 1997 г. работал медбратом в отделении нейрохирургии СарНИИТО. На работу его принимал профессор Э.Е. Меламуд, который и стал первым наставником В.В. Островского в нейрохирургии. В 1997–1999 гг. проходил обучение в клинической ординатуре на базе Саратовского НИИ травматологии и ортопедии. Его учителями были корифеи саратовской нейрохирургической школы профессора Л.Я. Лившиц, Э.Е. Меламуд, В.Г. Нинель.

В конце XX – начале XXI в. остро стояла проблема поиска научных решений на стыке нейрохирургии и ортопедии. Это заинтересовало молодого ученого и стало темой его кандидатской диссертации, которую В.В. Островский защитил в 2006 г. Диссертация была посвящена разработке алгоритма хирургического вмешательства при хронических дискогенных болевых синдромах в зависимости от особенности протекания патологического процесса. Диссертационный материал лег в основу монографии «Лечение хронических дискогенных болевых и радикуломиелопатических синдромов у больных с поясничным остеохондрозом».

В 2006–2019 гг. Владимир Владимирович работал в должности заведующего отделением нейрохирургии НИИТОН СГМУ. Выполняя хирургические вмешательства на позвоночнике, он использовал в том числе собственные авторские разработки, обучаться которым приезжали в Саратов нейрохирурги из других регионов. Работая заведующим отделением нейрохирургии, он в полной мере проявил высокие организаторские и профессиональные способности, одновременно активно занимаясь исследованием, которое позже легло в основу докторской диссертации.

В этот период в печатных работах В.В. Островского прослеживается индивидуальный подход к лечению пациентов с травматическими и дегенеративными поражениями позвоночника с учетом механизма и тяжести травмы, этиологии дегенеративного процесса, клинико-рентгенологической картины позвоночного столба, функционального состояния сегментов спинного мозга в патологической зоне, определяются строгие показания к хирургическому вмешательству нейроортопедического характера с использованием фиксирующих металлических конструкций и эндопротезов межпозвонковых дисков. Разработанная тактика лечения данной категории больных показала перспективность ее внедрения, так как обеспечивала сокращение сроков нетрудоспособности, более быстрое восстановление функционального состояния спинного мозга, существенное улучшение качества жизни пациентов.

В 2019 г. В.В. Островского назначили директором НИИ травматологии, ортопедии и нейрохирургии СГМУ им. В.И. Разумовского. Впервые в истории института руководителем стал профессионал в области хирургии позвоночника. При его непосредственном участии в институте сформирована научно-инновационная экосистема, оптимизирована работа коечного фонда, создан региональный центр поддержки

принятия врачебных решений, в котором успешно функционирует система мониторинга и обратной связи для пациентов, реализуется блочно-модульная система диагностики и лечения посттравматических и дегенеративных заболеваний шейного отдела позвоночника, позвоночно-тазового комплекса, разрабатываются «цифровые двойники» патологии и системы онлайн-мониторинга здоровья.

В 2020 г. В.В. Островский защитил диссертацию на соискание ученой степени доктора медицинских наук – «Совершенствование диагностики и тактики хирургического лечения пациентов с травматическими и дегенеративными поражениями шейного отдела позвоночника». Защита диссертации явилась закономерным результатом многолетних научных исследований Владимира Владимировича, которые позволили ему разработать концептуальный подход к диагностике и тактике хирургического лечения пациентов с посттравматическими и дегенеративными поражениями шейного отдела позвоночника, основанный на совершенствовании методов клинико-инструментальной диагностики, хирургического лечения и прогнозирования рисков развития периоперационных осложнений.

В.В. Островский лично разработал и внедрил в практическую деятельность клинического центра СГМУ и ряда медицинских организаций Саратова и Саратовской агломерации новые эффективные и безопасные технологии здоровьесбережения, соответствующие фронтирным направлениям регенеративной и персонализированной медицины.

Владимир Владимирович Островский является автором около 150 научных публикаций, в том числе в зарубежных изданиях, 35 статей в журналах из ядра РИНЦ, разработчиком 15 новых технологий, защищенных патентами Российской Федерации. Он формирует собственную школу, в рамках которой проходят успешные защиты диссертаций. Является членом двух диссертационных советов – ДСУ 208.001.26 при Первом Московском государственном медицинском университете им. И.М. Сеченова (Сеченовский университет) и 21.2.066.02 (Д. 208.094.04) при СГМУ им. В.И. Разумовского. С 2021 г. – профессор кафедры травматологии и ортопедии СГМУ им. В.И. Разумовского.

В.В. Островский – депутат Саратовской городской думы, который с полной самоотдачей ведет работу, направленную на развитие Саратова и благополучие его жителей. За заслуги в области здравоохранения и личный вклад в охрану здоровья граждан В.В. Островский награжден почетной грамотой Министерства здравоохранения Российской Федерации, нагрудным знаком «Отличник здравоохранения», ему присвоено почетное звание «Заслуженный врач Российской Федерации».

В этот замечательный день желаем юбиляру отличного здоровья и дальнейших творческих успехов.

*Коллективы НИИТОН СГМУ,
кафедр нейрохирургии и травматологии
и ортопедии СГМУ им. В.И. Разумовского,
редколлегия журнала «Хирургия позвоночника»*

ВЛАДИМИР ВЛАДИМИРОВИЧ ЗАРЕЦКОВ (1959–2024)



9 мая 2024 г. на 65-м году ушел из жизни сотрудник НИИТОН СГМУ, талантливый ученый и хирург, д-р мед. наук Владимир Владимирович Зарецков.

В.В. Зарецков родился в 1959 г. в рабочем поселке Романовка Романовского района Саратовской области. После окончания в 1982 г. лечебного факультета Саратовского государственного медицинского института приступил к работе врачом в Саратовском НИИ травматологии и ортопедии. Затем поступил в целевую клиническую ординатуру при Ленинградском научно-исследовательском детском ортопедическом институте им. Г.И. Турнера. С 1985 по 1988 г. обучался в целевой аспирантуре в том же институте.

В 1988 г. В.В. Зарецков защитил кандидатскую диссертацию «Спондилолиз и спондилолистез у детей и подростков».

С 1989 г. вся трудовая деятельность Владимира Владимировича была связана с Саратовским НИИ травматологии и ортопедии. Он работал старшим научным сотрудником отдела ортопедии детей, подростков и взрослых, а затем ведущим научным сотрудником отдела инновационных технологий в нейрохирургии и вертебрологии.

В 2003 г. Владимир Владимирович Зарецков успешно защитил докторскую диссертацию «Дегенеративно-дистрофические заболевания позвоночника у детей и подростков (клиника, диагностика и лечение)».

Владимир Владимирович стоял у истоков внедрения в Саратовском НИИ травматологии и ортопедии современных методов лечения травм и деформаций позвоночника, создал школу хирургов-вертебрологов.

В.В. Зарецков является автором более 190 научных работ, в том числе 30 патентов, 70 статей в журналах, включенных в текущий перечень ВАК. Под его научным руководством выполнены кандидатские диссертации С.А. Рубашкина и А.Е. Шульги.

За заслуги в области здравоохранения и долголетний добросовестный труд В.В. Зарецков неоднократно поощрялся.

Коллектив института скорбит по поводу его кончины и всегда будет хранить светлую память о нем.

Выражаем искренние соболезнования близким и родным Владимира Владимировича Зарецкого.

*Администрация НИИТОН СГМУ, профсоюзный комитет, коллеги,
редколлегия журнала «Хирургия позвоночника»*



ИНФОРМАЦИОННОЕ ПИСЬМО

Уважаемые коллеги!

Приглашаем принять участие в конкурсе научных работ среди членов межрегиональной общественной организации «Ассоциация хирургов-вертебрологов» (далее – Конкурс).

Конкурс проводится в трех номинациях:

1. Номинация «Лучшая серия публикаций докторанта в рейтинговых отечественных и зарубежных рецензируемых изданиях по вертебрологии за пятилетний период (2020–2024)». Обязательное условие для участия: исследование выполнялось под руководством докторанта, диссертация была защищена в 2024 г.

2. Номинация «Лучшая научная работа, опубликованная в рейтинговом зарубежном издании». Обязательное условие для участия: исследование выполнялось (выполняется) аспирантом, научным сотрудником или преподавателем, а также докторантом. Статья должна быть опубликована в период за два года до объявления Конкурса (2023–2024); рейтинг зарубежного издания должен быть не ниже Q1 или Q2.

3. Номинация «Лучшая научная работа, опубликованная в рейтинговом отечественном издании». Обязательное условие для участия: исследование выполнялось (выполняется) аспирантом, научным сотрудником или преподавателем. Статья должна быть опубликована в период за два года (2023–2024) до объявления Конкурса; рейтинг издания должен быть не ниже K1.

К участию в Конкурсе принимаются индивидуальные авторские работы участников, соответствующих обязательным условиям, установленным положением о Конкурсе.

Конкурс состоит из двух этапов (туров). Первый этап проводится в форме заочного конкурсного отбора поданных заявок. Второй этап заключается в оценке устных научных докладов конкурсантов, прошедших первый тур отбора, и проходит на заседании жюри Конкурса.

По результатам участники второго этапа Конкурса получают именные сертификаты об участии, а набравшие максимальное количество баллов во втором этапе и ставшие призерами будут награждены дипломами и денежными премиями.

Порядок награждения победителей Конкурса устанавливает организационный комитет.

Организационные вопросы

Для участия в Конкурсе необходимо в соответствии с требованиями к документации (положение о Конкурсе) не позднее 31 августа 2024 г. (включительно) на электронную почту организационного комитета (rvv_nsk@mail.ru) направить следующие материалы:

- заявку на участие в конкурсе;
- копии опубликованных за предыдущий пятилетний период статей, аннотация НИР.

По желанию участника Конкурса могут предоставляться скан-копии других документов, подтверждающих высокий уровень проведенного исследования.

Приложение к письму: положение о Конкурсе.

Контактная информация:

630091, Новосибирск, ул. Фрунзе, 17

ФГБУ «ННИИТО им. Я.Л. Цивьяна» Минздрава России

Телефон: (383) 373-32-01

доб. 1211 – председатель правления Виктор Викторович Рерих, rvv_nsk@mail.ru

доб. 1628 – ученый секретарь Ирина Анатольевна Кирилова, irinakirilova71@mail.ru

*Д-р мед. наук С.В. Колесов, президент МОО АХВ,
д-р мед наук В.В. Рерих, председатель правления*

ФОРУМЫ ДЛЯ ВЕРТЕБРОЛОГОВ

КОНГРЕССЫ, СИМПОЗИУМЫ,

КОНФЕРЕНЦИИ, СЕМИНАРЫ

ХИРУРГИЯ ПОЗВОНОЧНИКА

www.spinesurgery.ru

НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ



Решения при лечении деформации позвоночника: практический курс Spine Deformity Solutions: A Hands-On Course Время проведения: 10–13 июля 2024 г.	Место проведения: Куритиба, Бразилия Контактная информация: www.srs.org/SRS-Events/External-Event-One0Copy
Ежегодная конференция Скандинавского общества деформаций позвоночника Annual meeting in the Nordic Spinal Deformities Society Время проведения: 21–24 августа 2024 г.	Место проведения: Копенгаген, Дания Контактная информация: https://nsds2024.com
Ежегодная научно-практическая конференция с международным участием «Вреденовские чтения» Время проведения: 22–23 августа 2024 г.	Место проведения: Санкт-Петербург, Россия Контактная информация: www.vredenreadings.org
5-й ежегодный Международный симпозиум по позвоночно-пластической реконструкции 5th Annual International Spino-Plastic Reconstruction Symposium Время проведения: 5–7 сентября 2024 г.	Место проведения: Болонья, Италия Контактная информация: https://ce.mayo.edu/surgical-specialties/content/5th-annual-international-spino-Plastic-reconstruction-symposium
59-я ежегодная конференция Общества исследования сколиоза 59th Annual Meeting SRS Время проведения: 10–14 сентября 2024 г.	Место проведения: Барселона, Испания Контактная информация: https://www.srs.org/Meetings-Conferences/Annual-Meeting/AM24
VII съезд травматологов-ортопедов Сибирского федерального округа Время проведения: 13–14 сентября 2024 г.	Место проведения: Красноярск, Россия Контактная информация: www.medgouod.ru
Межрегиональная научно-практическая конференция травматологов-ортопедов с всероссийским участием «Актуальные вопросы травматологии и ортопедии» Время проведения: 17–19 сентября 2024 г.	Место проведения: Барнаул, Россия Контактная информация: https://www.orthobarnaul.ru
44-й Всемирный конгресс Международного общества травматологов-ортопедов SICOT 44th SICOT Orthopaedic World Congress Время проведения: 25–27 сентября 2024 г.	Место проведения: Белград, Сербия Контактная информация: www.sicot.org/belgrade
Межрегиональная научно-практическая конференция с международным участием «Травматология и ортопедия Дальнего Востока третьего тысячелетия» Время проведения: 27 сентября 2024 г.	Место проведения: с. Краснореченское, Хабаровский край, Россия Контактная информация: https://меду.рф/events/travma-27-sen-2024.html
ЕВРОСПАЙН-2024 – Ежегодная конференция общества вертебрологов Европы EUROSPINE 2024 Время проведения: 2–4 октября 2024 г.	Место проведения: Вена, Австрия Контактная информация: www.eurospine.org/events/annual-meeting/2024

ФОРУМЫ ДЛЯ ВЕРТЕБРОЛОГОВ

КОНГРЕССЫ, СИМПОЗИУМЫ,
КОНФЕРЕНЦИИ, СЕМИНАРЫ

ХИРУРГИЯ ПОЗВОНОЧНИКА

www.spinesurgery.ru

НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ



Ежегодная научно-практическая конференция
«Турнеровские чтения», посвященная актуальным
вопросам травматологии и ортопедии детского
возраста

Время проведения: 3–4 октября 2024 г.

Место проведения: Санкт-Петербург, Россия

Контактная информация:

<https://turnerreadings.org>

IX Пироговский форум травматологов-ортопедов

Время проведения: 17–18 октября 2024 г.

Место проведения: Уфа, Россия

Контактная информация:

<https://pirogovforum.com>

Всероссийская научно-практическая конференция
с международным участием «Цивьяновские чтения»

Время проведения: 1–2 ноября 2024 г.

Место проведения: Новосибирск, Россия

Контактная информация:

<https://niitoconf.ru>

XI научно-практическая конференция
с международным участием «Приоровские чтения»
и конференция молодых ученых,
посвященная 100-летию проф. К.М. Сиваша

Время проведения: 13–14 декабря 2024 г.

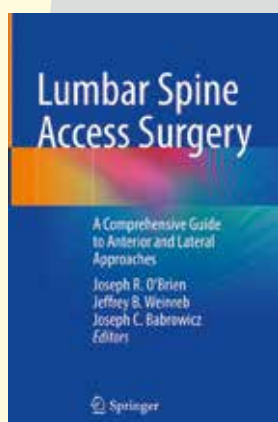
Место проведения: Москва, Россия

Контактная информация:

<https://priorovconf.ru>



**Хирургия поясничного отдела позвоночника:
полное руководство по выполнению переднего
и бокового доступов**
**Lumbar Spine Access Surgery: A Comprehensive Guide
to Anterior and Lateral Approaches**
Ed. by. J.R. O'Brien, J.B. Weinreb, J.C. Babrowicz

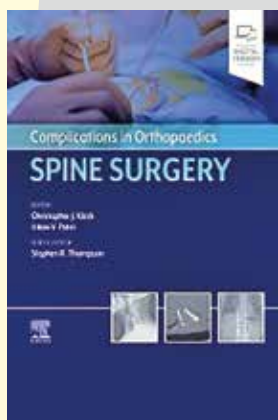


Springer Cham, 2024
376 с.

Внедрение переднего и бокового доступов произвело революцию в хирургии позвоночника, но при этом процедуры и методы лечения, выполняемые из этих доступов, оставались неосвоенными многими хирургами, а освоившие демонстрируют очень трудную кривую обучения. Частично это можно объяснить нехваткой учебной литературы, и цель данной книги – заполнить этот пробел, чтобы начинающие и опытные хирурги могли добавить в свой арсенал передний и боковой доступы.

Книга помогает хирургу пройти все этапы выполнения лечения: от принятия решения о том, какой доступ использовать, до послеоперационного ведения пациента. В частности, читатель получит исчерпывающие знания о том, как выполнять каждую процедуру доступа, как ухаживать и лечить пациента на каждом этапе, а также о том, как лучше всего справиться с множеством возможных осложнений. В семи разделах представлено все, что нужно знать хирургу: история и актуальность темы, предоперационный и интраоперационный уход, хирургические методы, интраоперационные осложнения, послеоперационный уход, а также заключительный раздел, в котором рассматриваются дополнительные аспекты ревизионной хирургии, биологических методов лечения и подходов к лечению амбулаторных пациентов, в том числе с ожирением.

Осложнения в ортопедии: хирургия позвоночника
1-е изд.
Complications in Orthopaedics: Spine Surgery,
1st Edition
V. Patel, C.J. Kleck, S. Thompson



Elsevier, 2024
412 с.

Разница между средним хирургом и хирургом-мастером часто заключается в способности управлять ситуацией и устранять хирургические осложнения. Книга предоставляет экспертные рекомендации и предлагает реальные решения для улучшения результатов лечения пациентов для стажеров и для опытных хирургов. Это совершенно новый том из серии «Осложнения в ортопедии» от редактора серии доктора Стивена Р. Томпсона совместно с экспертами – спинальными хирургами В. Пателем и К.Дж. Клексом посвящены тому, как распознавать и избегать ошибки во время операций на позвоночнике, с тщательным разбором предоперационных, интраоперационных проблем и послеоперационных осложнений.



Интраоперационный нейрофизиологический мониторинг в хирургии сколиоза А.В. Бузунов, А.С. Васюра, В.В. Новиков, Д.В. Жуков, А.А. Иванова, М.Н. Лебедева



Новосибирск: ФГБУ «ННИИТО им. Я.Л. Цивьяна»
Минздрава России, 2024. 40 с.

В книге подробно описаны эндоскопические операции, выполняемые при хирургическом лечении позвоночника. Представлен базовый уровень владения эндоскопическими процедурами и хирургические методы, специально предназначенные для лечения заболеваний позвоночника, обеспечивающие лучшие хирургические исходы и меньшее число осложнений. Эндоскопические процедуры с их преимуществом в осуществлении хирургического доступа и послеоперационной реабилитации широко применяются при ортопедических заболеваниях. Представлены описания случаев, характерные для типичных клинических состояний, хорошо иллюстрированные эндоскопическими фотографиями. Формат книги – пошаговые инструкции, удобные в использовании, особенно для хирургов, проходящих обучение.

Посттравматические деформации грудного и поясничного отделов позвоночника К.О. Борзых, В.В. Рерих, Д.В. Жуков



Новосибирск: ФГБУ «ННИИТО им. Я.Л. Цивьяна»
Минздрава России, 2024. 56 с.

Учебное пособие включает в себя современные сведения о клинике, диагностике, консервативном и хирургическом лечении пациентов с посттравматическими деформациями грудного и поясничного отделов позвоночника, а также освещает вопросы реабилитации после хирургического лечения. Разработанный и представленный в данном пособии алгоритм определяет выбор наиболее оптимального хирургического метода, основанного на объективных данных клинического и лучевого методов обследования. Непрерывное проведение комплексной реабилитации в послеоперационном периоде у данной категории пациентов является обязательным условием для достижения лучших результатов лечения и социальной адаптации. Учебное пособие предназначено для ординаторов, врачей-травматологов-ортопедов, врачей-нейрохирургов. Освещает современные подходы к хирургическому лечению посттравматических деформаций грудного и поясничного отделов позвоночника разной сложности.



Интенсивная терапия дыхательной недостаточности у пациентов с позвоночно-спинномозговой травмой шейного отдела

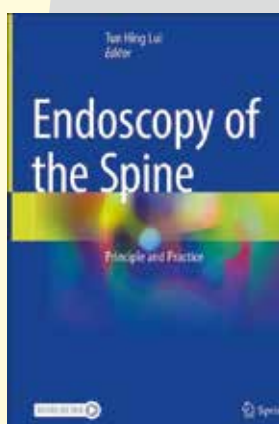
М.Н. Лебедева, С.А. Первухин,
И.А. Стаценко, А.В. Пальмаш



Новосибирск: ФГБУ «ННИИТО им. Я.Л. Цивьяна»
Минздрава России, 2024. 44 с.

Учебное пособие включает в себя современные сведения об этиопатогенезе, клинике, диагностике и лечении дыхательной недостаточности у пациентов с позвоночно-спинномозговой травмой шейного отдела. В пособии показано, что достижение успешных результатов лечения возможно только на основе использования широкого комплекса современных методов диагностики, интенсивной терапии с учетом фактора срочности выполнения декомпрессивно-стабилизирующих операций. Особенно выделена диагностическая значимость УЗИ-визуализации диафрагмы при проведении длительной ИВЛ у пациентов с позвоночно-спинномозговой травмой шейного отдела. Пособие предназначено для врачей-анестезиологов-реаниматологов, травматологов-ортопедов, нейрохирургов, аспирантов и ординаторов.

Эндоскопия позвоночника. Принцип и практика Endoscopy of the Spine. Principle and Practice Ed. by. Tun Hing Lui



Springer Singapore, 2023
458 с.

В книге подробно описаны эндоскопические операции, выполняемые при хирургическом лечении позвоночника. Представлен базовый уровень владения эндоскопическими процедурами и хирургические методы, специально предназначенные для лечения заболеваний позвоночника, обеспечивающие лучшие хирургические исходы и меньшее число осложнений. Эндоскопические процедуры с их преимуществом в осуществлении хирургического доступа и послеоперационной реабилитации широко применяются при ортопедических заболеваниях. Представлены описания случаев, характерные для типичных клинических состояний, хорошо иллюстрированные эндоскопическими фотографиями. Формат книги – пошаговые инструкции, удобные в использовании, особенно для хирургов, проходящих обучение.

Хирургия ПОЗВОНОЧНИКА

Russian Journal of Spine Surgery



ПОДПИШИТЕСЬ СЕЙЧАС
www.spinesurgery.ru



Форма № ПД -4	
Извещение	УФК по НСО (ИНН 5406011563, ФГБУ ННИИТО им. Я.Л. Цивьяна, л/с 20516Х89550) (наименование получателя платежа)
	5406102179 № 40501810700042000002 (ИНН получателя платежа) (номер счета получателя платежа)
Кассир	В ГРКЦ ГУ Банка России по Новосибирской области (наименование банка получателя платежа)
	БИК 045004001 № _____ (номер кор./сч. банка получателя платежа)
Квитанция Кассир	Подписка на журнал «Хирургия позвоночника» (наименование платежа)
	Сумма платежа _____ руб. _____ коп. Сумма платы за услуги _____ руб. _____ коп. Итого _____ руб. _____ коп.





Редакционная подписка

Объем издания 100–150 страниц. Периодичность 4 раза в год. Журнал содержит специализированную информацию, посвященную проблемам хирургии позвоночника и смежным дисциплинам.

Стоимость годовой подписки по России:

для физических лиц – 4000 р., для организаций – 5600 р.

Стоимость годовой подписки по странам зарубежья:

для физических лиц – 5600 р., для организаций – 6400 р.

Организациям для подписки необходимо отправить заявку на требуемое количество комплектов, а также реквизиты для выставления счета по e-mail: MBedulina@niito.ru.

Подписчикам журнала предоставляется доступ к полным версиям статей на сайте www.spinesurgery.ru
Архивные номера журнала можно приобрести в редакции.



С условиями приема указанной в платежном документе суммы, в т. ч. с суммой взимаемой платы за услуги банка, ознакомлен и согласен

«__» _____ 20__ г. _____
(подпись плательщика)

Информация о плательщике:

(Ф. И. О., адрес плательщика)

(ИНН)

№ _____
(номер лицевого счета (код) плательщика)

С условиями приема указанной в платежном документе суммы, в т. ч. с суммой взимаемой платы за услуги банка, ознакомлен и согласен

«__» _____ 20__ г. _____
(подпись плательщика)

Информация о плательщике:

(Ф. И. О., адрес плательщика)

(ИНН)

№ _____
(номер лицевого счета (код) плательщика)



Копию платежного документа направляйте в редакцию по e-mail: MBedulina@niito.ru.
или по адресу: 630091, Новосибирск, ул. Фрунзе, 17, редакция.
Тел.: 8-383-363-12-91, факс: 8-383-363-39-73.

Научно-практический журнал «Хирургия позвоночника» – регулярное печатное издание для клиницистов, научных работников и руководителей органов здравоохранения. Журнал публикует оригинальные статьи по теоретическим, клиническим и экспериментальным исследованиям, случаи из практики, дискуссии, обзоры литературы, информационные материалы, посвященные актуальным проблемам вертебродологии. Журнал «Хирургия позвоночника» включен в международную библиографическую и реферативную базу данных Scopus, Российский научный индекс цитирования RSCI на платформе Web of Science и в Перечень ведущих рецензируемых научных журналов и изданий России, рекомендованных ВАК для публикации научных результатов диссертаций на соискание ученой степени доктора и кандидата наук по специальностям «травматология и ортопедия» (3.1.8.) и «нейрохирургия» (3.1.10.).

Решение о публикации статей принимается редакционной коллегией на основании мнения независимых рецензентов – специалистов по проблеме при условии соответствия исследований этическим требованиям, а также требованиям к оформлению рукописи. В качестве базового способа рецензирования применяется двойное слепое (рецензент не знает автора, автор не знает рецензента) с привлечением двух экспертов. В случае непредоставления экспертного мнения в течение четырех недель статья направляется другим рецензентам. На повторное рецензирование отводится 2 недели. В спорных ситуациях (при расхождении мнения рецензентов о принятии/отклонении статьи) привлекаются дополнительные рецензенты. Окончательное решение о публикации статьи принимает главный редактор. Публикации в журнале бесплатны. Редакция оставляет за собой право редактировать стиль изложения и оформление статьи. Тексты всех статей, поступающих в журнал, проходят обязательную проверку на уникальность с помощью системы «Антиплагиат». При оригинальности текста менее 85 % рукопись отклоняется от публикации.

О соответствии этическим нормам

При направлении статьи в редакцию рекомендуется руководствоваться правилами, составленными с учетом «Единых требований к рукописям, представляемым в биомедицинские журналы» (www.icmje.org/index.html), которые разработаны Международным комитетом редакторов медицинских журналов, а также Рекомендациями COPE, изданными Комитетом по издательской этике (<http://publicationethics.org/about>). Проведение и описание всех клинических исследований должно полностью соответствовать стандартам CONSORT (www.consort-statement.org).

При описании исследований с участием людей необходимо указать, соответствовали ли исследования стандартам биоэтического комитета, входящего в состав учреждения, в котором выполнялась работа, разработанным в соответствии с Хельсинкской декларацией Всемирной медицинской ассоциации «Этические принципы проведения научных медицинских исследований с участием человека» с поправками 2000 г. и «Правилами клинической практики в Российской Федерации», утвержденными приказом Минздрава России от 19.06.2003 г. № 266. Все лица, участвующие в исследовании, должны дать информированное согласие на участие. В статьях, описывающих эксперименты на животных, необходимо указать, что они проводились в соответствии с «Правилами проведения работ с использованием экспериментальных животных» (приложение к приказу Министерства здравоохранения СССР от 12.08.1977 г. № 755). В обоих случаях необходимо указать, был ли протокол исследования одобрен этическим комитетом (с приведением названия соответствующей организации, ее расположения, номера протокола и даты заседания комитета).

Оформление рукописи

Общие правила. Рукопись должна быть направлена в редакцию по электронной почте (spine.surgery@mail.ru) или через систему электронной редакции на сайте журнала. К статье прилагаются **направления к публикации** на бланках всех учреждений с экспертным заключением об отсутствии в материале сведений, не подлежащих опубликованию, с указанием, что данный материал не был опубликован в других изданиях, и **письмо-сопровождение**, подтверждающее передачу прав на публикацию, с подписями всех авторов.

Формат. Текст статьи следует предоставлять в текстовом редакторе Word, с размером полей не менее 2,5 см, через 1,5 междустрочных интервала, используя шрифт Times New Roman, размер 12. Страницы должны быть пронумерованы арабскими цифрами в нижнем правом углу, начиная с титульной. Графики предоставляются в формате Microsoft Excel. Общий объем оригинальной статьи не должен превышать 12 страниц, обзорной работы – 16, кратких сообщений – 4.

Титульный лист должен содержать название статьи; имена, отчества и фамилии авторов с указанием высших из имеющихся у них ученых степеней (званий) и должности, которую они занимают; полное название учреждения(ий), где выполнялась работа; контактную информацию (e-mail, тел.) всех авторов, личные международные идентификаторы ORCID всех авторов (обязательно) и уникальный идентификационный номер Scopus Author ID (при наличии) для опубликования в журнале. Всю информацию необходимо предоставить на русском и английском языках.

Авторство. Данные об авторах указываются в последовательности, которая определяется их совместным решением и подтверждается подписями на титульном листе. Кроме того, следует указать вклад каждого автора в исследование (в словесном и процентном выражении). Иные лица, внесшие вклад в выполнение работы, недостаточный для признания авторства (не могущие принять на себя ответственность за содержание работы, но оказавшие техническую, финансовую, интеллектуальную помощь), должны быть перечислены (с их письменного согласия) в разделе «Выражение признательности» после текста статьи.

Резюме и ключевые слова. В структурированном резюме (на русском и английском языках) объемом не менее 200 слов должны быть отражены предмет исследования (наблюдения), цель, материал и методы, основные результаты, область их применения и выводы, приведены 3–8 ключевых слов (словосочетаний).

Рубрикация. Оригинальная статья обычно имеет следующую композицию: введение, методы (материал и методы), результаты, обсуждение, заключение (выводы). В больших статьях главы «Результаты» и «Обсуждение» могут иметь подзаголовки. В обзорах, описаниях случаев возможна другая структура текста. Во вводной части статьи следует указать тип публикации и уровень доказательности исследования.

Библиографические ссылки должны быть сверены с оригиналами и приведены по мере цитирования под заголовком «Литература». В тексте ссылки нумеруются в квадратных скобках: [1], [3–6], [8, 9]. В названиях журналов следует пользоваться сокращениями, принятыми в Index Medicus. В оригинальных статьях рекомендуется использовать литературные источники последних 10 лет. Не рекомендуется ссылаться на материалы конференций, на диссертации и авторефераты диссертаций. Если по исследуемой теме у одних и тех же авторов имеется несколько публикаций, ссылаться рекомендуется на последнюю из них.

Список литературных источников на русском языке должен быть представлен и в транслитерированном виде. Библиографическое описание на русском языке выполняется на основе ГОСТ Р 7.0.5–2008 («Библиографическая ссылка. Общие требования и правила составления»). Англоязычная часть библиографического описания должна соответствовать формату, рекомендуемому Американской национальной организацией по информационным стандартам (National Information Standards Organisation – NISO), принятому National Library of Medicine (NLM) для ее баз данных (Library's MEDLINE/PubMed database: www.nlm.nih.gov/citingmedicine). В библиографическом описании приводятся фамилии всех авторов. Указание DOI приветствуется.

Иллюстрации. Рисунки, графики, схемы, фотографии нумеруются и подписываются фамилией первого автора и началом названия статьи. В тексте указываются ссылки на каждый рисунок в соответствии с первым упоминанием. Иллюстрации должны быть четкими, пригодными для воспроизведения, в формате TIF или JPG с разрешением 300 точек; их количество, включая а, б и т.д., – не более восьми. Для ранее опубликованных иллюстраций необходимо указать оригинальный источник и предоставить письменное разрешение на воспроизведение от их автора (владельца).

Таблицы нумеруются, если их число более одной, и последовательно цитируются в тексте (приемлемо не больше пяти). Каждый столбец должен иметь краткий заголовок, пропуски в строках обозначаются знаком тире. Для данных из других источников необходима ссылка на эти источники. Дублирование сведений в тексте, графиках, таблице недопустимо.

Сокращения. Следует ограничиться общепринятыми сокращениями (ГОСТ 7.12–93 для русского и ГОСТ 7.11–78 для иностранных европейских языков), избегая новых без достаточных на то оснований. Аббревиатуры расшифровываются при первом использовании терминов и остаются неизменными по всему тексту. Сокращения, аббревиатуры в таблице разъясняются в примечании к ней.

Английский язык и транслитерация

При транслитерации рекомендуется использовать стандарт BGN/PCGN (United States Board on Geographic Names/Permanent Committee on Geographical Names for British Official Use), рекомендованный международным издательством Oxford University Press как British Standard. Для транслитерации текста в соответствии со стандартом BGN можно воспользоваться ссылкой <http://ru.translit.ru/?account=bgn>. Англоязычное название статьи должно быть грамотно с точки зрения языка, при этом по смыслу полностью соответствовать русскоязычному названию. Фамилию, имя и отчество необходимо писать в соответствии с заграничным паспортом или так, как в ранее опубликованных статьях. Авторам, публикующимся впервые и не имеющим заграничного паспорта, следует воспользоваться стандартом транслитерации BGN/PCGN. Необходимо указывать официальное англоязычное название учреждения. Полный список названий учреждений и их официальные англоязычные версии можно найти на сайте РУНЭБ [eLibrary.ru](http://elibrary.ru). Англоязычная версия резюме статьи должна по смыслу и структуре полностью соответствовать русскоязычной. Для выбора ключевых слов на английском следует использовать тезаурус Национальной медицинской библиотеки США – [Medical Subject Headings \(MeSH\)](http://mesh.nlm.nih.gov).