

РАЗВИТИЕ ТРАСПЕДИКУЛЯРНОГО РЕПОЗИЦИОННО-СТАБИЛИЗИРУЮЩЕГО ОСТЕОСИНТЕЗА ПРИ ПОВРЕЖДЕНИЯХ ГРУДНОГО И ПОЯСНИЧНОГО ОТДЕЛОВ ПОЗВОНОЧНИКА

¹Усиков В.Д., ²Куфтов В.С.

¹ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр травматологии и ортопедии имени
Р.Р. Вредена» Министерства здравоохранения Российской Федерации, Санкт-Петербург;

²ГБУЗ «Брянская городская больница № 1», Брянск, e-mail: hp1bryansk@mail.ru

Репозиционно-стабилизирующий транспедикулярный остеосинтез претерпел поистине революционные изменения и является достижением в хирургии позвоночника. Цель работы – на основании данных литературы осветить исторические аспекты развития транспедикулярного репозиционно-стабилизирующего остеосинтеза при повреждениях позвоночника, показать современное состояние и перспективные направления развития этой технологии. Систематический обзор произведен в соответствии с принципами подготовки обзоров. Рассматривались научные статьи, опубликованные в открытой печати, в электронных версиях и свободно доступные в открытой печати. Для исследования использовались базы данных с 1949 г.: PubMed, E-Libery, Medline. Проводился патентный поиск в базах патентов СССР и Российской Федерации. Исследование носит в основном исторический аспект развития репозиции позвоночника. Материалы, проанализированные в обзоре, были отобраны по словам в комбинации или одиночно с момента первого упоминания о транспедикулярном доступе: «репозиция позвоночника», «транспедикулярная фиксация», «этапы развития». Всего было проанализировано 674 источника, из которых в работе использовано 45. Развитие условно разбито на этапы. Первый этап посвящен появлению концепции транспедикулярной фиксации (Michele и Krueger) и первых винтов, проведенных через корень дуги (Boucher), педикулярной фиксации с помощью винтов и пластин (Roj-Camille, Steffee). Второй этап связан с появлением первых наружных (Magerl) и внутренних (Dick) транспедикулярных систем. Развитие репозиционно-стабилизирующего транспедикулярного остеосинтеза на данном этапе происходит и в России, где выделены основные школы. На третьем этапе происходит совершенствование репозиционных систем и методик их дифференцированного использования. На следующем этапе развития репозиционно-стабилизирующего транспедикулярного остеосинтеза, по мнению авторов, будет необходимость восстановления индивидуальных целевых показателей, а для фиксации позвоночника будет необходим индивидуальный подбор жесткости конструкции.

Ключевые слова: репозиция позвоночника, транспедикулярная фиксация, этапы развития.

EVOLUTION OF TRANSPEDICULAR REPOSITIONAL-STABILIZING OSTEOSYNTHESIS IN INJURIES OF THE THORACIC AND LUMBAR SPINE

¹Usikov V.D., ²Kuftov V.S.

¹Vreden National Medical Research Center of Traumatology and Orthopedics, Saint Petersburg;

²Bryansk City Hospital No.1, Bryansk, e-mail: hp1bryansk@mail.ru

Repositional-stabilizing transpedicular osteosynthesis has undergone truly revolutionary changes and is an achievement in spinal surgery. The purpose of the work is to highlight the historical aspects of the development of transpedicular repositional-stabilizing osteosynthesis in spinal injuries based on literature data, to show the current state and promising directions of development of this technology. The systematic review was carried out in accordance with the principles of the preparation of reviews. Scientific articles published in the open press, in electronic versions and freely available in the open press were considered. Databases have been used for the research since 1949: PubMed, E-Libery, Medline. A patent search was conducted in the databases of patents of the USSR and the Russian Federation. The research is mainly based on the historical aspect of the development of spinal reposition. The materials analyzed in the review were selected according to words in combination or singly from the moment of the first mention of transpedicular access: "spinal reposition", "transpedicular fixation", "stages of development". A total of 674 sources were analyzed, of which 45 were used in the work. The development is conventionally divided into stages. The first stage is devoted to the emergence of the concept of transpedicular fixation (Michele and Krueger) and the first screws through the root of the arch (Boucher), pedicular fixation using screws and plates (Roj-Camille, Steffee). The second stage is associated with the appearance of the first external (Magerl) and internal (Dick) transpedicular systems. At this stage, the development of repositional-

stabilizing transpedicular osteosynthesis is also taking place in Russia, where the main schools have been identified. At the third stage, repositional systems and methods of their differentiated use are being improved. At the next stage of the development of repositional-stabilizing transpedicular osteosynthesis, according to the authors, it will be necessary to restore individual targets, and individual selection of structural rigidity will be necessary to fix the spine.

Keywords: spinal reposition, transpedicular fixation, stages of development.

Введение

Несомненным достижением современной хирургии позвоночника является стремление к одновременному выполнению полноценной декомпрессии содержимого позвоночного канала, восстановление анатомических взаимоотношений в поврежденном отделе позвоночника с надежной фиксацией оперированного отдела [1; 2]. Исправить деформацию позвоночника и выполнить надежную транспедикулярную фиксацию значительно проще, чем декомпрессию и фиксацию из вентральных доступов. Не умаляя всех достоинств вентральных доступов, остановимся на развитии репозиционно-стабилизирующего транспедикулярного остеосинтеза. [3]. С момента появления транспедикулярные конструкции претерпели поистине революционные изменения. Понятие «транспедикулярная фиксация» (основанная на введении винтов через (trans) ножки (pediculus)) прочно закрепилось в мире. Использование слова «остеосинтез» по отношению к слову «фиксация» более правомочно, если под остеосинтезом понимать не просто соединение позвонков, а прежде всего восстановление правильных взаимоотношений между позвонками и их соединение после репозиционных действий [4].

Цель исследования – на основании данных литературы осветить исторические аспекты развития транспедикулярного репозиционно-стабилизирующего остеосинтеза при повреждениях позвоночника, показать современное состояние и перспективные направления развития этой технологии.

Материалы и методы исследования

Систематический отбор произведен в соответствии с принципами подготовки обзоров. Рассматривались научные статьи, опубликованные в открытой печати, в электронных версиях и свободно доступные в открытой печати. Для исследования использовались базы данных с 1949 г.: PubMed, E-Libery, Medline. Проводился патентный поиск в базах патентов СССР и Российской Федерации. Исследование рассматривает в основном исторический аспект развития репозиции позвоночника. Материалы, проанализированные в обзоре, были отобраны по словам в комбинации или одиночно с момента первого упоминания о транспедикулярном доступе: «репозиция позвоночника», «транспедикулярная фиксация», «этапы развития». Всего было проанализировано 674 источника, из которых в работе использовано 62.

Результаты исследования и их обсуждение

В развитии транспедикулярного репозиционно-стабилизирующего остеосинтеза можно выделить несколько этапов: 1) от концепции транспедикулярной фиксации до практического использования педикулярных винтов и пластин; 2) первые наружные и внутренние транспедикулярные системы и их использование для репозиции позвоночника; 3) этап совершенствования репозиционных систем и методик их дифференцированного использования на грудном и поясничном отделах позвоночника.

Концепция транспедикулярной фиксации исходит от исследований А.А. Michele, F.J. Krueger (1949) при описании доступа через корень дуги к телу позвонка [5]. Этот доступ предусматривал вначале проведение биопсии и был особенно ценен для введения лекарств в тело позвонка. Близость ножки дуги к невральным структурам и ее небольшие размеры долгое время сдерживали исследователей [6].

В 1959 г. Н. Boucher впервые описал методику применения более длинных винтов, чем D. King. Он изменил траекторию введения винтов так, что они через фасетку заходили в ножку до тела позвонка. Было замечено, что при прохождении винтов через ножку позвонка обеспечивается более прочная фиксация, чем винтами в пределах фасеточных суставов. Так произошел переход от трансартикулярного к транспедикулярному методу фиксации [7].

Основополагающий этап формирования одного из современных направлений транспедикулярной фиксации заложил Roj-Camille, который впервые на практике применил винты и пластины. Свою первую операцию с использованием транспедикулярных винтов он выполнил в 1963 г., а опубликовал результаты только в 1970 г. [8].

В 1969 г. P.R. Harrington впервые использовал транспедикулярные винты при лечении спондилолистеза LV позвонка. Винты крепились проволокой к металлическому стержню, заведенному в подвздошные кости, и подтягиванием проволоки достигалась редукция позвонка [9]. Система Roj-Camille фиксировала позвонки более жестко, чем системы из проволоки и стержней. Однако пластины с отверстиями в фиксированных местах было трудно устанавливать и адаптировать к различным пациентам, поскольку расстояние между отверстиями редко соответствовало расстоянию между позвонками пациента.

В 1982 г. доктором Steffee в Соединенных Штатах была предложена новая система фиксации сегментарных пластин, получившая распространение как внутренний фиксатор Steffee. В этой системе использовались множественные точки сегментарной фиксации через ножки позвонка: сначала вводились винты, затем накладывалась анатомически изогнутая пластина и притягивалась гайками [10].

Этот усовершенствованный имплант отличался от пластин Рой-Камиля более жестким креплением винтов специальными гайками, а также облегченной установкой благодаря возможности смещения винта по пластине в полуовальных прорезях. Система Steffe

послужила прототипом для создания полиаксиальной системы фиксации позвоночника (патент US6355038B1 от 2002 г.).

Дорсальные пластины с транспедикулярными винтами хорошо зарекомендовали себя, поскольку для фиксации использовалась наиболее прочная часть позвонка, но недостатками данной фиксации считались протяженность и все же недостаточная жесткость, а репозиция позвонка происходила за счет положения на операционном столе. Слабость фиксации пластинами заключается в подвижности в месте соединения пластины с винтом. Возникла необходимость найти фиксирующее устройство, которое обеспечивало бы более прочное соединение между винтами и продольными стабилизирующими элементами. Очевидным выбором оказалось внешнее фиксирующее устройство. С 1970 г. F. Magerl разрабатывал биомеханическую концепцию наружной ТПФ на основе винтов Шанца и пластинчатых имплантатов.

Метод чрескожной наружной транспедикулярной фиксации с соответствующими инструментами был впервые представлен компанией Magerl в 1982 г. [11]. Этот инструментарий применялся для лечения переломов грудопоясничного отдела позвоночника и позволял добиться более надежной стабилизации при вовлечении меньшего количества сегментов. Таким образом, при повреждении одного позвонка фиксирующее устройство охватывает только три сегмента вместо обычных пяти-семи. Метод, разработанный F. Magerl, позволил эффективно лечить переломы грудопоясничного отдела позвоночника при иммобилизации только на уровне выше и ниже поврежденного позвонка [12].

Учитывая недостатки имевшихся конструкций внешней фиксации, авторы стали применять собственные модификации аппаратов. Опираясь на первоначальное описание F. Magerl внешней четырехточечной фиксации с помощью винтов Шанца, W. Dick разработал и в конце 1982 г. впервые в клинической практике применил внутреннюю стержневую транспедикулярную систему фиксации, которую он назвал *fixateur interne* [13].

Именно этот исторический этап и стал основополагающим в дальнейшей разработке современных внутренних стержневых конструкций. Dick внес изменения в имплантируемую конструкцию и устранил недостатки, препятствующие репозиции и фиксации позвоночника. Принцип репозиции основан на сохранении целостности задней продольной связки. Винты Шанца имеют диаметр уже 6 мм, по сравнению с винтами 5 мм, используемыми для фиксации пластин, и резьбовая часть винтов остается в теле позвонка, что уменьшает риск их переломов. Биомеханические испытания продемонстрировали повышенную жесткость *fixateur interne* по сравнению с внешним фиксатором Магерля [14]. Преимуществами системы *fixateur interne* являются: отличная репозиция с помощью длинного рычага винтов Шанца, иммобилизация только двух сегментов и, следовательно, хорошая подвижность оставшегося

отдела позвоночника, устойчивость к нагрузкам при сгибании лучше, чем при использовании дистракционных стержней Harrington, дополнительная стабильность вращения и фиксация при лордозе или кифозе, а также обеспечивается ранняя мобилизация пациента. Недостатки: слабость системы при боковом смещении, затягивание всех гаек выполняется на ограниченной глубине хирургической раны, при обрезании винта Шанца образуются острые края, травмирующие мышцы. У худых пациентов могут пальпироваться выступающие части винтов [15]. Фирма Mathys (Швейцария) освоила промышленный выпуск данного стержневого фиксатора под названием АО (Synthes). Внутренний фиксатор Дика послужил в дальнейшей разработке внутренних стержневых конструкций. Система Дика эволюционировала в систему USS (Universal Spinal System), выпуск которой наладила фирма DePuy Synthes.

Практический опыт использования внутреннего фиксатора привел к разработке и применению Р. Kluger собственных инструментов [16]. Таким образом, учитывая недостатки АО системы, Paul Kluger в 1984 г. создал и запатентовал собственную внутреннюю стержневую транспедикулярную систему.

Система отличалась не только телескопическими штангами, но и значительным количеством дополнительного монтажного инструментария. Репозиция выполняется за счет вставляемых стержней, которые используются в качестве рычага. Положение винтов изменяется с помощью соответствующих встроенных модулей. По сравнению с другими аналогичными системами внутренней фиксации позвоночника, фиксатор Kluger обладает преимуществом, перемещая искусственную точку опоры за пределы места операции, обеспечивая тем самым трехплоскостную репозицию и стабилизацию. Сравнительное исследование эффективности репозиции и фиксации систем АО и Kluger указало на сопоставимость методик [17]. Немецкой фирмой Endotec и французской Tornier налажен промышленный выпуск данного фиксатора.

Особый интерес вызывает методика экстрапедикулярного проведения винтов в грудном отделе, разработанная в 1993 г. М. Drovak. Точка введения определялась как самая латеральная часть поперечного отростка, и винт вводился через реберно-поперечное и реберно-позвоночное сочленение в тело позвонка. Проведенные биомеханические сравнительные испытания транспедикулярного и экстрапедикулярного расположения винтов не имели статистически достоверных различий в отношении прочности фиксации [18; 19]. Технология является альтернативной методикой стабилизации при повреждениях грудного отдела позвоночника. Для улучшения репозиционных возможностей транспедикулярных винтов Эдуард Луке разработал методику проведения их через остистый отросток и ножку дуги в тело позвонка, вовлекая все остеолигаментарные колонны по Denis [20; 21].

Все разработанные внутренние транспедикулярные фиксаторы позволяли проводить полноценную репозицию позвоночника, но прочность фиксации основных узлов оставалась низкой. Система, предложенная французскими ортопедами Y. Cotrel и J. Dubousset (CD), была представлена в Соединенных Штатах в 1986 г. [22]. Новый инструмент для хирургии позвоночника состоял из металлических 7 мм стержней с ромбовидными насечками, на которые можно навинчивать крючки или винты для позвонков в любом положении, на любом уровне и с любой степенью поворота. Она обеспечивала трехплоскостную коррекцию деформации и надежную фиксацию за счет усовершенствованного узла фиксации и соединения двух параллельных стержней вместе.

Однако преимущества системы CD были частично сведены на нет сложностью ее извлечения. Фиксирующий механизм крючков невозможно извлечь без разрушения крючка или перерезания стержня. Дальнейший опыт применения системы CD показал, что деротация сколиотического отдела позвоночника с помощью вращения стержня не всегда полностью исправляет деформацию. Кроме того, позвоночник может стать несбалансированным выше и ниже конструкции. Эти недостатки привели к разработке нового поколения педикулярных винтов и крючков.

Система Texas Scottish Rite Hospital (TSRH) была усовершенствованной конструкцией, которая позволила решить проблему ревизионной хирургии. Она похожа на систему CD в том, что в ней использовалось множество крючков и перекрестных связей. Система использует принципы коррекции, аналогичные принципам USS, и спроектирована таким образом, чтобы при необходимости можно было демонтировать отдельные компоненты системы [23].

Несмотря на то, что особенности системы TSRH упростили ревизионную операцию, система не получила всеобщего одобрения. В следующем десятилетии появилось множество аналогичных систем с двумя стержнями, таких как Moss-Miami и Isola. Основные изменения в системах касались фиксирующих механизмов [24].

В 1994 г. французскими хирургами J. Fournet-Fayard, O. Galland, C. Garin, A. Lucet разработан фиксатор для остеосинтеза позвоночника (патент Соединенных Штатов 005486174). Винты и крючки в фиксаторе, зажимная часть стержня и фиксирующая часть могут поворачиваться относительно друг друга, а фиксирующие штанги проходят через шарнир в головке винта. Это легло в основу системы Tenor, которая с 1995 г. внедрена в практику и к настоящему времени остается одной из популярных и востребованных систем. Комплект инструментов позволяет одновременно производить констрикцию и дистракцию с последующей фиксацией позвоночника в состоянии достигнутой коррекции.

Большинство транспедикулярных спинальных систем, используемых в настоящее время в клинической практике, ограничено в возможностях репозиции и обеспечивает лишь

управляемую сегментарную дистракцию или компрессию только по задней остеолигаментарной колонне. Современные системы для коррекции деформации позвоночника фирм Aescular и Signus обеспечивают многоплоскостное воздействие на имплантируемые винты, но жесткость фиксации с полиаксиальной компоновкой винтов и их диаметром в 6 мм не всегда достаточна для поясничного отдела [25].

В 1988 г. в СССР на базе Белорусского НИИТО был разработан и внедрен внутренний транспедикулярный фиксатор позвоночника на резьбовых стержнях [26]. Устройство для фиксации позвоночника (патент СССР 1674826), содержащее штангу с ползунами на концах для установки крепежных винтов и репонирующим узлом в средней части с целью восстановления топографоанатомических соотношений между сегментами позвоночника путем многоплоскостной репозиции.

Репозиция перелома в двух плоскостях осуществляется за счет вращения внутрителовых винтов вокруг штанг на ползунах с коррекцией оси позвоночника и последующего вращения внутрителовых винтов вокруг пальцев ползунов с коррекцией кифотической деформации непосредственно самим устройством. Последующая жесткая фиксация достигается в положении достигнутой коррекции. Возможность перемещения внутрителовых винтов вдоль оси позвоночника позволяет обеспечить разгрузку пораженного сегмента.

Внутренние устройства, как казалось, не всегда дают возможность осуществить компрессию, развить в должной мере необходимые для коррекции деформаций дистракционные усилия. Направление внешней транспедикулярной фиксации позвоночника начало бурно развиваться и в России. В РНЦ «Восстановительная травматология и ортопедия им. Г.А. Илизарова» в 1987 г. создана группа экспериментальной вертебрологии. При разработке внешней фиксации позвоночника опирались на установленное академиком Г.А. Илизаровым «общебиологическое свойство тканей отвечать на дозированное растяжение ростом и регенерацией» [27]. Одним из первых в 1995 г. был разработан компрессионно-дистракционный аппарат для наружной фиксации В.И. Шевцовым с соавт. (патент РФ № 2118133). В дальнейшем конструкции для внешней фиксации совершенствуются, в них принимает участие целый ряд авторов: А.Т. Худяев, Е.К. Валеев, П.И. Коваленко, А.М. Мархашов.

В начале 1990-х гг. метод внешней фиксации позвоночника совместно с РНЦ Г.А. Илизарова получил развитие в Уральском НИИТО. В 1992 г. А.М. Лавруковым с соавт. разрабатывается «Способ фиксации позвонка к внешней опоре» (патент РФ 2058759). Фиксацию осуществляют винтовым стержнем, проведенным в тело позвонка через основание остистого отростка в одну из половин дужки позвонка (по методике Э. Луке). С 1996 г.

серийным вариантом фиксации позвоночника стал аппарат внешней фиксации «Краб», предложенный группой авторов (А.М. Лавруков, А.Б. Томилов, Д.И. Глазырин) из Уральского НИИ травматологии и ортопедии [28]. С 2009 г. успешно применяется технология комбинированного транспедикулярного спондилосинтеза с применением стабилизирующих элементов внутренней конструкции «Синтез» и внешнего репозиционного модуля аппарата внешней фиксации «Краб» [29; 30].

Говоря о применении аппаратов внешней фиксации, следует отметить, что одной из важнейших проблем, которая встает при лечении повреждений и заболеваний позвоночника, несомненно, является проблема обеспечения жесткости фиксации его костных образований на протяжении всего периода лечения. При своих преимуществах наружная система не получила широкого распространения из-за потенциального риска осложнений при длительном ношении системы и особенностей ведения пациентов. Серьезные проблемы при наружной фиксации особенно очевидны у пациентов с неврологическими нарушениями, когда затруднены положение в кровати и уход. К недостаткам известных устройств можно отнести и сложные узлы фиксации.

Из первых российских внутренних стержневых транспедикулярных имплантатов следует отметить устройство для педикулокорпорального остеосинтеза позвоночника, разработанное в 1995 г. В.Д. Усиковым. Это устройство для чрескостного остеосинтеза позвоночника (патент РФ 2108763). Наиболее близкой к заявляемому устройству являлась универсальная спинальная система (USS). Недостатки этой конструкции заключаются в том, что репозиция позвонков осуществляется недозированно, с помощью различных ручных устройств. При этом репозиция позвонков может выполняться не во всех плоскостях, а удержание позвонков в репонированном положении до окончательной фиксации возможно только ручным способом. Кроме того, при фиксации штанг в боковых пазах головок винтов требуются в обязательном порядке фиксирующие гайки с выемками для предупреждения выхода штанг из боковых пазов. Эта цель достигалась в разработанном устройстве за счет конструкции винтов и репонирующей системы, состоящей из продольных и поперечных стержней и соединительных муфт.

Усовершенствование данной репозиционной системы происходит в 1998 г., на что подается заявка на чрескостное репозиционно-фиксирующее устройство для позвоночника и получен патент РФ 2171650. Технический результат заключается в сохранении прочности костной ткани позвонков при введении в них винтов, исключении на этапе репозиции раскручивания сборных винтов-стержней и ослаблении жесткости в системе устройство позвоночника. Чрескостное репозиционно-фиксирующее устройство с 2003 г. идет в серийное производство как спинальная транспедикулярная система «Синтез». Данное устройство,

являющееся транспедикулярной спинальной системой, предусматривает возможность его применения в режимах как внутреннего, так и внешнего остеосинтеза. Компоновка системы для внешнего остеосинтеза позволяет производить вмешательства на содержимом позвоночного канала без ее демонтажа, чего другие внешние репозиционные системы себе позволить не могут [31, с. 150–155].

Возможности транспедикулярной системы «Синтез» расширяются, и в 2004 г. получен патент РФ на изобретение 2223705: способ репозиции позвоночника при оскольчатых переломах и переломовывихах. Для репозиции вводятся винты в сломанный позвонок, которые после перемонтажа системы включаются в общую репозиционную систему. С помощью последней осуществляют одномоментную distraction и управляемую коррекцию анатомических взаимоотношений в травмированном отделе позвоночника путем форсированной экстензии и дозированного перемещения сломанного позвонка кпереди. Последней манипуляцией достигается восстановление формы передней стенки позвоночного канала – закрытая передняя декомпрессия.

В 2006 г. с помощью спинальной системы «Синтез» предложен способ реформации позвоночного канала при оскольчатых переломах, на что получен патент РФ 2285488. Существенной новизной предлагаемого способа является то, что интраоперационную продольную distraction травмированного отдела позвоночника осуществляют устройством для остеосинтеза при умеренном контролируемом локальном кифозе после предварительного рассечения надостистой и межостистой связок травмированного ПДС или ламинэктомии поврежденного позвонка и артротомии межпозвоночных суставов травмированного сегмента. Для повышения жесткости внутренней фиксации добавляются поперечные штанги (патент РФ 2382616).

В дальнейшем улучшить репозиционные возможности устройства «Синтез» удалось за счет муфт, которые предусматривались при начальном монтаже репозиционной системы (патент РФ 2753133). В устройстве исключался перемонтаж репозиционной системы при уже достигнутой репозиции в поврежденном отделе позвоночника и включения в нее редуционных винтов; повышалась точность установки редуционных винтов в поврежденный позвонок за счет проведения последних через отверстия в муфтах, расположенных на наружных продольных штангах; упрощался остеосинтез позвоночника и уменьшалось время оперативного вмешательства, исключив демонтаж и перемонтаж репозиционной системы с включением в нее редуционных винтов.

В 2013 г. В.В. Зарецков с соавт. предложили способ репозиции и фиксации позвоночника при оскольчатых переломах тел грудных и поясничных позвонков (патент РФ 2478342). Суть способа заключается в следующем: через хирургический доступ вводят

транспедикулярные винты через корни дуг смежных позвонков. Затем транспедикулярный винт вводят через точку Рой-Камиля в крупный отломок поврежденного позвонка. Соединяют транспедикулярные винты со стороны крупного отломка штангой, жестко фиксируя в ней транспедикулярные винты, введенные в смежные от поврежденного позвонки. Устраняют диастаз между отломками поврежденного позвонка за счет поворота, введенного в крупный отломок транспедикулярного винта вокруг оси штанги.

В целом транспедикулярная фиксация позвоночника служит двум основным целям: коррекции и стабилизации. Основными факторами, определяющими биомеханическую прочность метода фиксации, являются прочность самого винта, прочность винтовой системы, прочность кости и прочность соединения между винтом и костью. Техника репозиции инструментальными системами близка, но последовательность манипуляций может меняться. В первую очередь должны быть выполнены лордозизирующие маневры, а затем контролируемая дистракция [32]. По данным В. Wälchli с соавт. [33], вначале лучше применить дистракцию для восстановления высоты поврежденного позвонка, а затем создавать лордоз. Комбинированная регулировка разгибания и дистракции, по мнению J. Shang с соавт. [34], может быть более подходящей при коррекции деформации. Для восстановления высоты тела позвонка и получения не прямой декомпрессии позвоночного канала путем лигаментотаксиса осевая дистракция составляет приблизительно 3–5 мм [35]. С учетом предстоящей потери коррекции К.С. Kose с соавт. создавали перед фиксацией гиперлордоз [36]. При этом техника открытой или минимально инвазивной коррекции деформации существенно не влияла на восстановление глобальных параметров позвоночника [37].

Для более эффективного восстановления высоты тела позвонка предлагается вводить верхние винты с наклоном к нижней кортикальной пластинке [38]. Некоторые авторы считают, что за счет длинных винтов репозиция более эффективна [39], особенно если винты будут погружены на 90–100 % от размеров тела позвонка. Другие считают, что длинные винты в поврежденном позвонке не влияют на вправление перелома, но лучше могут поддержать восстановленную переднюю высоту и уменьшить потерю кифоза [40]. Установка педикулярного винта в сломанный позвонок во время выполнения лигаментотаксиса приводит к дополнительной декомпрессии содержимого позвоночного канала [41]. При нестабильных переломах типа С пять различных методик редукции позвоночника предлагает группа AOSpine [42]. S. Hadgaonkar с соавт. предложили для редукции использовать четыре короткие штанги, фиксированные вертикально выше и ниже повреждения. Данная компоновка коротких штанг, с одной стороны, облегчает редукцию, а с другой стороны, затрудняет выполнение окончательной фиксации при замене коротких штанг длинными [43].

В настоящее время не акцентируется должного внимания на коррекции посттравматической деформации, а для фиксации в основном используется полиаксиальная компоновка винтов с диаметром в 5–6 мм [44]. Данные конструкции не в силах удерживать достигнутую коррекцию деформации, и в большинстве случаев требуются двухэтапные оперативные вмешательства.

Спинальная система «Синтез» в моноаксиальной компоновке винтов диаметром 7 мм превосходит по своим характеристикам другие системы за счет удобства применения и техническим характеристикам, возможности дозированно с вовлечением поврежденного позвонка контролировать этапы репозиции, а также в большинстве случаев выполнить декомпрессию и фиксацию в один этап из заднего доступа. Усовершенствования данной системы и воспроизведение рассчитанных индивидуальных параметров при выполнении репозиции позволили улучшить результаты лечения пострадавших [45].

Заключение

По мнению авторов, на следующем этапе развития транспедикулярного репозиционно-стабилизирующего остеосинтеза будет необходим более дифференцированный подход к лечению с определением оптимальных целевых параметров при выполнении репозиции и индивидуальным подбором жесткости фиксирующих конструкций при помощи компьютерного моделирования и использования робототехники в хирургии позвоночника.

Список литературы

1. Cui W., Liu X., Zhao Z., Feng Z., Meng X. Accuracy and postoperative assessment of robot-assisted placement of pedicle screws during scoliosis surgery compared with conventional freehand technique: a systematic review and meta-analysis // *Journal of Orthopaedic Surgery and Research*. 2024. Vol. 19. Article 365. DOI: 10.1186/s13018-024-04848-z.
2. Al-Naseem A.O., Stokes O.M., Samarendra H., Koullouros M. Robot-assisted pedicle screw insertion versus navigation-based and freehand techniques for posterior spinal fusion in scoliosis: a systematic review and meta-analysis // *Spine Deformity*. 2024. DOI: 10.1007/s43390-024-00879-y.
3. Kang Y., Wei L., Liu J. Comparison of robot versus fluoroscopy-assisted pedicle screw instrumentation in adolescent idiopathic scoliosis surgery: a meta-analysis // *BMC Musculoskeletal Disorders*. 2024. Vol. 25. Article 1002. DOI: 10.1186/s12891-024-08088-4.
4. Xie L.Z., Su Q.J., Liu J.W., Zhang H.L., Xu H., Lu Y. Accuracies of various types of spinal robot in robot-assisted pedicle screw insertion: a Bayesian network meta-analysis // *Journal of Orthopaedic Surgery and Research*. 2023. Vol. 18. Article 243. DOI: 10.1186/s13018-023-03714-8.

5. Michele A.A., Krueger F.J. Surgical approach to the vertebral body // The Journal of Bone & Joint Surgery. 1949. Vol. 31A (4). P. 873–878.; URL: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/18142931/> (дата обращения: 20.04.2025).
6. Stoker D.J., Kissin C.M. Percutaneous vertebral biopsy: a review of 135 cases // Clin Radiol. 1985. Vol. 36 (6). P. 569–577.; URL: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/4064541/> (дата обращения: 20.04.2025). DOI: 10.1016/S0009-9260(85)80235-X.
7. De Kater E.P., Sakes A., Edström E., Elmi-Terander A., Kraan G., Breedveld P. Beyond the pedicle screw – a patent review // European Spine Journal. 2022. Vol. 31 (6). P. 1553–1565. DOI: 10.1007/s00586-022-07193-z.
8. Fayaz M., Chibber S.S., Singh K.D., Tyngkam L., Hela A., Chaurasia B. Unprecedented journey to 650 transpedicular screws using freehand technique and intraoperative C-arm imaging with technical nuances // Journal of Craniovertebral Junction and Spine. 2024 Jul-Sep. Vol. 15 (3). P. 326–330. DOI: 10.4103/jcvjs.jcvjs_56_24.
9. Harrington P.R., Tullos H.S. Reduction of severe spondylolisthesis in children // South Med J. 1969. Vol. 62 (1). P. 1–7.; URL: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/5766428/> (дата обращения: 20.05.2025). DOI: 10.1097/00007611-196901000-00001.
10. Vieweg U., Keck J., Krüger S., Arabmotlagh M., Rauschmann M., Schilling C. Biomechanical comparison of different rod-to-rod connectors to a conventional titanium and cobalt chromium posterior spinal fixation system // Brain Spine. 2022 Dec. Vol. 3 P. 101708.; URL: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/36685708/> (дата обращения: 25.07.2025). DOI: 10.1016/j.bas.2022.101708.
11. Virk S., Qureshi S., Sandhu H. History of Spinal Fusion: Where We Came from and Where We Are Going // HSS Journal. 2020 Jul. Vol. 16 (2). P. 137–142. DOI: 10.1007/s11420-020-09747-7.
12. Alimohammadi E., Bagheri S.R., Joseph B., Sharifi H., Shokri B., Khodadadi L. Analysis of factors associated with the failure of treatment in thoracolumbar burst fractures treated with short-segment posterior spinal fixation // Journal of Orthopaedic Surgery and Research. 2023. Vol. 18 (1). P. 690. DOI: 10.1186/s13018-023-04190-w.
13. Макаревич С.В. Исторические аспекты транспедикулярной фиксации позвоночника: обзор литературы // Хирургия позвоночника. 2018. Т. 15. № 4. С. 95–106. DOI: 10.14531/ss2018.4.95-106. EDN: YZKXYD
14. Yao W., Zhou T., Huang K., Dai M., Mo F., Xu J., Cao Z., Lai Q., Xie B., Guo R., Zhang B. A comparison of monoaxial pedicle screw versus polyaxial pedicle screw in short-segment posterior fixation for the treatment of thoracolumbar fractured vertebra // Annals of Translational Medicine.

2021. Vol. 9 (8). Article 669.; URL: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/33987367/> (дата обращения: 20.04.2025). DOI: 10.21037/atm-21-881.

15. Akalm S., Kiş M., Benli I.T., Citak M., Mumcu E.F., Tüzüner M. Results of the AO spinal internal fixator in the surgical treatment of thoracolumbar burst fractures // *European Spine Journal*. 1994. Vol. 3 (2). P. 102–106. DOI: 10.1007/BF02221448.

16. Kluger P., Gerner H.J. Das mechanische Prinzip des Fixateur externe zur dorsalen Stabilisierung der Brust und Lendenwirbelsäule [Mechanical principle of external fixation for dorsal stabilization of thoracic and lumbar vertebrae] // *Unfallchirurgie*. 1986. Vol. 12 (2). P. 68–79. German.; URL: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/3716011/> (дата обращения: 20.04.2025). DOI: 10.1007/BF02588325.

17. Ullrich B.W., Ottich M., Lawson McLean A., Mendel T., Hofmann G.O., Schenk P. Lokales Wirbelsäulenprofil nach operativer Behandlung thorakolumbalen und lumbalen Frakturen: Einfluss von Repositionstechnik und Knochenqualität [Local spinal profile following operative treatment of thoracolumbar and lumbar fractures: Impact of reduction technique and bone quality] // *Unfallchirurg*. 2022. Vol. 125 (4). P. 295–304. German. DOI: 10.1007/s00113-021-01013-7.

18. Spiegl U.J., Osterhoff G., Bula P., Hartmann F., Scheyerer M.J., Schnake K.J., Ullrich B.W. Biomechanics and clinical outcome after posterior stabilization of mid-thoracic vertebral body fractures: a systematic literature review // *Eur J Trauma Emerg Surg*. 2021. Vol. 47 (5). P. 1389–1398. DOI: 10.1007/s00068-020-01560-5.

19. Schuppper A.J., Lin J.D., Osorio J.A., Lee N.J., Steinberger J.M., Lombardi J.M., Lehman R.A., Lenke L.G. Freehand Juxtapedicular Screws Placed in the Apical Concavity of Adult Idiopathic Scoliosis Patients: Technique, Computed Tomography Confirmation, and Radiographic Results // *Neurospine*. 2022. Vol. 19 (4). P. 1116–1121. DOI: 10.14245/ns.2244798.399.

20. Von Glinski A., Yilmaz E., Godolias P., Benneker L., Oner F.C., Kandziora F., Schroeder G., Schnake K., Dvorak M., Rajasekaran S., El-Sharkawi M., Vaccaro A., Bransford R., Schildhauer T.A., Chapman J.R. Historical Perspectives on the Evolution of Spino-Pelvic Fixation and its Implications on Clinical Care A Narrative Review // *Global Spine J*. 2025. Vol. 15 (1). P. 228–240.; URL: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/39259943/> (дата обращения: 22.07.2025). DOI: 10.1177/21925682241283726.

21. Su Q., Li C., Li Y., Zhou Z., Zhang S., Guo S., Feng X., Yan M., Zhang Y., Zhang J., Pan J., Cheng B., Tan J. Analysis and improvement of the three-column spinal theory // *BMC Musculoskelet Disord*. 2020. Vol. 21 (1). P. 537. URL: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32787828/> (дата обращения: 22.07.2025). DOI: 10.1186/s12891-020-03550-5.

22. Cotrel Y., Dubousset J., Guillaumat M. New universal instrumentation in spinal surgery // *Clinical Orthopaedics and Related Research*. 1988 Feb. Vol. 227. P. 10–23. PMID: 3338200. URL: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/3338200/> (дата обращения: 22.04.2025).
23. Bischoff R., Bennett J.T., Stuecker R., Davis J.M., Whitecloud T.S. III. The use of Texas Scottish-Rite instrumentation in idiopathic scoliosis. A preliminary report // *Spine*. 1993. Vol. 18 (16). P. 2452–2456. DOI: 10.1097/00007632-199312000-00014.
24. Huang L., Xiong C., Guo Z. et al. Comparison of monoplane and polyaxial screw fixation systems in percutaneous intermediate fixation for thoracolumbar fractures // *BMC Musculoskeletal Disorders*. 2022. Vol. 23. Article 172. DOI: 10.1186/s12891-022-05129-8.
25. Wang H., Zhao Y., Mo Z., Han J., Chen Y., Yu H., Wang Q., Liu J., Li C., Zhou Y., Xiang L. Comparison of short-segment monoaxial and polyaxial pedicle screw fixation combined with intermediate screws in traumatic thoracolumbar fractures: a finite element study and clinical radiographic review // *Clinics (Sao Paulo)*. 2017 Oct. Vol. 72 (10). P. 609–617. DOI: 10.6061/clinics/2017(10)04.
26. Воронович И.Р., Николаев В.Н., Дулуб О.И., Макаревич С.В. Устройство для фиксации позвоночника // Авторское свидетельство № 1674826. Заявитель Белорусский научно-исследовательский институт травматологии и ортопедии. 1991. МПК А61В 17/66, А61В 17/60; заявлено 27.02.1989; опубл. 07.09.1991. EDN: XQKPF1
27. Щурова Е.Н., Долганова Т.И., Долганов Д.В., Менщикова Т.И. История развития биомеханических исследований в Центре Илизарова (к 100-летию академика Г.А. Илизарова) // *Acta Biomedica Scientifica (East Siberian Biomedical Journal)*. 2023. Т. 8 (1). С. 247–259.; URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/istoriya-razvitiya-biomehanicheskikh-issledovaniy-v-tsentre-ilizarova-k-100-letiyu-akademika-g-a-ilizarova> (дата обращения: 25.07.2025). DOI: 10.29413/ABS.2023-8.1.25. EDN: HMMAWC
28. Томилов А.Б., Плахин Е.В., Кузнецова Н.Л. Оценка эффективности лечения пациентов с позвоночно-спинномозговой травмой грудного и поясничного отделов // *Acta Biomedica Scientifica*. 2011. Т. 4–1. С. 180–185.; URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/otsenka-effektivnosti-lecheniya-patsientov-s-pozvonочно-spinnomozgovoy-travмой-grudnogo-i-poyasnichnogo-otdelov> (дата обращения: 25.07.2025).
29. Зубков Е.А., Химич Ю.В., Плахин Е.В., Бердюгин К.А. Моносегментарный транспедикулярный спондилосинтез при лечении изолированных переломов нижних грудных и поясничных позвонков // *Уральский медицинский журнал*. 2016. Т. 2. С. 96–101. EDN: VOXKAV
30. Солдатов Ю.П., Стогов М.В., Овчинников Е.Н., Губин А.В., Городнова Н.В. Аппарат внешней фиксации конструкции Г.А. Илизарова. Оценка клинической эффективности и

безопасности (обзор литературы) // Гений ортопедии. 2019. Т. 25. №. 4. С. 588–599. DOI: 10.18019/1028-4427-2019-25-4-588-599. EDN: QAWYLQ

31. Усиков В.Д. Руководство по транспедикулярному остеосинтезу позвоночника. СПб.: Гиппократ, 2006. 176 с. EDN: QLOEJF. ISBN 5-8232-0030-7.

32. Tsai T.T., Chen Y.H., Liao C.Y., Lin H.T., Liu M.Y., Chen J.K., Lai P.L., Tai C.L. Biomechanical study of pedicle screw fixation strength: association of screw malposition and screw insertion torque // Journal of Mechanics in Medicine and Biology. 2019. Vol. 19 (3). P. 1940012.; URL: <https://www.worldscientific.com/doi/abs/10.1142/S0219519419400128> (дата обращения: 25.07.2025). DOI: 10.1142/S0219519419400128.

33. Wälchli B., Heini P., Berlemann U. Korrekturverlust nach dorsaler Stabilisierung von Berstungsfrakturen des thorakolumbalen Übergangs. Die Rolle der transpedikulären Spongiosaplastik [Loss of correction after dorsal stabilization of burst fractures of the thoracolumbar junction. The role of transpedicular spongiosa plasty] // Unfallchirurg. 2001. Vol. 104 (8). P. 742–747. German. DOI: 10.1007/s001130170076.

34. Shang J., Ling X.D., Liu Y.C., Liu W., Xiao X.G., Yuan S.H. Biomechanical effects of pedicle screw adjustments on the thoracolumbar burst fractures // Chinese Medical Journal (Engl). 2013 Jan. Vol. 126 (2). P. 300–305. DOI: 10.3760/cma.j.issn.0366-6999.20122206.

35. Vercoulen T.F.G., Niemeyer M.J.S., Peuker F., Verlaan J.J., Oner F.C., Sadiqi S. Surgical treatment of traumatic fractures of the thoracic and lumbar spine: A systematic review // Brain Spine. 2024. Vol. 5 (4). P. 102745.; URL: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/38510618/> (дата обращения: 25.07.2025). DOI: 10.1016/j.bas.2024.102745.

36. Kose K.C., Inanmaz M.E., Isik C., Basar H., Caliskan I., Bal E. Short segment pedicle screw instrumentation with an index level screw and cantilevered hyperlordotic reduction in the treatment of type-A fractures of the thoracolumbar spine // Bone & Joint Journal. 2014. Vol. 96-B (4). P. 541–547. DOI: 10.1302/0301-620X.96B4.33249.

37. Najjar E., Meshneb M., Isapure A., Komaitis S., Hassanin M.A., Rampersad R., Elnady B., Salem K.M., Quraishi N.A. Thoracolumbar fractures: comparing the effect of minimally invasive versus open Schanz screw techniques on sagittal alignment // Cureus. 2024. Vol. 16 (6). Article e63187. DOI: 10.7759/cureus.63187.

38. Gómez-Vega J.C., Vergara Lago M.F. Open reduction of thoraco-lumbar fractures and sagittal balance correction using Schanz screws // Revista Española de Cirugía Ortopédica y Traumatología (English Edition). 2021. Vol. 65 (3). P. 229–236. DOI: 10.1016/j.recot.2020.07.009.

39. Padalkar P., Mehta V. Bi-Pedicle fixation of affected vertebra in thoracolumbar burst fracture // Journal of Clinical and Diagnostic Research. 2017. Vol. 11 (4). P. RC04–RC07. DOI: 10.7860/JCDR/2017/17599.9714.

40. Zhang B., Wang J.C., Jiang Y.Z., Song Q.P., An Y. Effectiveness and postoperative rehabilitation of one-stage combined anterior-posterior surgery for severe thoracolumbar fractures with spinal cord injury // *World Journal of Clinical Cases*. 2022. Vol. 10 (18). P. 6001–6008. DOI: 10.12998/wjcc.v10.i18.6001.
41. Rezvani M., Asadi J., Sourani A., Foroughi M., Tehrani D.S. In-fracture pedicular screw placement during ligamentotaxis following traumatic spine injuries, a randomized clinical trial on outcomes // *Korean Journal of Neurotrauma*. 2023. Vol. 19 (1). P. 90–102. DOI: 10.13004/kjnt.2023.19.e9.
42. Kumar S., Patralekh M.K., Boruah T., Kareem S.A., Kumar A., Kumar R. Thoracolumbar fracture dislocation (AO type C injury): a systematic review of surgical reduction techniques // *Journal of Clinical Orthopaedics and Trauma*. 2020. Vol. 11 (5). P. 730–741. DOI: 10.1016/j.jcot.2019.09.016.
43. Hadgaonkar S., Shah K., Khurjekar K., Krishnan V., Shyam A., Sancheti P. A. Levering technique using small parallel rods for open reduction of high-grade thoracolumbar dislocation // *Global Spine Journal*. 2017. Vol. 7 (4). P. 302–308. DOI: 10.1177/2192568217699184.
44. Xilong C., Junjun Z., Yuliang S., Wanmei Y., Xiumei W., Xiuling H., Haiyang Y., Chengmin L., Zikai H. Biomechanical comparison of different treatment strategies for thoracolumbar burst fracture: a finite element study // *World Neurosurgery*. 2023. Vol. 180. P. e429–e439. DOI: 10.1016/j.wneu.2023.09.084.
45. Усиков В.Д., Куфтов В.С., Монашенко Д.Н. Ретроспективный анализ восстановления анатомии поврежденного позвоночно-двигательного сегмента в грудном и поясничном отделах транспедикулярным репозиционным устройством // *Хирургия позвоночника*. 2022. Vol. 19 (3). P. 38–48. DOI: 10.14531/ss2022.3.38-48. EDN: PRTYGK.