

ОТДАЛЕННЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ПРИМЕНЕНИЯ ЭЛАСТИЧНЫХ НИТИНОЛОВЫХ ФИКСАТОРОВ ПРИ ХИРУРГИЧЕСКОМ ЛЕЧЕНИИ ПОВРЕЖДЕНИЙ И ЗАБОЛЕВАНИЙ ПОЗВОНОЧНИКА И СПИННОГО МОЗГА

Завгородняя Е.В.¹, Давыдов Е.А.¹, Коллеров М.Ю.²

¹РНХИ им. проф. А.Л. Поленова – филиал СЗФМИЦ им. В.А. Алмазова, Санкт-Петербург,
²Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет), Москва

THE LONG-TERM RESULTS OF ELASTIC NITINOL CLAMPS (ENF) FIXATION IN THE SURGERY OF SPINE AND SPINAL CORD INJURIES AND DISEASES

Zavgorodnyaya E.V.¹, Davydov E.A.¹, Kollerov M.Yu.²

¹RNSI n. a. Prof. A.L. Polenov at V.A. Almazov North-Western Medical Research Center, Saint Petersburg,
²Moscow Aviation Institute (National Research University), Moscow

ЦЕЛЬ ИССЛЕДОВАНИЯ: Оценить отдаленные результаты применения эластичных нитиноловых фиксаторов (ЭНФ) при хирургическом лечении повреждений и заболеваний позвоночника и спинного мозга.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ: Анализируются отдаленные результаты хирургического лечения с применением эластичных нитиноловых фиксаторов 117 пациентов с повреждениями и заболеваниями позвоночника и спинного мозга. Все пациенты прошли комплексное клинико-инструментальное обследование, оперативное вмешательство, целью которого являлось выполнение декомпрессии нейро-сосудистых структур, стабилизация позвоночно-двигательных сегментов (ПДС).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБУЖДЕНИЕ: На основании клинических наблюдений конкретизированы показания к применению ЭНФ, выявлены причины несостоятельности и недостатки конструкций первого поколения ЭНФ, разработаны варианты усовершенствования конструкций ЭНФ.

ВЫВОДЫ: Лечение больных с повреждениями и заболеваниями позвоночника является актуальной проблемой, существующей на стыке специальностей – травматологии и нейрохирургии, требующей госпитализации пациентов в профильный стационар при условии наличия специалистов должного уровня и с навыками работы с ЭНФ.

Выбор хирургической тактики должен осуществляться в соответствии со стандартами оказания медицинской помощи, оставаясь индивидуальным в каждом конкретном клиническом случае и зависеть от уровня и характера повреждения.

Основной целью применения ЭНФ остается динамическая фиксация позвоночника с сохранением подвижности в ПДС.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: Повреждения позвоночника и спинного мозга, остеохондроз, позвоночник, нестабильность, металлоконструкции, динамическая стабилизация, нитиноловый имплантат.

OBJECTIVE: To evaluate the long-term results of elastic nitinol clamps (ENF) fixation in cases of spine and spinal cord injuries and diseases.

MATERIALS AND METHODS: long-term results of surgery using elastic nitinol clamps were analyzed in 117 patients with spine and spinal cord injuries and diseases. All patients underwent a complete clinical and instrumental examination, surgery for decompression of neuro-vascular structures and fixation of the vertebral motor segments.

RESULTS AND DISCUSSION: Based on these clinical observations the indications for use of ENF were specified, the causes of insolvency and shortcomings of the first generation of ENF were identified and options for improving the design of the ENF were developed.

CONCLUSIONS: Treatment of patients with spine and spinal cord injuries and diseases is an urgent problem that exists at the intersection of disciplines - traumatology and neurosurgery, which requires to be performed in proper profile hospital providing an adequate level of experts and skills to work with ENF. Surgical approach should be selected due to treatment guidelines, but should be individual in each clinical case, depending on the level and the type of injury. The main purpose of the ENF is dynamic spine fixation with preservation of mobility in the vertebral motor segments.

KEY WORDS: traumatic spine and spinal cord injury, low back pain, spine, instability, metal fixation, dynamic fixation, nitinol implant.

Наиболее частой причиной временной и полной утраты трудоспособности пациентов с заболеваниями спинного мозга и периферической нервной системы являются дегенеративно-дистрофические процессы в

позвоночнике, в частности остеохондроз, а так же повреждения позвоночника и спинного мозга.

Актуальность проблемы определяется высокой частотой заболеваемости, большими экономически-

ми затратами на лечение и реабилитацию и неудовлетворенностью их исходами [1].

По оценкам экспертов ВОЗ, именно боли в спине являются второй по частоте жалобой при первичном обращении пациента к врачу и первой в структуре временной нетрудоспособности. Согласно статистике, 30-60% населения развитых стран страдают периодически повторяющимися болями в спине. 75% пациентов с данной болью обращаются за помощью к 2-3 специалистам и более, при этом, не всегда добиваясь ликвидации болевого синдрома. Считается, что до 80% населения нашей планеты страдает вертеброгенными болевыми синдромами [2].

Наряду с неоспоримым прогрессом спинальной хирургии, очевидны проблемы унификации подходов, выработки единых алгоритмов и стандартов оказания медицинской помощи, оперативных вмешательств и методик при организации лечения, направленных на сокращение адаптационного и реабилитационного периодов, улучшение качества жизни больных.

Тенденция к полноценной, но минимально травматичной декомпрессии нейро-сосудистых структур и стабилизации пораженного позвоночно-двигательного сегмента (ПДС) с сохранением естественной биомеханики позвоночного столба привела к появлению большого разнообразия имплантатов [8].

В настоящее время развитие хирургической техники при лечении пациентов с поражением позвоночника любого генеза достигло определенных высот, в арсенале хирургов имеется много способов стабилизации пораженного ПДС [3-5], требующих тщательного анализа и оценки отдаленных результатов хирургического лечения для определения показаний к применению этих методов в дальнейшем у каждого конкретного пациента.

На протяжении 25 лет при хирургическом лечении спинальных больных сотрудниками РНХИ им. проф. А.Л. Поленова успешно применялись на практике металлоконструкции из нитинола, в том числе ЭНФ. Доказательством безопасности этих методик являются малоинвазивность хирургического

вмешательства, биосовместимость и интактность сплава никеля и титана (нитинол), низкий процент осложнений, хорошие отдаленные результаты лечения при относительно невысоких финансовых затратах. Также неоспоримым преимуществом применения фиксаторов из нитинола является тот факт, что данные изделия не имеют аналогов в мире и производятся в Российской Федерации.

Сверхэластичные имплантаты из нитинола предназначены для восстановления или укрепления костных, хрящевых и фиброзных образований позвоночника, сохраняя при этом физиологическую подвижность в ПДС [6].

Целью данного исследования явились анализ и оценка отдаленных результатов применения эластичных нитиноловых фиксаторов при хирургическом лечении повреждений и заболеваний позвоночника и спинного мозга.

Материалы и методы исследования. Объектом исследования стали 117 пациентов, оперированных ранее по поводу повреждения или дегенеративно-дистрофического заболевания позвоночника с использованием ЭНФ, находившихся на лечении в РНХИ им. проф. А.Л. Поленова и СПб ГБУЗ «Городской больнице святой преподобномученицы Елизаветы» в период с 2000 по 2014 гг. включительно.

Всего за этот период ЭНФ были установлены 485 пациентам, однако проследить отдаленные результаты удалось лишь у 117, благодаря имевшимся достоверным координатам в медицинской документации и их добровольному согласию принять участие в исследовании. Таким образом, все приведенные ниже данные, проценты и пропорции рассчитывались не от общего числа пролеченных больных (485 наблюдений) в заявленном периоде времени, а от количества пациентов (117 наблюдений), чьи катamnестические данные нам удалось собрать.

Отдаленные результаты применения ЭНФ оценивались в сроки от 3 месяцев до 15 лет.

В анализируемой группе больных было 56 женщин и 35 мужчин в возрасте от 29 до 76 лет (табл. 1).

Таблица 1

Распределение больных по полу и возрасту (n = 117)

Возраст (лет)	Пол				Всего	
	мужской		женский			
	абс.	%	абс.	%	абс.	%
До 20	0	0,00	2	1,71	2	1,71
20-30	5	4,27	7	5,98	12	10,26
31-40	9	7,69	13	11,11	22	18,80
41-50	13	11,11	17	14,53	30	25,64
51-60	10	8,55	16	13,68	26	22,22
Старше 60	8	6,84	17	14,53	25	21,37
Всего	45	38,46	72	61,54	117	100

Отделы позвоночника, на которых проводилось хирургическое вмешательство с применением ЭНФ, распределились следующим образом: 37 (31,6%) операций были выполнены на шейном отделе, 16 (13,7%) на грудном и 64 (54,7%) на пояснично-крестцовом отделе.

Причины патологических изменений, их локализация, уровень поражения ПДС и стадия процесса определяли выбор хирургического доступа и тип нитиноловых металлоконструкций, установленных у конкретного пациента, с учетом задач и функций каждого вида ЭНФ. У 9 пациентов из 117 имело место сочетание нескольких типов имплантатов для оптимальной стабилизации пораженных ПДС (табл. 2).

На уровне шейного отдела позвоночника кроме различных ламинарных ЭНФ применялись одновитковые спирали («эндопротез» межпозвонкового диска), на грудном уровне в 100% случаев стабилизация ПДС осуществлялась с помощью ламинарных петельных стяжек различных типоразмеров, на пояснично-крестцовом уровне чаще всего устанавливались ламинарные петельные стяжки, в том числе в сочетании с имплантатом ИЛКОДА для межкостистой динамической стабилизации.

Анализ клинический результатов лечения был проведен с учетом неврологического статуса, опросников качества жизни, данных лучевых методов

диагностики с оценкой статико-динамической функции позвоночника.

Для оценки интенсивности болевого синдрома использовалась визуальная аналоговая шкала боли (ВАШ) и опросник Освестри.

Основываясь на данных нейровизуализационных методов диагностики у 8 пациентов нами были выявлены дефекты установленных ЭНФ (табл. 3).

Развитие осложнений в виде любых выявленных дефектов ЭНФ были отнесены к отдаленным результатам на основании интра- и послеоперационного обследования больных, взятого из медицинской документации и подтвержденного методами лучевой диагностики, свидетельствующими об отсутствии дефектов металлоконструкций и их установки на этапе имплантации и в раннем послеоперационном периоде.

Дефект фиксации на уровне шейного отдела позвоночника имел место у 1 пациента и был связан с проворачиванием «эндопротеза» вокруг оси (рис. 1), при сохранении рабочей функции фиксатора - distraction тел позвонков на фоне восстановленной физиологической подвижности в оперированном ПДС.

Необходимо учитывать, что функционирование межтелового имплантата – «эндопротеза» в виде одновитковой спирали, как ЭНФ, имитирующего работу межпозвонкового диска прекращается, по

Таблица 2

Типы установленных металлоконструкций

	Шейный отдел позвоночника	Грудной отдел позвоночника	Пояснично-крестцовый отдел позвоночника
Одновитковая спираль («эндопротез» межпозвонкового диска)	10	–	–
Межтеловой имплантат (протез пульпозного ядра)	3	–	–
Ячеистый титановый имплантат	9	–	–
Петельные стяжки, скобы	11	16	49
Межкостистый динамический фиксатор	–	–	8
Одномоментное использование (сочетание) нескольких типов имплантатов	3	–	7
Трехплоскостной имплантат (2 поколение ЭНФ)	1	–	–
ИТОГО	37	16	64

Таблица 3

Выявленные дефекты установленных ЭНФ

Тип дефекта	Шейный отдел позвоночника	Грудной отдел позвоночника	Пояснично-крестцовый отдел позвоночника
Разрушение фиксатора	–	–	3
Атипичное стояние зацепляющих крючков (прорезывание)	–	–	2
Смещение ЭНФ по оси (вывихивание и проворачивание)	1	–	2
ИТОГО	1	0	7



Рис. 1.
Контрольная спондилограмма через 6 месяцев
после операции

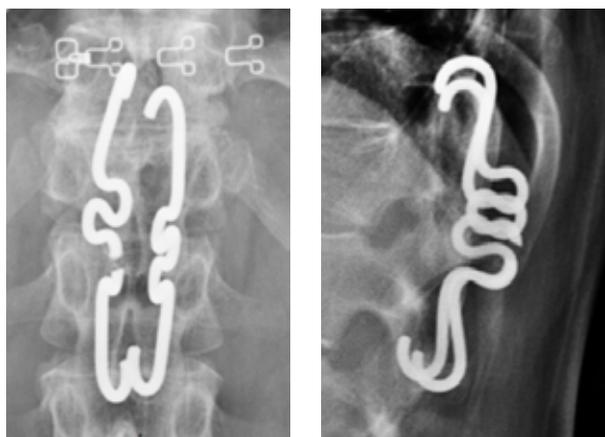


Рис. 2.
Контрольная спондилограмма через 15 лет после операции

нашим данным, через 12-18 месяцев. В ряде случаев (2 наблюдения) динамическая функция сохранялась в течение 6 месяцев. Связано это с тем, что между телами позвонков, где была установлена одновитковая спираль, в раннем послеоперационном периоде возникал фиброзный блок, который в сочетании с ЭНФ функционировал как новообразованный межпозвонковый диск, сохраняя необходимую физиологическую подвижность между телами, имитируя работу межпозвонкового диска.

За 6 месяцев межтеловой фиксатор успевал выполнить свою основную функцию – предотвратить уменьшение высоты межпозвонкового пространства после удаления поврежденного диска и осуществлять умеренную дистракцию тел позвонков по оси позвоночника, сохраняя мобильность ПДС. Однако, с учетом индивидуальных особенностей пациентов и функциональной нагрузки на шейный отдел позвоночника, фиброзный блок между телами позвонков оперированного сегмента постепенно

преобразовывался в костный блок и возникал обычный межтеловой спондилодез, подобный спонтанному спондилодезу, возникающему при перерождении собственных хрящевых межпозвонковых дисков вследствие дегенеративных процессов.

Следствием таких изменений явилось увеличение нагрузки на смежные позвоночно-двигательные сегменты, и повышенный риск грыжеобразования в них.

У пациентов, оперированных на грудном отделе позвоночника, применялись, как правило, парные ламинарные ЭНФ. Каких-либо дефектов в установленных на этом уровне имплантатах выявлено не было. Лишь в одном наблюдении, спустя 15 лет после операции, обнаружилось разрушение одной из установленных петельных стяжек (рис. 2). Поскольку верхние крючки петельных фиксаторов крепились за дужку Th_{XII}, а патологический процесс локализовался ниже с вовлечением в него Th_{XII}-L_I и L_I-L_{II} ПДС, наблюдение отнесли к группе осложнений операций с ЭНФ на пояснично-крестцовом уровне.

Больные, оперированные на пояснично-крестцовом отделе позвоночника, составляли большинство в нашем исследовании. Из 55 пациентов те или иные дефекты ЭНФ имели место в 7 случаях.

У двух человек произошло прорезывание крючка в месте зацепления его за дужки позвонков. Одному из них выполнено повторное оперативное вмешательство, а именно – удалены старые стяжки и заменены на новые, большего типоразмера. Второму пациенту также выполнена повторная операция – удалены ранее установленные стяжки и установлена система транспедикулярной фиксации вследствие развившейся нестабильности в оперированных сегментах.

Еще у двух пациентов было выявлено смещение и разворот установленного ЭНФ ИЛКОДА, что не проявляло себя клинически, и повторное вмешательство с целью удаления установленных ЭНФ не проводилось.

У трех больных было выявлено механическое разрушение установленных петельных стяжек. У одного пациента выполнена повторная операция – удаление ЭНФ. В двух других случаях поврежденные металлоконструкции решено было не удалять, т.к. их разрушение было выявлено случайно при контрольной компьютерной томографии и они не доставляли пациентам никакого дискомфорта.

Исследования на анатомических препаратах (рис. 3) и математическое моделирование (рис. 4) методом конечных элементов петельных стяжек [7] показало, что уровень деформаций и напряжений в них позволяет испытывать без разрушения свыше 5×10^4 циклов функциональных движений при флексии и экстензии. Усталость материала может быть спровоцирована чрезмерной перегрузкой (травмы, неадекватная физическая нагрузка) или развитием заболевания, приводящим к непредсказуемому изменению свойств и геометрии костных структур,

вовлеченных в стабилизацию. Извлеченные металлоконструкции были подвергнуты детальному физико-химическому анализу, с микроскопическим исследованием зоны фрагментации.

Установлено, что разрушение металла произошло через 6-8 месяцев после операций, то есть фиксаторы уже выполнили одну из основных функций - стабилизирующую и не вызвали отрицательного влияния на течение послеоперационного периода.

При лабораторном изучении удаленных разрушенных ЭНФ не было выявлено структурных изменений в металле в зоне разрушения, которые можно было бы отнести к дефектам сплава или нарушениям технологии производства. Поэтому вышеописанные разрушения ЭНФ были расценены нами как возможные конструктивные недостатки фиксаторов и как следствие неадекватных нагрузок в послеоперационном периоде, что было подтверждено самими пациентами при сборе нами катamnестических данных.

Для предотвращения послеоперационных осложнений из-за развития нестабильности в оперированных и смежных с ними позвоночно-двигательных сегментах позвоночника в случаях многоуровневой ламинэктомии, а также из-за возможного давления мягких тканей и рубцов на содержимое позвоночного канала через «ламинационное окно», в местах пересечения дужек позвонков (в случаях многоуровневой ламинотомии) целесообразно проводить протезирование задних костно-связочных структур позвоночника.

Нами был разработан и внедрен в клиническую практику принципиально новый фиксатор для протезирования связочных и костных структур позвоночника при ламинопластике (Патент №2514121 от 25.02.2014). Данный вид фиксатора может быть использован при хирургическом лечении дегенеративно-дистрофических заболеваний позвоночника, в частности стеноза спинномозгового канала, грыж межпозвонкового диска и др. (рис. 5 - на фиг. 1 представлен общий вид, а на фиг. 2 - проекции предлагаемого фиксатора для ламинопластики, состоящий из крючков (1) и рабочей части (2). Рабочая часть 4 и 5 фиксатора состоит из синусоидальных петель, причем плоскости петель (4) с одной стороны оси (3) наклонены к плоскости петель (5) с другой стороны оси на угол $\beta = 120^\circ$. Угол γ между плоскостью, в которой выполнены крючки (2) с одной из плоскостей петель составляет $90-120^\circ$).

Фиксатор выполнен из нитиноловой проволоки с эффектом памяти формы и имеет рабочий и крепежные участки. Рабочий участок фиксатора имеет изгибы, подобные синусоиде, и расположен в двух плоскостях, пересекающихся по оси синусоиды под углом 120° . Крепежные участки расположены на концах рабочего участка и выполнены в виде крючков, концы которых загнуты в сторону рабочего участка. Крючки расположены в плоскости, проходящей через ось синусоиды под углом от 90 до 120° к одной из плоскостей рабочего участка.

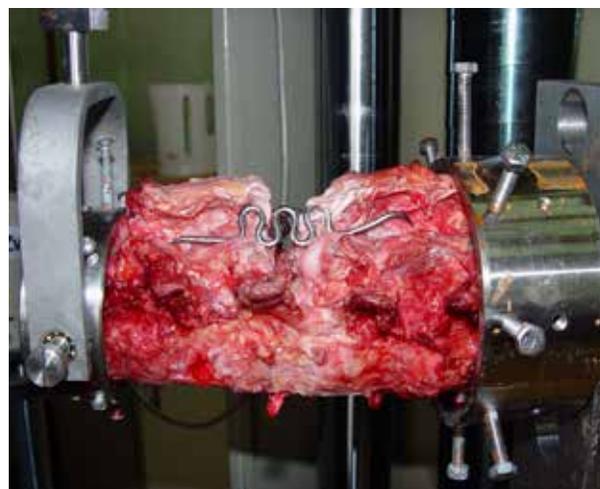


Рис. 3. Нагрузочные испытания петельной стяжки, установленной на анатомическом препарате поясничного отдела позвоночника

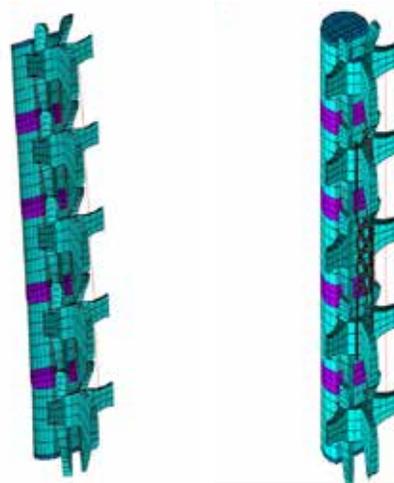


Рис. 4. Компьютерное моделирование поведения петельных стяжек

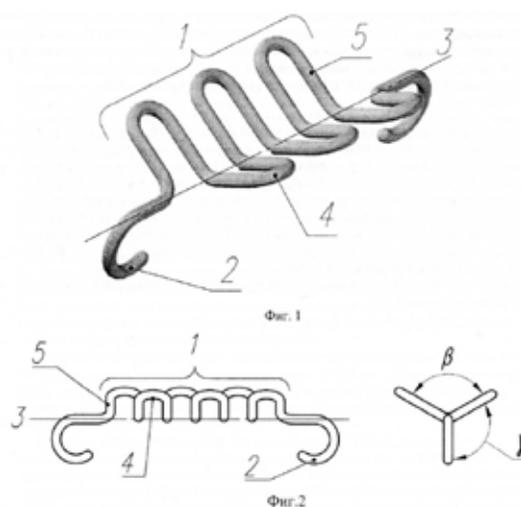


Рис. 5. Схематическое изображение многоплоскостного ЭНФ (см. пояснения в тексте)

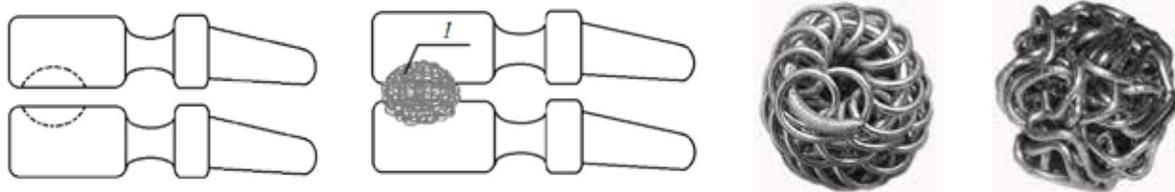


Рис. 6.

Схематическое изображение межтелового спондилодеза с применением сферического эластичного нитинолового имплантата (1)

Таким образом, предлагаемый фиксатор для протезирования связочных и костных структур при ламинопластике одновременно выполняет две функции: образует своей рабочей частью защиту «ламинационного окна» от давления мягких тканей на содержимое позвоночного канала и обеспечивает фиксацию оперированных сегментов.

Фиксаторы устанавливаются парно и симметрично над дужками смежных позвонков, что приводит к увеличению объема позвоночного канала, снижая вероятность формирования повторного стеноза.

Развиваемая фиксаторами равномерная компрессия аналогична эластичному действию резецированных желтых связок, чем обеспечивается биомеханически правильная стабилизация оперированного сегмента.

Наряду с актуальностью разработки малотравматичных на костных многофункциональных стабилизирующих систем, по-прежнему остается дискутируемым вопрос о новых видах и способах протезирования удаленных структур, в частности, имитация работы межпозвонкового диска.

Нами был разработан и внедрен в клиническую практику способ протезирования пульпозного ядра межпозвонкового диска (Патент №2557918 от 30.06.2015).

Во время операции после дискотомии и удаления пульпозного ядра межпозвонкового диска в лимбе замыкательных пластинок выше и ниже лежащих позвонков подготавливают куполообразные выемки – ложе будущего протеза (рис. 6).

Измеряют высоту образовавшейся полости. Диаметр сферического имплантата выбирают в соответствии с высотой полости, увеличивая на 4-6 мм. Сферический имплантат охлаждают в стерильном физиологическом растворе (+3°...+5°C), после чего деформируют (расплющивают) так, что бы уменьшить диаметр до размера, соответствующего высоте полости между телами позвонков. После этого сферический имплантат, установленный между телами позвонков, орошают подогретым до +40°...+45°C физиологическим раствором, под действием которого он восстанавливает рабочую сферическую форму.

Предлагаемый способ протезирования пульпозного ядра межпозвонкового диска с помощью имплантата из нитиноловой нити позволяет прово-

дить оперативное вмешательство на любом отделе позвоночника, даже в условиях остеопоротически измененных позвонков. При этом отсутствует необходимость в специальной инструментации. Методика является малотравматичным вмешательством без дополнительной интраоперационной репозиции, направлена на поддержание постоянного объема движений и размеров позвоночного канала на уровне оперированного позвоночно-двигательного сегмента, что позволяет минимизировать риск развития возможного рецидива и синдрома смежных позвоночно-двигательных сегментов [9].

Обсуждение. Биомеханические и физические свойства ЭНФ определяют показания к их применению в нейрохирургии и травматологии: компрессионные переломы позвонков (I-II степени); вывихи и подвывихи позвонков с разрывом связок и капсул межпозвонковых суставов; разрушение межпозвонковых дисков с признаками нестабильности; необходимость протезирования удаленных или измененных межпозвонковых дисков, связочного аппарата ПДС.

Благодаря сверхэластичности конструкций из нитинола, линейная нагрузка на костные структуры возрастает плавно, фиксаторы смягчают (демпфируют) ударную перегрузку и в местах их зацепления значительно снижается вероятность разрушения и резорбции кости, что оправдывает использование ЭНФ даже в условиях остеопоротически измененных позвонков.

При дегенеративно-дистрофических заболеваниях позвоночника фиксаторы из нитинола используются как протезирующие конструкции, восполняющие функции удаленных разрушенных структур. Нитиноловые фиксаторы позволяют равномерно распределить нагрузку на опорно-силовые колонны позвоночника, а также выполняют роль защитного каркаса для спинного мозга.

Несмотря на появление новых типов ЭНФ, первое поколение фиксаторов по-прежнему остается востребованным. Так, петельные фиксаторы зачастую незаменимы для укрепления задних структур позвоночника на грудном и поясничной уровнях при ламинэктомиях и комбинированных спондилодезах, а эндопротез межпозвонкового диска в виде одновитковой спирали, по-прежнему, имеет право на активное применение при вмешательствах на шейном отделе позвоночника.

Комбинированное использование нескольких типов фиксаторов с предварительным анализом их силового воздействия зачастую является необходимым, т.к. сочетание различных ЭНФ для фиксации поврежденного или оперированного ПДС в любом функционально-выгодном положении позволяет не вовлекать в блок смежные неповрежденные сегменты позвоночника, которые продолжают работать в обычном физиологическом режиме.

Применение ЭНФ нового поколения, направленных на сохранение и восстановление физиологических функций пораженного ПДС, позволит сократить период реабилитации оперированных пациентов, улучшить ближайшие и отдаленные результаты хирургического лечения, снизить частоту

возможных послеоперационных осложнений в раннем и позднем послеоперационных периодах.

Выводы. Лечение больных с повреждениями и заболеваниями позвоночника является актуальной проблемой, существующей на стыке специальностей – травматологии и нейрохирургии, требующей госпитализации пациентов в профильный стационар при условии наличия специалистов должного уровня и с навыками работы с ЭНФ.

Выбор хирургической тактики должен осуществляться в соответствии со стандартами оказания медицинской помощи, оставаясь индивидуальным в каждом конкретном клиническом случае и зависеть от уровня и характера повреждения.

Литература

1. Остеохондроз позвоночника / В.П. Орлов, В.Ф. Янкин, В.Е. Парфенов и др. // Практическая нейрохирургия / Под ред. Б.В. Гайдар – СПб.: Гиппократ, 2002. – С. 517-551.
2. Педаченко, Е.Г. Эндоскопическая спинальная нейрохирургия / Е.Г. Педаченко, С.В. Куцаев. – Киев: «А.Л.Д.» «РИМАНИ», 2000. – С.133-169.
3. Динамическая фиксация позвоночника после микрохирургической дискэктомии / А.Г. Аганесов, К.Т. Мехси, А.Л. Хейло и др. // Вестник травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова. - 2008. - № 2. - С.11-14.
4. Крутько, А.В. Сравнительный анализ результатов заднего межтелового спондилодеза (PLIF) и трансфораминального межтелового спондилодеза (TLIF) в сочетании с транспедикулярной фиксацией / А.В. Крутько // Вестник травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова. - 2012. - № 1. - С.12-21.
5. Первый опыт применения межкостистых стабилизирующих имплантатов при оперативном лечении остеохондроза пояснично-крестцового отдела позвоночника / С.П. Миронов, С.Т. Ветрилэ, В.В. Швец и др. // Вестник травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова. - 2006. - № 2. - С.45-50.
6. Давыдов, Е.А. Хронические вертеброгенные болевые синдромы (клиника, диагностика, лечение): Курс лекций / Е.А. Давыдов. – СПб: Изд-во ФГБУ «РНХИ им. проф. А.Л. Поленова» Минздрава России, 2013. – С. 210-272.
7. Циклическая долговечность имплантатов из сплавов на основе никелида титана / М.Ю. Коллеров, Д.Е. Гусев, А.А. Шаронов и др. // Металлы. - 2009. - № 6. - С.85-91.
8. Boos, N. Spinal Disorders Fundamentals of Diagnosis and Treatment / N. Boos, M. Aebi. - New York, 2008. - 107 p.
9. Van Goethem, J.W. Spinal imaging. Diagnostic imaging of the Spine and Spinal Cord / J.W. Van Goethem, L. Van den Hauwe, P.M. Parizel. – Springer-Verlag; Berlin; Heidelberg; New-York, 2007. – 604 p.