

## ХИРУРГИЧЕСКОЕ ЛЕЧЕНИЕ БОЛЬНЫХ С ПОВРЕЖДЕНИЯМИ НИЖНЕШЕЙНОГО ОТДЕЛА ПОЗВОНОЧНИКА

Львов И.С., Гринь А.А., Кордонский А.Ю.

НИИ скорой помощи им. Н.В. Склифосовского, Москва

**Резюме.** В работе представлены наиболее распространенные методы стабилизации нижнешейного отдела позвоночника из вентрального и дорсального доступов, а также минимально инвазивные варианты их исполнения. Подробно описаны нюансы винтовой фиксации за боковые массы и транспедикулярный спондилодез. Представлен современный взгляд на хирургическую тактику при повреждениях субаксиального уровня в зависимости от механизма травмы с учетом последних опубликованных рекомендательных протоколов и отдельных исследований.

**Ключевые слова:** вентральный доступ, дорсальный доступ, транспедикулярный спондилодез

*This article presents the most common used methods of lower cervical spine stabilization via ventral and dorsal approaches as well as their minimally invasive variants. The nuances of screw fixation for lateral masses and transpedicular spondylosyndesis are reviewed in details. The modern concepts of surgical strategy for treatment of subaxial damages in relation to trauma mechanisms is presented taking into account the last published guidelines and several studies.*

**Key words:** ventral approach; dorsal approach, transpedicular spondylosyndesis

Травма шейного отдела — одно из наиболее частых повреждений позвоночника. По разным данным, переломы шейного отдела позвоночника (ШОП) могут достигать от 19% до 51% от всех спинальных повреждений [5, 36]. Большинство пострадавших с переломами шейных позвонков, как правило, мужчины (до 80%) в возрасте от 25 до 45 лет [3, 43].

Повреждения позвонков субаксиального уровня по сравнению с другими отделами позвоночного столба сопровождаются наиболее тяжелыми повреждениями спинного мозга в виде ушибов средней и тяжелой степени, вплоть до функционального или анатомического перерыва (у 17-61% пострадавших), при этом летальность крайне высока и может достигать 35—70% [9, 43]. Большая часть пациентов (от 25 до 40%) погибают на месте происшествия или во время транспортировки в стационар. В развитых странах, стоимость лечения пациента с тетраплегией колеблется в пределах от 100 тысяч до 2 миллионов американских долларов во время первичной госпитализации и 600 тысяч каждый последующий год [7].

Большая частота встречаемости, подверженность травме ШОП лиц молодого, трудоспособного лечения, высокая стоимость лечения и дальнейшей реабилитации таких пациентов делают проблему своевременного и правильного хирургического лечения таких пациентов актуальной и нуждающейся в постоянном совершенствовании.

Нижнешейный отдел позвоночника (НШОП) включает в себя 5 позвонков и 5 позвоночно-двигательных сегментов с С3 позвонка по Th1. Отличительной особенностью является формирование в области pars interarticularis костного

утолщения (боковой массы), которую достаточно активно используют в хирургии задних доступов. В связочный аппарат каждого сегмента входят: передняя и задняя продольные связки, желтые и межостистые связки, а также капсула фасеточного сустава. Прочность связок снижается от передней группы к задней, что обуславливает склонность НШОП к дистракционно-флексионным повреждениям [23, 79]. В хирургии НШОП для декомпрессии и стабилизации применяют вентральные, дорсальные доступы или их комбинацию.

### Методы вентральной декомпрессии и фиксации.

Использование переднего доступа для декомпрессии и фиксации НШОП получило самое большое распространение в хирургии шейного отдела. Доступ к передним поверхностям тел позвонков выполняют между пищеводом и трахеей медиально и грудино-ключично-сосцевидной мышцей, яремной веной и сонной артерией — латерально. После скелетирования передней поверхности тел позвонков выполняют необходимые декомпрессионные мероприятия (дискэктомия или корпорэктомия). Впоследствии в образовавшееся дискэктомическое или корпорэктомическое окно устанавливают трансплантат и при необходимости дополнительно фиксируют пластиной. Преимуществом этого доступа является возможность полноценного релиза и ревизии передних отделов спинного мозга в случае вентральной компрессии [15, 23, 55].

Несмотря на кажущуюся простоту доступа и манипуляций на передних отделах шейных поз-

вонков, в литературе описано значительное количество осложнений. Из группы осложнений, ассоциированных с применением доступа, описывают ранение трахеи и пищевода (0,25-1,49%), повреждение возвратного гортанного нерва (1,8-3,3%), реже дисфагию вследствие гематомы в зоне операционного доступа или тракции подъязычного нерва, а также повреждение внутренней сонной или позвоночной артерии у 0,3—0,5% больных [4, 37, 70]. У ряда пациентов в послеоперационном периоде отмечают изменение голоса и затруднение глотания, которые в 12% подобных наблюдений могут сохраняться до 6 мес [61]. Также с помощью интраоперационного УЗ-исследования выявлено, что использование ретракторов во время операции снижает кровоток в прилежащей внутренней сонной артерии сразу после установки на 14%, а к концу операции — до 30% и может являться причиной эмболии атеросклеротической бляшкой с развитием церебрального инсульта [64]. Редким осложнением (до 4,2% в группе, ассоциированной с доступом) является повреждение симпатического ствола с развитием синдрома Горнера [47].

К наиболее частым осложнениям, связанным с хирургической техникой, относят: пенетрацию винта в диск (1,1-3,7%) и рецидив вывиха (до 19% в случае флексионно-дистракционного повреждения). Миграция винтов в настоящее время крайне редко встречается в связи с возможностью их блокирования в современных пластинах [6, 35, 42]. Частота псевдоартрозов крайне вариабельна и колеблется в пределах 0-50%. В группе риска находятся курильщики, пациенты с остеопорозом или заболеваниями соединительной ткани, регулярно принимающие НПВС. Также среди причин отмечают многоуровневые стабилизации и слабую хирургическую технику [12, 35, 44].

Дегенеративные изменения смежного сегмента — одно из последствий переднего шейного спондилодеза. По данным А. Nilibrand и соавт., в первые 5 лет после операции симптоматические дегенеративные изменения развиваются у 13,6% пациентов, а еще через 5 лет — у 25,6% [68]. При установке слишком большой пластины (менее 5 мм до края тела позвонка) риск изменений в смежном сегменте увеличивается от 2 до 5 раз [76].

Минимально инвазивное исполнение вентральных доступов при травме обуславливает мобильность мягких тканей шеи, в том числе и предпозвоночного пространства, что позволяет из небольшого разреза 2-3 см выполнить ревизию до 3 позвонков [13, 15].

Возможность применения вентрального доступа для частичной резекции фасеточных суставов при сцепившихся вывихах была описана Z. Zhang [20]. Автор транспедикулярно высверливал прилежащую часть суставного отростка, после чего выполняли вправление вывиха.

Инновационной в настоящее время является методика передней транспедикулярной фиксации шейных позвонков. Во время переднего плейтинга применяют длинные винты, траектория которых проходит через тело позвонка, ножку и закан-

чивается в *pars interarticularis*. Биомеханические исследования показали, что передние транспедикулярные винты устойчивее к вырыванию в 2,5 раза по сравнению с обычными винтами, применяемыми для переднего шейного спондилодеза, в связи с чем этот метод позиционируется как альтернатива циркулярной фиксации [29]. По прочности передняя транспедикулярная стабилизация сопоставима с винтовой фиксацией за боковые массы [26]. В клинической практике метод был использован Y. Yukawa у 6 пациентов с применением исключительно флюороскопического контроля [18]. Помимо Y. Yukawa, в литературе метод описан еще в 3 клинических работах [14, 19, 21] у 23 пациентов, когда транспедикулярную фиксацию выполняли после многоуровневых корпорэктомий под визуальным контролем ножек. Точность установки как при визуальном, так и с помощью рентгенконтроля превышала 94% [14, 29].

### Методы дорсальной декомпрессии и фиксации.

Дорсальную декомпрессию на субаксиальном уровне, как правило, выполняют при помощи полной или частичной (геми-) ламинэктомии. Этот метод показан при оскольчатом переломе задних структур со смещением отломков в сторону спинного мозга. Фасетэктомия или мобилизацию бокового сустава выполняют при дислокациях, не поддающихся закрытому или комбинированному вправлению. Иногда мобилизацию сустава сопровождают резекцией желтой и межостистой связок [23].

Для дорсальной стабилизации разработано множество методик с применением винтовых и крючковых систем. Наиболее распространенной является фиксация за боковые массы с применением винтов и стержней. Установка фиксаторов в боковые массы требует хороших знаний анатомии. Выделяют 4 квадранта, которые образуют взаимно перпендикулярные линии, проведенные через середину задней поверхности латеральной массы. На глубине не менее 12 мм от обоих медиальных квадрантов проходит позвоночная артерия, обоим нижним квадрантам соответствует канал с лежащим в нем корешком. Наиболее безопасным для фиксации считается наружный верхний квадрант [60]. В соответствии с квадрантной анатомией в настоящее время активно применяют 3 метода введения винтов в боковые массы. При методе F. Magerl [67] точка вкола расположена на 1 мм кнутри и краниальнее середины боковой массы, направление винта сагиттально — вдоль нее, аксиально — 25°. Методика P. Anderson [65] предусматривает введение винта на 1 мм медиальнее середины, с отклонением 10° аксиально и 30-40° сагиттально. По способу H. An [16] точка вкола анатогична предыдущей, но направление винта соответствует 30° в аксиальной плоскости и 15° в сагиттальной. Возможна установка винтов как би-, так и монокортикально. Монокортикальную установку винта считают

безопасной в отношении позвоночной артерии и корешка, однако при короткой фиксации, многоуровневой стабилизации с ламинэтомией, перелом задних структур позвонков эта установка проигрывает бикортикальной в прочности. В случае фиксации нескольких уровней при условии целостности дужек разница в усилии, прилагаемом на вырывание уни- и бикортикально установленных винтов практически отсутствует [34]. Бикортикальная траектория винта может вызывать компрессию корешка вышележащего сегмента. Так, если длина фиксатора 20 мм и более, вероятность невральная компрессии при методе F. Magerl 95% (50% — дорсальная ветвь корешка), P. Anderson — 90% (45% — область бифуркации) и H. An — 60% (95% — вентральная ветвь) [74]. Оптимальной толщиной винта, согласно исследованиям J. Heller [27], является 3,2-4,5 мм для кортикального и 3,5 мм для спонгиозного.

Фиксацию за боковые массы считают жестким методом, позволяющим достичь сращения у 97,4% пациентов без высокой угрозы развития осложнений [52]. Повреждение корешка встречается у 1,3% пациентов. Из-за превышения угла установки более 30° в 1,6% наблюдений возможен перелом боковой массы и в 1,3% — прорезывание кортикального слоя по всей длине винта. Ранения позвоночной артерии при слишком медиальном направлении винта возникают крайне редко и носят единичный характер [35].

Минимально-инвазивное исполнение этого метода спондилотомии заключается в применении тубулярного ранорасширителя и эндоскопа из заднего срединного доступа. Для одного уровня авторы считают достаточным разрез в 2,5-3 см. Преимуществом метода считается минимальное травмирование мышц шеи наряду с отсутствием полости в послеоперационной ране [57, 59].

Альтернативным методом дорсальной винтовой стабилизации является транспедикулярная фиксация субаксиального уровня. В настоящее время существует большое количество методик установки транспедикулярных винтов. Часть авторов выполняет установку винтов выполняют по верифицированным заранее с помощью КТ анатомическим ориентирам и углам [72]. Возможна транспедикулярная установка фиксаторов после непосредственной визуализации ножки. К. Abumi [78] локализовал стартовую точку чуть латеральнее средней линии и ниже края суставного отростка вышележащего позвонка. В этом месте с помощью высокооборотистой дрели удаляют кость до ножки, ее наружные края пальпируют диссектором, после чего под углом в 30° устанавливают винт. «Ворунковый» метод, предложенный E. Karaikovic и соавт. [51], основывается на большей прочности кортикального слоя медиальных отделов ножки и дужки по сравнению с латеральными. После наружной декортикации соответствующего квадранта боковой массы, с помощью микрокюретки изнутри пальпируют медиальные отделы дужки и вход в ножку позвонка. Помимо декортикации боковой массы, визуализация медиальной стенки ножки

возможна со стороны спинномозгового канала с применением ламинотомического окна [17].

Получила распространение и установка винта с применением навигационной установки [11].

Эффективность методов К. Abumi и компьютерной навигации была оценена в работе S. Ludwig и соавт. [30]. При воспроизведении этих методик на трупах корректная локализация винтов (полностью в ножке или некритичная перфорация одной из стенок) была в 88% винтов, установленных по методу К. Abumi, против 82% с использованием навигационной установки. В другой кадавер-работе S. Ludwig [63] устанавливал винты без использования флюорографии и педикулярного щупа, т.е. «вслепую». При использовании метода К. Abumi повреждение позвоночной артерии или невральных структур было более чем у 50% винтов на уровнях С3-С5. Большинство корректно установленных фиксаторов было в С6 и С7 позвонки. Под визуальным контролем медиальной части ножки через ламинотомическое окно количество корректно установленных винтов было больше, однако при этом преобладали латеральные перфорации стенок ножек. При использовании же КТ-навигации были получены наилучшие результаты в С3, С4, С6 и С7 позвонках с преобладанием критических перфораций в С5 позвонке.

Несмотря на близость сосудистых и невральных структур, частота осложнений, связанных с мальпозицией винтов, остается низкой. В наибольшей серии наблюдений К. Abumi и соавт. [38] у 180 пациентов из 669 винтов 45 (6,7%) незначительно перфорировали стенку ножки, из них только 1 винт повредил позвоночную артерию, и 2 винта компримировали корешки. При использовании навигации М. Kamimura и соавт. [32] было установлено 108 винтов, из них частичная перфорация стенок ножек была в 23,1% винтов, повреждения позвоночной артерии или корешков не было. В серии наблюдений E. Kast и соавт. [39] у 26 пациентов было установлено 94 винта, из которых только 9% грубо перфорировали ножку позвонка. Повреждений позвоночной артерии не было, только в 1 наблюдении клинически была отмечена радикулопатия вследствие мальпозиции винта. Авторы отмечают, что количество значимых и незначимых перфораций ножек в их исследовании не зависело от применения навигации.

Транспедикулярная фиксация считается наиболее жестким методом фиксации ШОП. В исследовании E. Jones [31] показано, что для вырывания транспедикулярного винта на шейном уровне необходимо приложить усилий в 2 раза больше, чем при бикортикальной фиксации за латеральные массы по методу H. An (677 Н против 355 Н). При сравнении жесткости многоуровневых систем (не менее 4 позвонков), фиксация за боковые массы проигрывала транспедикулярной только в ограничении бокового наклона (трансляции) [25]. Однако после серии циклических нагрузок, в случае фиксации за боковые массы было отмечено понижение стабильности конс-

трукции за счет снижения жесткости контакта винта с костью в крайних сегментах. Изменения были более выражены в препаратах со сниженной минеральной плотностью кости.

Минимально инвазивная транспедикулярная фиксация представлена в 1 клиническом и 1 анатомическом исследованиях. С. Schaefer [62] выполнил перкутанную установку у 15 пациентов с различной патологией ШОП. Из 72 винтов 12,5% были установлены с перфорацией ножек, в том числе и сквозь отверстие позвоночной артерии, однако клинически малопозиция винтов не проявлялась. В анатомическом исследовании L. Holly [49] точность перкутанной установки винтов под контролем нейронавигации достигала 97%.

Трансламинарная фиксация с применением крючковых систем является наиболее безопасной процедурой среди методов заднего спондилодеза на шейном уровне. К ее преимуществам относят простоту выполнения в сочетании с отсутствием необходимости рентгенологического контроля для установки фиксаторов [2]. Несмотря на очевидные преимущества, метод проигрывает в жесткости винтовым системам стабилизации, особенно при боковом наклоне или аксиальной ротации [66]. Биомеханические исследования показали, что методика считается целесообразной при изолированных повреждениях задних структур, а случае трехколонной нестабильности более эффективна ее комбинация с передним спондилодезом [24].

### **Хирургическая тактика при повреждениях субаксиального уровня**

Все рекомендации в протоколах лечения повреждений субаксиального уровня основаны на исследованиях с III классом доказательности и выбор каждого конкретного способа стабилизации остается на усмотрение хирурга [8, 48].

При лечении компрессионных и компрессионно-оскольчатых переломов тел позвонков общепринятой тактикой является вентральная декомпрессия и стабилизация. Целостность заднего опорного комплекса позвоночника в сочетании с применением трансплантата и пластины создает благоприятные условия для формирования спондилодеза [1, 8, 48]. Опубликованы также сведения об эффективности транспедикулярной фиксации у пациентов с компрессионно-флексионными переломами без продолжающейся вентральной компрессии спинного мозга [56].

Дистракционные повреждения на фоне гиперэкстензии сопровождаются разрывом передних отделов дисковязочного комплекса и хорошо доступны для вентральных доступов. Методом выбора в этом случае является традиционная дискэктомия с установкой трансплантата и пластины [8, 48, 71].

Дистракционные повреждения на фоне гиперфлексии сопровождаются последовательным разрывом меж- и надостистой, желтой связок, капсул суставов, задней продольной связки и

фиброзного кольца диска с возможным верхним вывихом в фасеточных суставах [40]. Выбор метода вмешательства в большинстве наблюдений основывают на факте смещения фрагментов разорванного диска или сломанного тела в позвоночный канал. Если вентральная компрессия канала диагностирована по МРТ, ряд авторов рекомендует дискэктомию, вправление вывиха (если необходимо) и фиксацию трансплантатом и пластиной. Необходимым считается сопоставить суставные поверхности, для чего шею разгибают без тракции, используют трансплантат трапециевидной формы и изогнутый профиль пластины [22]. Несмотря на это, в случае двустороннего вывиха в фасеточных суставах на фоне флексионно-дистракционных повреждений, несостоятельность фиксации после переднего плейтинга может достигать 54%, в связи с чем некоторые авторы рекомендуют сразу выполнять циркулярную стабилизацию [42].

Если фрагменты диска в канал не смещены, то считается, что выбор доступа (передний или задний) основывается на личных предпочтениях хирурга [77]. В ретроспективном исследовании M. Johnson [75] у 107 пациентов с одно- или двусторонними вывихами с дистракционно-флексионным механизмом был выполнен передний шейный спондилодез. Несостоятельность фиксации с рецидивом вывиха была констатирована у 13% больных и коррелировала с наличием переломов концевых пластин или суставных отростков. В подобных ситуациях авторы рекомендуют задний или циркулярный спондилодез. В статье M. Fehlings [46] продемонстрирована высокая эффективность заднего спондилодеза при дистракционных повреждениях, особенно в профилактике вторичной кифотической деформации. Передние доступы авторы рекомендуют применять дополнительно к задним в случае компрессионного перелома и угловой деформации более 25°. Достаточно популярна и цитируема работа R. Lifeso и соавт., в которой авторы утверждают, что при исключительно задней фиксации угроза несостоятельности спондилодеза с прогрессирующей кифотической деформации гораздо выше, чем при вентральной фиксации [54]. Однако авторы оценивали старые способы стабилизации (проволока, крючки, пластины по Рой-Камилу), а бикортикальную установку винтов в боковые массы в верхнелатеральном квадранте или транспедикулярную фиксацию они не рассматривали.

В случае прогрессирования трансляции в сагиттальной плоскости (полный двусторонний вывих) или ротации (вывих только с одной стороны) на фоне компрессионных или оскольчатых переломов тел позвонков, большинство авторов рекомендуют комбинированное переднезаднее вмешательство [8, 73].

Тактика в отношении вывихов на фоне переломов суставных отростков также базируется на степени миграции фрагментов диска в позвоночный канал [77]. Если диагностирован пролапс диска в сторону спинного мозга, то метод выбора — вентральная декомпрессия и стабилизация.

При этом некоторые авторы предпочитают вправлять вывих до дискэктомии [45], некоторые после нее [69]. Если доказательств миграции диска в канал не получено, то выбор метода стабилизации остается за хирургом [77]. В работе S. Lee [53] 36 пациентам с односторонним переломом боковой массы и ротационной нестабильностью был проведен передний плейтинг, из них в 2 наблюдениях несостоятельность спондилодеза была выявлена в раннем послеоперационном периоде, еще у 6 — через 1 год после операции (всего у 8 больных — 22%). В противовес этой работе Y. Kotani [33] выполнил транспедикулярную фиксацию у 31 пациента с такой патологией без каких-либо осложнений, связанных с несостоятельностью металлоконструкции.

Наиболее тяжелая группа пациентов с травмой ШОП — больные анкилозирующим спондилитом (болезнь Бехтерева). Надежной большинство авторов считают заднюю или циркулярную стабилизацию. Стабилизация только из вентрального доступа ассоциируется с 50% вероятностью несостоятельности спондилодеза [10, 50].

Лечению застарелых субаксиальных дислокаций в литературе уделено мало внимания. Ряд авторов рекомендуют первоначально проводить скелетное вытяжение и в случае закрытой редукиции смещения проводить передний шейный спондилодез [41]. Также в некоторых работах считали оправданным выполнение передней корпорэктомии и фиксации пластиной, если закрытая репозиция позволяла частично восстановить ось позвоночника даже без полного вправления вывиха [28]. Если смещение абсолютно ригидно к проводимой тракции, считается целесообразным выполнить циркулярный спондилодез с резекцией задних структур дислоцированных позвонков [28, 58].

Таким образом, несмотря на большое количество публикаций, вопрос определения хирургической тактики при травме НШОП остается наиболее спорным. Отсутствуют исследования хирургической тактики с высоким уровнем доказательности. Выбор метода стабилизации опционален, остается на усмотрение хирурга и основывается на личном опыте и предпочтениях. Недооценена роль заднего спондилодеза в хирургии травматических повреждений субаксиального уровня. Несмотря на очевидные преимущества транспедикулярной фиксации и недостаточную эффективность только передней стабилизации при различных дистракционных повреждениях, работ, посвященных задней фиксации, крайне мало. Единичные статьи посвящены минимально-инвазивному исполнению дорсальных методик. Практически не освещена хирургическая тактика в отношении застарелых переломов НШОП.

Проведение достоверных исследований применения различных методов спондилодеза на шейном уровне, разработка четкого алгоритма выбора метода декомпрессии и стабилизации с максимальным использованием арсенала минимально инвазивных техник в каждой конкретной ситуации позволят улучшить исходы лечения па-

циентов с повреждениями шейного отдела позвоночника.

#### СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:

*Львов И.С.* — нейрохирург, НИИ СП им. Н.В. Склифосовского, e-mail: speleolog@mail.ru

*Гринь Андрей Анатольевич* — д.м.н., профессор кафедры нейрохирургии и нейрореанимации МГМСУ им. А.И. Евдокимова, заведующий научным отделением неотложной нейрохирургии ГБУЗ «НИИ СП им. Н.В. Склифосовского ДЗМ», главный нейрохирург ДЗ г. Москвы

*Кордонский А.Ю.* — нейрохирург, НИИ СП им. Н.В. Склифосовского

#### ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES

1. Басков, А.В. Хирургическое лечение при травме шейного отдела позвоночника / А.В. Басков, А.А. Гринь, Д.Е. Яриков // *Нейрохирургия*. — 2003. — № 1. — С. 6-13
2. Валеев, Е.К. Хирургические аспекты лечения травм шейного отдела позвоночника / Е.К. Валеев, И.Е. Валеев // *Практическая медицина*. — 2013. — №1-2. — С.32-33
3. Гринь, А.А. Об оказании нейрохирургической помощи в Москве / А.А. Гринь // *Журнал им. Н.В. Склифосовского Неотложная медицинская помощь*. — 2015. — № 2. — С. 7-10
4. Гринь, А.А. Осложнения и их профилактика у больных с позвоночно-спинальной травмой (часть 2) / А.А. Гринь, А.К. Кайков, В.В. Крылов // *Нейрохирургия*. — 2015. — № 1. — С. 55-66
5. Гринь, А.А. Проблемы организации и лечения больных с позвоночно-спинномозговой травмой (комментарий к статье А.Н. Барина и Е.Н. Кондакова «Организация помощи пострадавшим с позвоночно-спинномозговой травмой в Архангельской области») / А.А. Гринь // *Нейрохирургия*. — 2011. — № 3. — С. 79-81
6. Гринь, А.А. Профилактика и лечение осложнений у больных с позвоночно-спинномозговой травмой (часть 1) / А.А. Гринь, А.К. Кайков, В.В. Крылов // *Нейрохирургия*. — 2014. — № 4. — С. 75-86
7. Гринь, А.А. Хирургическое лечение больных с повреждением позвоночника и спинного мозга при сочетанной травме [Рукопись]: дис. ... д-ра мед. наук / А.А. Гринь: 14.00.28 — нейрохирургия / НИИ СП им. Н.В. Склифосовского. — М., 2008. — 320 с.: ил.
8. Крылов, В.В. Рекомендательный протокол лечения острой осложненной неосложненной травмы позвоночника у взрослых (Ассоциация нейрохирургов РФ). Часть 3 / В.В. Крылов [и др.] // *Вопросы нейрохирургии им. Н.Н. Бурденко*. — 2015. — №2. — С. 97-111.
9. Леонов, Г.А. Эпидемиология спинномозговой травмы в рязанском регионе / Г.А. Леонов, А.И. Буданов, Т.Н. Поташова // *Поленовские чтения: материалы всеросс. научн. — практ. конф.* — С.-Пб., 2009. — С. 97-98.
10. Оперативное лечение перелома шейного отдела позвоночника у пациента с болезнью Бехтерева / С.В. Колесов [и др.] // *Хирургия позвоночника*. — 2011. — №2. — С.8-11.
11. Применение навигационной системы при операциях на шейном отделе позвоночника / К.А. Борзов [и др.] // *Опухоли головы и шеи*. — 2011. — №3. — С.47-51
12. Результаты лечения осложненной травмы шейного отдела позвоночника / А. Кузнецов [и др.] // *IV Съезд нейрохирургов России. Материалы съезда*. — М., 2006. — С.62.
13. Чертков, А.К. Декомпрессивно-стабилизирующие операции при лечении травм шейного отдела позвоночника с3-с7 / А.К. Чертков, А.В. Лизунов, А.Н. Макарова // *Вестник СМУС74*. — 2016. — №3. — С.67-69
14. A new technique for anterior cervical pedicle screw implantation / L.J. Zhao [et al.] // *Orthop Surg*. — 2011. — Vol. 3(3). — P. 193—198

15. Aebi M. Surgical treatment of upper, middle and lower cervical injuries and non-unions by anterior procedures / M. Aebi // *Eur Spine J.* — 2010. — Vol. 19(Suppl. 1). — P. 33-39
16. An, H.S. Anatomic considerations for plate-screw fixation of the cervical spine / H.S. An, R. Gordin, K. Renner // *Spine.* — 1991. — Vol. 16(Suppl. 10). — P. 548–551
17. Anatomic consideration of transpedicular screw placement in the cervical spine. An analysis of two approaches / R.M. Miller [et al.] // *Spine.* — 1996. — Vol. 21(20). — P. 2317–2322
18. Anterior cervical pedicle screw and plate fixation using fluoroscope-assisted pedicle axis view imaging: a preliminary report of a new cervical reconstruction technique / Y. Yukawa [et al.] // *Eur Spine J.* — 2009. — Vol. 18(6). — P. 911–916
19. Anterior cervical reconstruction with pedicle screws after a 4-level corpectomy / M. Ikenaga [et al.] // *Spine.* — 2012. — Vol. 37(15). — P. 927–930
20. Anterior Facetectomy for Reduction of Cervical Facet Dislocation / Z. Zhang [et al.] // *Spine.*—2016. — Vol. 41(7). — P. 403-409
21. Anterior pedicle screw fixation for multilevel cervical corpectomy and spinal fusion / M. Aramomi [et al.] // *Acta Neurochir (Wien).* — 2008. — Vol. 150(6). — P. 575–582
22. Anterior surgery for unstable lower cervical spine injuries / E. Lambiris [et al.] // *Clin Orthop Relat Res.* — 2003. — Vol. 411. — P. 61–69
23. Benzel, E.C. Spine surgery: techniques, complication avoidance and management / E.C. Benzel. — Elsevier Churchill Livingstone, 2005. — 2205 p.
24. Biomechanics of fixation systems to the cervical spine / C. Ulrich [et al.] // *Spine.* — 1991. — Vol. 16(Suppl. 3). — P. 4-9
25. Biomechanical analysis of transpedicular screw fixation in the subaxial cervical spine / R. Kothe [et al.] // *Spine.* — 2004. — Vol. 29(17). — P. 1869-1875
26. Biomechanical pullout strength and stability of the cervical artificial pedicle screw / A.H. Barnes [et al.] // *Spine.* — 2009. — Vol. 34(1). — P. 16-20
27. Biomechanical study of screws in the lateral masses: variables affecting pull-out resistance / J.G. Heller [et al.] // *J Bone Joint Surg Am.* — 1996. — Vol. 78(9). — P. 1315-1321
28. Bunmaprasert, T. Surgical results of old distractive-flexion injury of subaxial cervical spine: report of ten cases / T. Bunmaprasert, P. Tirangkura // *J Med Assoc Thai.* — 2015. — Vol. 98(1). — P. 100-105
29. Cervical anterior transpedicular screw fixation (ATPS)—Part II. Accuracy of manual insertion and pull-out strength of ATPS / H. Koller [et al.] // *Eur Spine J.* — 2008. — Vol. 17(4). — P. 539–555
30. Cervical pedicle screws: comparative accuracy of two insertion techniques / S.C. Ludwig [et al.] // *Spine.* — 2000. — Vol. 25(20). — P. 2675-2681
31. Cervical pedicle screws versus lateral mass screws. Anatomic feasibility versus biomechanical comparison / E.L. Jones [et al.] // *Spine.* — 1997. — Vol. 22(9). — P. 977– 982
32. Cervical pedicle screw insertion: assessment of safety and accuracy with computer-assisted image guidance / M. Kamimura [et al.] // *J Spinal Disord.* — 2000. — Vol. 13(3). — P. 218–224
33. Cervical spine injuries associated with lateral mass and facet joint fractures: new classification and surgical treatment with pedicle screw fixation / Y. Kotani [et al.] // *Eur Spine J.* — 2005. — Vol. 14(1). — P. 69 –77
34. Cervical stability with lateral mass plating: unicortical versus bicortical screw purchase / A.J. Muffoletto [et al.] // *Spine.* — 2003. — Vol. 28(8). — P. 778-781
35. Cheung, J.P. Complications of Anterior and Posterior Cervical Spine Surgery / J.P. Cheung, K.D. Luk // *Asian Spine J.* — 2016. — Vol. 10(2). — P. 385-400
36. Classification and surgical decision making in acute subaxial cervical spine trauma / A.A. Patel [et al.] // *Spine.* — 2010. — Vol. 35(Suppl. 21). — P.228-234.
37. Complications of anterior surgery in cervical spine trauma: an overview / G.B. Kasimatis [et al.] // *Clin Neurol Neurosurg.* — 2009. — Vol. 111(1). — P. 18-27
38. Complications of pedicle screw fixation in reconstructive surgery of the cervical spine / K. Abumi [et al.] // *Spine.* — 2000. — Vol. 25(8). — P. 962-969
39. Complications of transpedicular screw fixation in the cervical spine / E. Kast [et al.] // *Eur Spine J.* — 2006. — Vol. 15(3). — P. 327-334
40. Cusick, J.F. Biomechanics of the cervical spine 4: major injuries / J.F. Cusick, N. Yoganandan // *Clin Biomech.* — 2002. — Vol. 17(1). P. 1-20
41. Delayed diagnosed stage 1, 2 distractive flexion injury of the cervical spine / T.S. Jeon [et al.] // *Asian Spine J.* — 2011. — Vol. 5(1). — P. 35-42
42. Distractive flexion injuries of the subaxial cervical spine treated with anterior plate alone / T. Henriques [et al.] // *J Spinal Disord Tech.* — 2004. — Vol. 17(1). — P. 1–7
43. Epidemiology and risk factors of cervical spine injury during heating season in the patients with cervical trauma: a cross-sectional study / S. Yang [et al.] // *PLoS One.* — 2013. — Vol. 8(11). — P. 35-38
44. Epstein, N.E. Evaluation and treatment of clinical instability associated with pseudoarthrosis after anterior cervical surgery for ossification of the posterior longitudinal ligament / N.E. Epstein // *Surg Neurol.* — 1998. — Vol. 49(3). — P. 246–252
45. Facet fracture-dislocation injuries of the cervical spine / M.N. Hadley [et al.] // *Neurosurgery.* — 1992. — Vol. 30(5). — P. 661– 666
46. Fehlings, M.G. Posterior plates in the management of cervical instability: long-term results in 44 patients / M.G. Fehlings, P.R. Cooper, T.J. Errico // *J Neurosurg.* — 1994. — Vol. 81(3). — P. 341-349
47. Flynn, T.B. Neurologic complications of anterior cervical interbody fusion / T.B. Flynn // *Spine.* — 1982. — Vol. 7(6). — P. 536–539
48. Guidelines for the management of acute cervical spine and spinal cord injuries: 2013 update / B.C. Walters [et al.] // *Neurosurgery.* — 2013. — Vol. 60(Suppl. 1). — P. 82-91.
49. Holly, L.T. Percutaneous placement of posterior cervical screws using three-dimensional fluoroscopy / L.T. Holly, K.T. Foley // *Spine.* — 2006. — Vol. 31(5). — P. 536-540
50. Kanter, A.S. A treatment algorithm for the management of cervical spine fractures and deformity in patients with ankylosing spondylitis / A.S. Kanter, M.Y. Wang, P.V. Mummaneni // *Neurosurg Focus.* — 2008. — Vol. 24(1). — E11
51. Karaikovic, E.E. Accuracy of cervical pedicle screw placement using the funnel technique / E.E. Karaikovic, W. Yingsakmongkol, R.W. Gaines // *Spine.* — 2001. — Vol. 26(22). — P. 2456–2462
52. Lateral mass screw complications: analysis of 1662 screws / P. Katonis [et al.] // *J Spinal Disord Tech.* — 2011. — Vol. 24(7). — P. 415-420
53. Lee, S.H. Unilateral lateral mass-facet fractures with rotational instability: new classification and a review of 39 cases treated conservatively and with single segment anterior fusion / S.H. Lee, J.K. Sung // *J Trauma.* — 2009. — Vol. 66(3). — P. 758-767
54. Lifeso, R.M. Anterior fusion for rotationally unstable cervical spine fractures / R.M. Lifeso, M.A. Colucci // *Spine.* — 2000. — Vol. 25(16). — P. 2028-2034
55. Long-term follow-up after interbody fusion of the cervical spine / J. Goffin [et al.] // *J Spinal Disord.* — 2004. — Vol. 17(2). — P. 79–85
56. Management of fracture-dislocation of the lower cervical spine with the cervical pedicle screw system / F. Zhou [et al.] // *Ann R Coll Surg Engl.* — 2010. — Vol. 92(5). — P. 406-410
57. Minimally invasive cervical spine foraminotomy and lateral mass screw placement / M.M. Mikhael [et al.] // *Spine.* — 2012. — Vol. 37(5). — P. 318-322
58. Neglected traumatic dislocation of the subaxial cervical spine / A.K. Jain [et al.] // *J Bone Joint Surg Br.* — 2010. — Vol. 92(2). — P. 246-249
59. Ozgur, B. Minimally invasive spine surgery: A practical guide to anatomy and techniques / B. Ozgur, E. Benzel, S. Garfin. — New York: Springer, 2009. — 187 p.
60. Pait, T.G. Quadrant anatomy of the articular pillars (lateral cervical mass) of the cervical spine / T.G. Pait, P.V. McAllister, H.H. Kaufman // *J Neurosurg.* — 1995. — Vol. 82(6). — P. 1011-1014
61. Patel, C.K. Complications of anterior cervical spine surgery / C.K. Patel, J.S. Fischgrund // *Instr Course Lect.* — 2003. — Vol. 52. — P. 465–469

62. Percutaneous instrumentation of the cervical and cervico-thoracic spine using pedicle screws: preliminary clinical results and analysis of accuracy / C. Schaefer [et al.] // *Eur Spine J.* — 2011. — Vol. 20(6). — P. 977-985
63. Placement of pedicle screws in the human cadaveric cervical spine: comparative accuracy of three techniques / S.C. Ludwig [et al.] // *Spine.* — 2000. — Vol. 25(13). — P. 1655-1667
64. Pollard, M.E. Changes in carotid artery blood flow during anterior cervical spine surgery / M.E. Pollard, P.W. Little // *Spine.* — 2002. — Vol. 27(2). — P. 152-155
65. Posterior cervical arthrodesis with AO reconstruction plates and bone graft / P.A. Anderson [et al.] // *Spine.* — 1991. — Vol. 16(Suppl. 3). — P. 72-79
66. Posterior plating of the cervical spine. A biomechanical comparison of different posterior fusion techniques / K. Gill [et al.] // *Spine.* — 1988. — Vol. 13(7). — P. 813-816
67. Posterior stabilization of the cervical spine with hook plates / B. Jeanneret [et al.] // *Spine.* — 1991. — Vol. 16(Suppl. 3). — P. 56-63
68. Radiculopathy and myelopathy at segments adjacent to the site of a previous anterior cervical arthrodesis / A.S. Hilibrand [et al.] // *J Bone Joint Surg Am.* — 1999. — Vol. 81(4). — P. 519-528
69. Razack, N. The management of traumatic cervical bilateral facet fracture-dislocations with unicortical anterior plates / N. Razack, B.A. Green, A.D. Levi // *J Spinal Disord.* — 2000. — Vol. 13(5). — P. 374-381
70. Sengupta, D.K. Hypoglossal nerve injury as a complication of anterior surgery to the upper cervical spine / D.K. Sengupta, M.P. Grevitt, S.M. Mehdian // *Eur Spine J.* — 1999. — Vol. 8(1). — P. 78-80
71. Series of ninety-two traumatic cervical spine injuries stabilized with anterior ASIF plate fusion technique / D.R. Ripa [et al.] // *Spine.* — 1991. — Vol. 16(Suppl. 3). — P. 46-55
72. Surgical anatomy of the cervical pedicles: landmarks for posterior cervical pedicle entrance localization / E.E. Karaikovic [et al.] // *J Spinal Disord.* — 2000. — Vol. 13(1). — P. 63-72
73. Surgical treatment for injuries of the middle and lower cervical spine / E. Toh [et al.] // *Int Orthop.* — 2006. — Vol. 30(1). — P. 54-58
74. The anatomic relation of lateral mass screws to the spinal nerves. A comparison of the Magerl, Anderson, and An techniques / R. Xu [et al.] // *Spine.* — 1999. — Vol. 24(19). — P. 2057-2061
75. The radiographic failure of single segment anterior cervical plate fixation in traumatic cervical flexion distraction injuries / M.G. Johnson [et al.] // *Spine.* — 2004. — Vol. 29(24). — P. 2815-2820
76. The risk of adjacent-level ossification development after surgery in the cervical spine: are there factors that affect the risk A systematic review / H.J. Kim [et al.] // *Spine.* — 2012. — Vol. 37(Suppl. 22). — P. 65-74
77. The surgical approach to subaxial cervical spine injuries: an evidence-based algorithm based on the SLIC classification system / M.F. Dvorak [et al.] // *Spine.* — 2007. — Vol. 32(23). — P. 2620-2629
78. Transpedicular screw fixation for traumatic lesions of the middle and lower cervical spine: Description of the techniques and preliminary report / K. Abumi [et al.] // *J Spinal Disord.* — 1994. — Vol. 7(1). — P. 19-28
79. Yoganandan, N. Geometric and mechanical properties of human cervical spine ligaments / N. Yoganandan, S. Kumaresan, F.A. Pintar // *J Biomech Eng.* — 2000. — Vol. 122(6). — P. 623-9