



ОБЗОРЫ ЛИТЕРАТУРЫ

© Коллектив авторов, 2015

РАДИКАЛЬНЫЕ ДОРСАЛЬНЫЕ ВМЕШАТЕЛЬСТВА В ЛЕЧЕНИИ КИФОТИЧЕСКИХ ДЕФОРМАЦИЙ

М.В. Михайловский, В.В. Новиков, И.Г. Удалова

ФГБУ «Новосибирский научно-исследовательский институт травматологии и ортопедии
им. Я.Л. Цивьяна» Минздрава России, Новосибирск, РФ

В обзоре представлены широко используемые в клинической практике операции, направленные на коррекцию тяжелых кифотических деформаций позвоночника, — остеотомии Ponte, Smith-Petersen, Pedicle Subtraction Osteotomy, Vertebral Column Resection. Описаны их техника, используемые при планировании параметры сагиттального контура позвоночника и таза, результаты практического применения.

Ключевые слова: кифоз, радикальные операции, PSO, SPO, VCR, сагиттальный дисбаланс.

Radical Dorsal Interventions in Treatment of Kyphotic Deformities (Literature Review)

M.V. Mikhailovskiy, V.V. Novikov, I.G. Udalov

Novosibirsk Institute of Traumatology and Orthopaedics named after Ya. L. Tziv'yan

Widely used in clinical practice surgical interventions directed to the correction of severe kyphotic spine deformities, i.e. Ponte osteotomy, Smith-Peterson osteotomy, pedicle subtraction osteotomy and vertebral column resection are presented. Surgical techniques, surgery planning based on spinal and pelvic sagittal contour parameters, treatment results are described.

Key words: kyphosis, radical operations, Smith-Peterson osteotomy, pedicle subtraction osteotomy and vertebral column resection, sagittal imbalance.

Радикальные корригирующие вмешательства при тяжелых кифотических деформациях различной этиологии получили широкое распространение во всем мире. Они с успехом, хотя сравнительно нечасто, выполняются и в нашей стране. В то же время в отечественной литературе практически отсутствуют как описание техники этих вмешательств, так и их результаты. Все это побудило нас к написанию данного обзора. Оказалось, что эти весьма непростые операции имеют достаточно давнюю историю. К сожалению, в современной западной ортопедической литературе многие разработки XX столетия почти не упоминаются, поэтому мы сочли уместным привести их краткое описание.

Операции середины XX века

Судя по всему, приоритет принадлежит России. В 1933 г. великий В.Д. Чаклин выполнил операцию двухэтапной коррекции бехтеревого кифоза. В ходе первого этапа были удалены остистые отростки, полудужки и суставные отростки L3 и L4 позвонков, после чего рана ушита. Вторым этапом из внебрюшинного доступа осуществлена клиновидная резекция диска L3-4 и прилежащих участков тел позвонков. Коррекция кифоза достигнута подкладыванием под спину пациента подушек, после чего «в зияющую между позвонками щель» вбит костный аутооттрансплантат. Описание операции опубликовано автором только в 1964 г. [1].

В 1946 г. Е. LaChapelle описал аналогичное вмешательство [2]. Отличие состояло в том, что из вентрального доступа производилось лишь рассечение передней продольной связки на уровне дорсальной вертебротомии.

Н. Briggs и соавт. [3] предложили свой вариант вертебротомии при анкилозирующем спондилите. Операция осуществляется на уровне L3-L4 позвонков. Сначала через остистый отросток L3 позвонка проводят сечение в вентральном направлении так, чтобы его линия прошла выше основания нижних суставных отростков и захватила часть его дужки. Второе сечение выполняют под углом 45° к первому через остистый отросток L4 позвонка, при этом удаляют краниальную часть остистого отростка, верхние суставные отростки и краниальную часть полудужки L4. Проводят широкую фораминотомию. Коррекция осуществляется путем давления руками хирурга на поясничную область и достигается за счет разрыва передней продольной связки и фиброзного кольца. Для после-

дующей фиксации используют металлические пластины с болтами, проведенными через остистые отростки L1–L5 позвонков (рис. 1).

Delitala и Pais [цит. по 4] вертебротомию выполняли не на операционном столе, а на кровати Путти, на которой закреплен специальный гамак, позволяющий дозированно исправлять деформацию позвоночника с визуальным контролем операционного поля. Дефект задних отделов позвонков, по высоте равный 4 см, формируется за счет удаления полудужки L3 и резекции полудужек L2 и L4 позвонков. Отводя вправо и влево дуральный мешок, обнажают переднюю стенку позвоночного канала и делают в спонгиозе тел смежных позвонков и межпозвонковом диске клин высотой до 1 см, вершиной обращенный вентрально. Коррекцию осуществляют с помощью гамака до смыкания краев костного дефекта (рис. 2, а). В случае, если коррекция невозможна в связи с массивными костными разрастаниями, возможна вентральная вертебротомия по Herbert.

Б. Бойчев (1958) разработал свой метод, основным отличием которого от операции Delitala — Pais является формирование более глубокого клина в телах позвонков [5]. Дефект должен был распространяться «почти на всю толщ позвонка», а вершиной достигать его вентральной трети (рис. 2, б).

Ж. Herbert (1948) представил технику двухэтапной вертебротомии у больных с ригидными кифотическими деформациями [6]. При осуществлении вмешательства в грудном или поясничном отделе единым блоком производят резекцию дорсальных отделов позвонков в виде буквы Т. По средней линии, соответствующей вертикали буквы Т, резецируют остистые отростки и полудужки двух позвонков, по линии, соответствующей горизонтали буквы Т, — полудужки до межпозвонковых отверстий (фораминотомия), причем ширина этой части костного дефекта не должна превышать 1 см. Рану ушивают. Больного укладывают на подушки, путем смены которых на протяжении 2–3 дней достигается постепенная коррекция кифоза. Иногда это происходит одно-

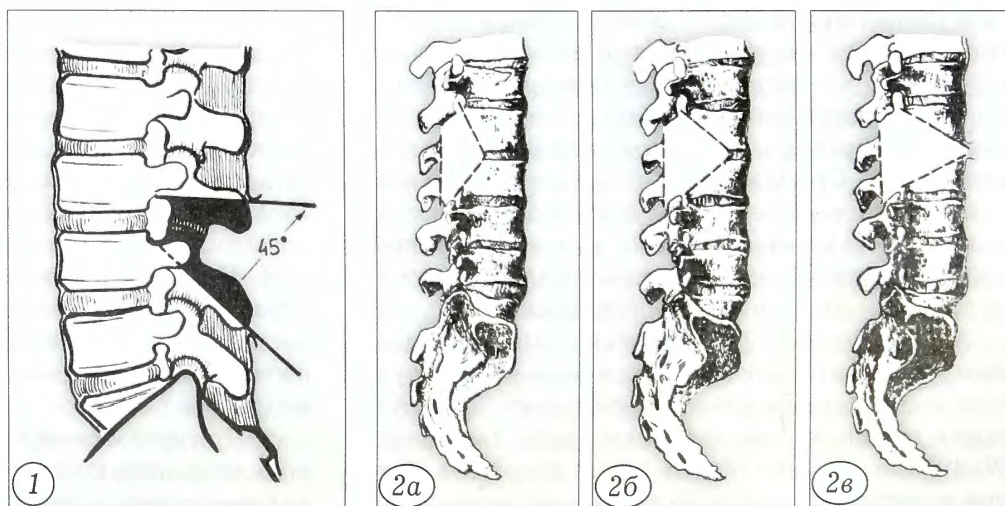
моментно. Если коррекции не удастся достичь, осуществляют второй этап вмешательства, заключающийся в рассечении межпозвонкового диска, соответствующего уровню горизонтальной части буквы Т, продолжают постепенную коррекцию подушками с последующим ношением гипсового корсета сроком не менее 12 мес.

М. Goel (1968) описал операцию, в основе которой лежит резекция полудужек и суставных отростков с последующей «жесткой, но осторожной» гиперэкстензией поясничного отдела позвоночника. При этом с характерным звуком рвется передняя продольная связка, и деформация позвоночника устраняется [7].

Я.Л. Цивьян (1971) предложил операцию, названную им корригирующей вертебротомией [8]. В задних отделах на уровне L2–L3 позвонков формировали 8-гранный дефект с высвобождением двух пар спинномозговых корешков. В передней колонне позвоночника двумя сходящимися под углом остеотомами формировали клиновидный дефект с рассечением вентральной замыкательной пластинки и передней продольной связки. Таким образом позвоночный столб разделяли на два практически свободных сегмента, что позволяло достичь на операционном столе одномоментной и полной коррекции за счет превращения полого кифоза в угловой лордоз с вершиной на уровне вертебротомии (рис. 2, в). В то время как хирург осуществлял вертикальное давление на поясничную область, два ассистента подкладывали высокий плотный валик под верхнюю половину грудной клетки и плечевой пояс. Для фиксации использовали гипсовый корсет с тугорами на бедрах. После заживления раны корсет заменяли на обычный экстензионный, который изготовляли в положении пациента стоя. Всего автором метода было прооперировано 180 больных. Во всех случаях получена полная клиническая коррекция тяжелой кифотической деформации позвоночника. Среди осложнений отмечены нарушение мозгового кровообращения (1), формирование ликворного свища (1), нагноение операционной раны (3), рецидив кифо-

Рис. 1. Схема вертебротомии по Briggs, Keats, Schlesinger [H. Briggs et al., 1947].

Рис. 2. Схемы вертебротомии по Delitala-Pais (а), Бойчеву (б) и Цивьяну (в) [Цивьян Я.Л., 1990].



тической деформации (2), развитие cast-синдрома (3), внесудистая окклюзия брюшной аорты (4). В ближайшем послеоперационном периоде было 6 (3,3 %) летальных исходов.

Операции Smith-Petersen и Ponte

М. Smith-Petersen и соавт. (1945), обосновывая принципы разрабатываемого ими метода, пришли к выводу, что анкилозированные истинные суставы позвоночника — это те структуры, которые должны быть разрушены в первую очередь, чтобы получить коррекцию кифоза при болезни Бехтерева. Кроме того, оперировать необходимо до обызвествления связочного аппарата и обездвиживания дисков. Техника операции сводится к следующему. После доступа удаляют под основание минимум три остистых отростка поясничных позвонков. Желтую связку отделяют от мест крепления к полудужкам. Под полудужки заводят элеватор, по которому затем производят сечение обеих пар суставных отростков (на 1–3 уровнях). Затем медленно поднимают головной и ножной концы операционного стола, кифотическая деформация исправляется, дефекты в дорсальных отделах позвоночника смыкаются, после чего выполняют дорсальный спондилодез аутокостью. Послеоперационную внешнюю иммобилизацию с целью профилактики рецидива деформации авторы рекомендовали осуществлять в течение 2–3 лет [9]. Несмотря на четкое авторское описание техники операции, в последующем многие авторы приводили его в своих работах с разнообразными вариациями [4, 10, 11].

Наличие общих черт остеотомии Ponte (разработанной в 1978 г.) и остеотомии Smith-Petersen (SPO) вызывало в течение ряда лет многочисленные недоразумения, что побудило А. Ponte выступить на 48-й ежегодной конференции SRS в Лионе со специальной лекцией и расставить все точки над *i*, перечислив и подробно истолковав различия между этими двумя операциями [12].

Вероятно, будет нелишним упомянуть некоторые обстоятельства биографии обоих хирургов. Marius Nygaard Smith-Petersen (1886–1953) родился в Норвегии и в 1903 г. эмигрировал в США. В 1910 г. он окончил университет в Висконсине, а в 1914 г. — медицинскую школу Гарварда. Во время Первой мировой войны служил госпитальным хирургом во Франции. Был награжден Большим крестом ордена Св. Олава. В течение многих лет возглавлял ортопедическую службу главного госпиталя в Массачусетсе. В 1925 г. разработал и внедрил в практику трехлопастной гвоздь для остеосинтеза фрагментов шейки бедренной кости.

Alberto Ponte в 1953 г. получил диплом Туринского университета, осваивал специальность в лучших госпиталях Европы, стажировался в США у таких специалистов, как John Cobb, Joe Risser, Walter Blount, John Moe. В 1960 г. впервые в Италии начал оперировать больных сколиозом, осно-

вал и в течение многих лет руководил первым в Италии центром хирургии позвоночника (Pietra Ligure).

SPO была предложена для пациентов с кифотическими деформациями, сформировавшимися на фоне анкилозирующего спондилита. Техника ее предполагает использование дорсальных отделов тела позвонка (средняя позвоночная колонна) в качестве точки вращения при коррекции деформации через заблокированный межпозвонковый диск (на самом деле Smith-Petersen предпочитал оперировать до полного обездвиживания позвоночника). Результатом является удлинение передней и укорочение задней колонн позвоночника в поясничном его отделе. При этом происходит разрыв передней продольной связки и расхождение тел позвонков с формированием некоторого пространства между ними. Манипуляция сопровождается высоким риском повреждения крупных сосудов. Отличительные черты техники Smith-Petersen (с точки зрения Ponte):

- осуществляется в поясничном отделе позвоночника (1–3 уровня);
- удаляется суставной хрящ дугоотростчатых суставов (Smith-Petersen и соавт.: суставные отростки пересекаются полностью под углом 45° к фронтальной плоскости);
- желтая связка отделяется от кости, но не удаляется (Smith-Petersen и соавт. не исключали удаления желтой связки, но подчеркивали, что это может быть опасно из-за спаек с дуральным мешком);
- производится силовое удлинение передней позвоночной колонны.

Грубые кифотические деформации грудного отдела позвоночника (наиболее показательный пример — болезнь Шойерманна) не удается корригировать за счет минимальных резекций, используемых при SPO. В таких случаях для укорочения дорсальной позвоночной колонны необходимо более агрессивное вмешательство на костных структурах и связочном аппарате — операция Ponte.

Отличительные черты техники Ponte:

- осуществляется в грудном отделе позвоночника (11–13 уровней);
- остистые и суставные отростки удаляются полностью;
- производится широкая резекция полудужек;
- желтая связка удаляется полностью;
- в тяжелых случаях резецируются корни дужек.

Анализ этой информации, приведенный Ponte, позволил ему сделать ряд выводов.

1. Приложение дорсального корригирующего усилия при SPO смещает центра ротации дорсально ввиду использования очень короткого плеча рычага, что невыгодно с точки зрения биомеханики (рис. 3).

2. При остеотомии Ponte приложение дорсального корригирующего усилия использует очень длинное плечо рычага и смещает центр ротации

вентрально, что с точки зрения биомеханики представляется выгодным.

3. Результатом операции Ponte является укорочение задней колонны позвоночника, что не сопровождается повреждением как вентрально расположенных по отношению к телам позвонков крупных сосудов, так и средней позвоночной артерии.

4. SPO предполагает удлинение вентральной колонны позвоночника, что подвергает риску травматизации вышеупомянутые сосудистые структуры.

Мы сочли полезным привести эти противоречивые данные, поскольку обе операции (SPO и Ponte) до сих пор находят применение, а возникающие в литературе разногласия и столкновение мнений интересны сами по себе.

Техники PSO и pVCR

Pedicle Subtraction Osteotomy (PSO) — описана E. Thomasen в 1985 г. как трехколонная дорсальная вертебротомия для коррекции ригидных деформаций на почве анкилозирующего спондилита [13]. Обычно выполняется на уровне L2 или L3 позвонков, т.е. каудальнее *conus medullaris*. Операция известна под несколькими названиями: *transpedicular wedge procedure*, *closing wedge osteotomy*. Считаем целесообразным привести описание техники вмешательства более подробно, поскольку в последние два десятилетия она получила широкое распространение.

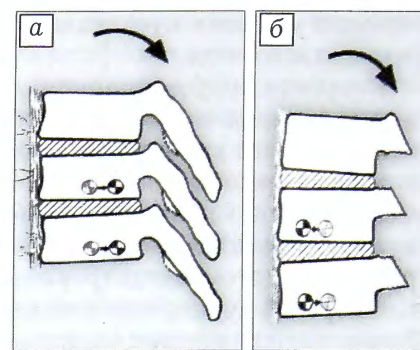
Установка имплантатов. После обнажения дорсальных отделов позвонков и выбора уровня вертебротомии имплантируют фиксирующие элементы конструкции (педикулярные шурупы и/или крюки). Важно выполнить эти манипуляции до начала резекции, чтобы обеспечить временную фиксацию позвоночника.

Планирование резекции. Нижняя граница резецируемых задних отделов расположена каудальнее намеченного к удалению корня дужки, а верхняя — краниальнее настолько, чтобы смыкание клина привело к коррекции кифоза. Задние элементы на необходимом протяжении удаляют кусачками и костными ложками, и все фрагменты кости сохраняют для последующего спондилодеза. На границах зоны резекции костные края «подкусывают» для формирования некоторого дополнительного пространства, чтобы при смыкании клина и сопровождающем этот маневр выпячивании дурального мешка последний не был сдавлен костными краями.

Удаление поперечных отростков. Поперечные отростки могут быть удалены или только остеотомированы у основания. Второй вариант предпочтительнее, так как обеспечивает сохранение поперечных отростков в качестве васкуляризованных аутоотрансплантатов. При удалении корня дужки необходимо защищать дуральный мешок корешковым ретрактором. Корни дужек удаляются ку-

Рис. 3. Биомеханические различия операций Smith-Petersen (a) и Ponte (б). Объяснения в тексте

[A. Ponte, 2013].



сачками и дрелью максимально полно, так как оставшаяся каудальная часть корня дужки может надавить на спинномозговой корешок во время коррекции кифоза и стать причиной радикулопатии.

Мобилизация тела позвонка. В ходе этого этапа используют шарнирный ретрактор — с его помощью субпериостально выделяют тело позвонка, на уровне которого планируется вертебротомия. Введение ретрактора начинают каудальнее диска, расположенного над этим телом позвонка, и продолжают кпереди и латерально, смещая подобным же образом сегментарные сосуды. Шарнирный ретрактор на конце имеет изгиб в форме ложки, который скользит по телу позвонка, пока не достигает его вентральной поверхности. Это окончательная позиция ретрактора, позволяющая облегчить выполнение вертебротомии. При этом важно не натягивать спинномозговые корешки в зоне выполненной резекции.

Резекция тела позвонка. В соответствии с результатами ранее проведенного измерения величины костного клина производят сечение сначала в краниальной его части, затем — в каудальной. Линии этих сечений должны сойтись в области вентральной замыкательной пластинки тела позвонка. Латеральную стенку надламывают и удаляют.

Удаление спонгиозной кости производится костными ложками и кусачками. Обработку кости осуществляют слева направо и справа налево настолько, насколько это достижимо. Принципиально важно убрать спонгиозу до передней замыкательной пластинки, но последнюю не повреждать и использовать как точку вращения. Тщательно останавливают неизбежное на данном этапе кровотечение. После завершения этапа для предотвращения несвоевременного смыкания костного клина или сублюксации можно использовать временный стержень, фиксированный в головках педикулярных шурупов. Все манипуляции проводят с обеих сторон позвоночного столба последовательно.

Удаление дорсальной замыкательной пластинки тела позвонка. Перед выполнением этого этапа следует быть уверенным, что дуральный мешок по краям костного клина свободен и что смыкание задних отделов не приведет к локальному стенозированию позвоночного канала. Дуральный мешок осторожно и тщательно отделяют от подлежащей замыкательной пластинки. Последнюю ос-

торожно удаляют кусачками на всю ширину дефекта задних отделов.

Коррекция деформации позвоночника. Устанавливают второй временный стержень. Смыкание резекционного клина возможно пассивным путем — за счет провисания под действием собственного веса с последующей компрессией педикулярными шурупами для плотного контакта костных краев (рис. 4). При этом всегда формируется петлеобразный перегиб дурального мешка по средней линии. Только хирург решает, насколько этот перегиб допустим в конкретной ситуации. Если все стабильно, временные стержни меняют на постоянные, выполняют финальную компрессию крюков и дорсальный спондилодез аутокостью. В ходе вмешательства осуществляют постоянный мониторинг функции спинного мозга (моторные и соматосенсорные вызванные потенциалы, при необходимости — проба с пробуждением).

Операция применяется при различных патологических состояниях позвоночника, сопровождающихся развитием выраженного сагиттального дисбаланса (до 12 см и более).

S. Lewis [14] описал варианты техники PSO:

- асимметричная резекция костных структур для коррекции деформации позвоночника во фронтальной плоскости;
- чрездисковая PSO — полное удаление одного или двух дисков увеличивает объем сагиттальной коррекции и площадь контакта костных поверхностей. Показана при значительных изменениях дисков (травма, воспалительный процесс);
- частичная или полная резекция позвоночного столба (VCR).

Posterior Vertebral Column Resection (pVCR) представлена как техника для лечения опухолевых поражений позвоночника, спондилоптозов, врожденных кифозов. Заключается в резекции одного или более позвоночных сегментов, включая дорсальные элементы (остистые отростки и полудужки), корни дужек, тела позвонков и диски. Считается показанной, когда операции типа SPO или

PSO расцениваются как недостаточно эффективные в конкретной клинической ситуации.

Техника операции. Полностью удаляют задние элементы намеченных к резекции позвонков. Формируют широкий дефект до основания остистых отростков, что позволяет хорошо контролировать визуально дуральный мешок и предотвратить его повреждение. В грудном отделе осуществляют билатеральную костотрансверзэктомию для облегчения удаления тела позвонка. При полном удалении тела позвонка пострезекционный контакт типа bone-on-bone практически невозможен, поэтому после достижения коррекции выполняют вентральный спондилодез кейджем или ригидным аллотрансплантатом. В остальном техника операции аналогична таковой при выполнении PSO (рис. 5).

Первым описанием pVCR считается работа S. Suk и соавт. [15], хотя ранее K. Tomita и соавт. [16] представили практически аналогичную технику вмешательства, названного ими Total en bloc spondylectomy и первоначально предназначенного для удаления опухолевых очагов позвоночника.

Eggshell procedure (C. Heinig, 1984) описана как декомпрессионная операция, выполняемая из дорсального доступа [17]. Собственно декомпрессия может быть выполнена первым этапом. Фиксацию (крючковую или педикулярную) осуществляют на 2–3 уровнях краниальнее и каудальнее пораженного сегмента. Транспедикулярно маленькими кюретками начинают удаление спонгиозной кости (транспедикулярный доступ к спонгиозе тела позвонка как диагностическая манипуляция впервые описана Michelle, Krudger в 1949 г. [18]). Удаляют латеральную стенку корня дужки, кюретаж продолжают в медиальном и краниальном направлениях через межпозвоночный диск. При планируемой вертебротомии необходимо удалить задневерхний отдел тела с формированием клиновидного дефекта от нижнего края корня дужки дорсально до передневерхнего угла тела позвонка (рис. 6). Перед завершением удаления спонгиозы желательнее имплантировать

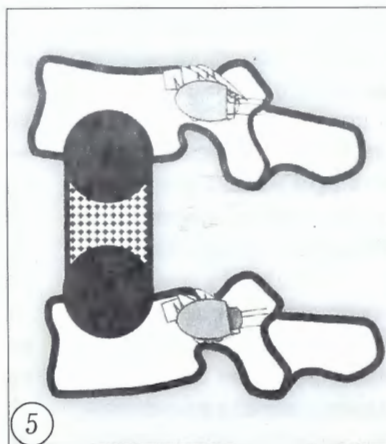
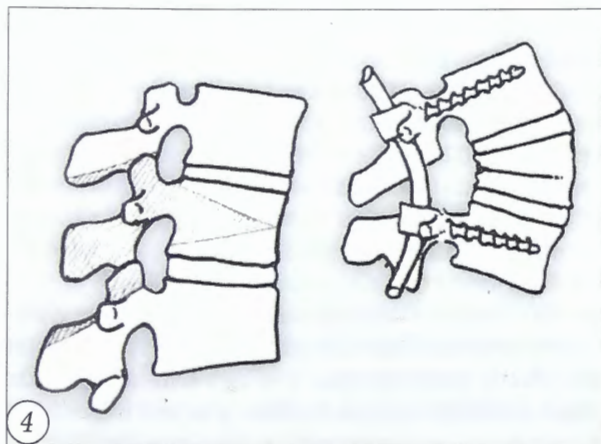


Рис. 4. Схема коррекции кифоза с помощью PSO. Объяснения в тексте [Т. Kiaer et al., 2010].

Рис. 5. Схема операции pVCR. Объяснения в тексте [D. Murrey et al., 2002].

Рис. 6. Схема Eggshell procedure. Объяснения в тексте [D. Murrey et al., 2002].

односторонний временный стержень, а после завершения удаляют медиальную стенку корня дужки и дорсальную замыкательную пластинку тела позвонка. Задние элементы позвонка (остистый отросток, полудужку) резецируют таким образом, чтобы при смыкании дефекта не возникло компрессии дурального мешка. На двух стержнях осуществляют смыкание резекционного клина и дорсальный спондилодез. Судя по авторскому описанию, операция мало отличается от типичной PSO.

Планирование и оценка результата корригирующего вмешательства

Корригирующие остеотомии позвоночника предназначены для исправления грубых ригидных деформаций, сопровождающихся развитием выраженного дисбаланса как в сагиттальной (в большей степени), так и во фронтальной плоскости. В основном это ригидные сколиозы взрослых, анкилозирующие спондилиты, врожденные и посттравматические кифозы и т.д. Грубые нарушения баланса ставят перед хирургом задачу восстановления состояния позвоночного столба, которое в англоязычной литературе обозначается как *normal spinal alignment*.

При планировании операции используют профильные спондилограммы, выполненные в положении стоя с минимальным захватом от С7 позвонка до головок бедренных костей (идеально — от головы до стоп). Рентгенографические данные анализируют с помощью математических формул, скиаграмм и т.д. Функциональные спондилограммы (в положении переднего и заднего наклона) помогают оценить мобильность сегментов позвоночника, которую также необходимо учитывать при планировании [19].

Сагиттальный дисбаланс туловища. Согласно [11] существует два типа дисбаланса в сагиттальной плоскости. *Тип I* — это дисбаланс на сегментарном или регионарном уровне, когда общий баланс туловища сохранен, т.е. линия отвеса из тела С7 позвонка проецируется на диск L5–S1.

Рис. 7. Позвоночные параметры, характеризующие сагиттальный баланс.

Объяснения в тексте

[Schwab et al., 2009].

TK — thoracic kyphosis,
LL — lumbar lordosis,
SPI — spinopelvic inclination,
SVA — sagittal vertical axis.

Рис. 8. Тазовые параметры, характеризующие сагиттальный баланс.

Объяснения в тексте

[J. Smith et al., 2012].

PT — pelvic tilt,
SS — sacral slope,
PI — pelvic inclination.

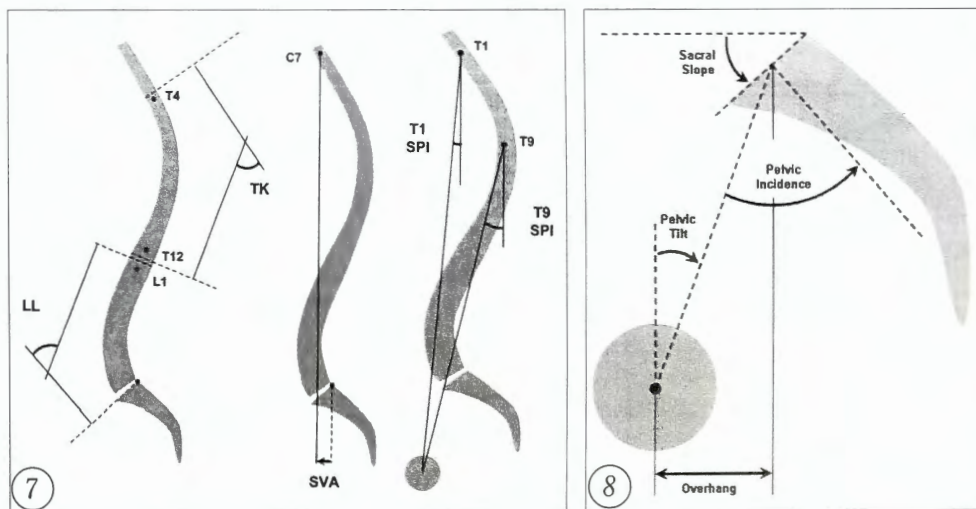
У таких больных обычно развивается короткий (2–3 сегмента) гиперкифоз с компенсаторными гиперлордозами каудально и/или краниально. *Тип II* — результат более протяженной деформации, когда линия отвеса проходит более чем в 5 см вентральнее диска L5–S1. Компенсация такой деформации (например, при болезни Бехтерева) становится невозможной, и пациент вынужден сгибать коленные и тазобедренные суставы для сохранения горизонтального взора.

Из числа параметров, характеризующих сагиттальный контур позвоночника, к наиболее часто употребляемым относятся величины грудного кифоза (Th4–Th12) и поясничного лордоза (L1–S1), определенные по методу Cobb. Линия отвеса, опущенного из центра тела С7 позвонка (SVA — sagittal vertical axis), определяет так называемый GSA (*global spinal alignment*) и в норме у взрослого отстоит от задневерхнего угла S1 позвонка не более чем на 0,5 см [23]. Еще один метод оценки сагиттального баланса был предложен G. Duval-Beaupere и соавт. [20]: позвоночно-тазовый наклон (*spinopelvic inclination SPI*) позвонков Th1 и Th9 (рис. 7).

Тазовые параметры. Положение таза в сагиттальной плоскости оценивается по трем измерениям (рис. 8).

- Наклон таза (*pelvic tilt — PT*) — угол между вертикалью и линией, соединяющей центр краниальной замыкательной пластинки S1 и центр головки бедренной кости. Когда позвоночник наклонен вперед (усиление грудного кифоза, сглаженность поясничного лордоза и т.д.), пациент старается вернуть ему вертикальное положение, т.е. «поместить» его строго над крестцом. Один из путей достижения этого — ретроверсия таза (увеличение PT), т.е. поворот его кзади вокруг бедер.

- Наклон таза (*pelvic incidence — PI*) — угол между перпендикуляром к середине краниальной замыкательной пластинки S1 позвонка и линией, соединяющей эту же точку с центром головки бедра. Этот параметр рассматривается как один из важ-



нейших с точки зрения определения пространственного взаиморасположения позвоночника и таза.

- Наклон крестца (sacral slope — SS) — угол между горизонталью и краниальной замыкательной пластинкой S1 позвонка.

Взаимоотношения между тремя величинами выражаются формулой: $PI = PT + SS$.

J. Lazennec и соавт. [21] одними из первых исследовали взаимосвязь между оценкой больным результата операции и PT. В группе из 81 пациента, подвергнутого люмбосакральному спондилодезу, были проанализированы тазовые параметры в пре- и послеоперационном периоде и остаточный болевой синдром. Показано, что больные с более выраженным послеоперационным PT и более выраженной тазовой ретроверсией чаще отмечали сохранение болей.

J. Smith и соавт. [22] проанализировали спондилограммы 147 больных, подвергнутых PSO, на предмет определения оптимальной методики планирования операции и предсказания послеоперационного сагиттального баланса туловища. Основной вывод сформулирован следующим образом: применение математической модели, не учитывающей тазовых параметров и возможных изменений неблокированных сегментов позвоночного столба, не позволяет предугадать послеоперационный GSA и ассоциировано с риском неудовлетворительного клинического исхода лечения. Наилучшим признан подход V. Lafage и соавт. [23, 24], основанный на использовании PT и компенсаторных изменений в сегментах позвоночника. Эти авторы считают ключевыми два параметра: PT и SVA (sagittal vertical axis). По мере нарастания их величин (высокими считаются $PT > 25^\circ$ и $SVA > 50$ мм) пациенты отмечают усиление болей и увеличение выраженности функциональных нарушений после операции.

Результаты применения PSO

В настоящее время PSO — одна из наиболее широко применяемых методик в лечении пациентов с различной вертебральной патологией.

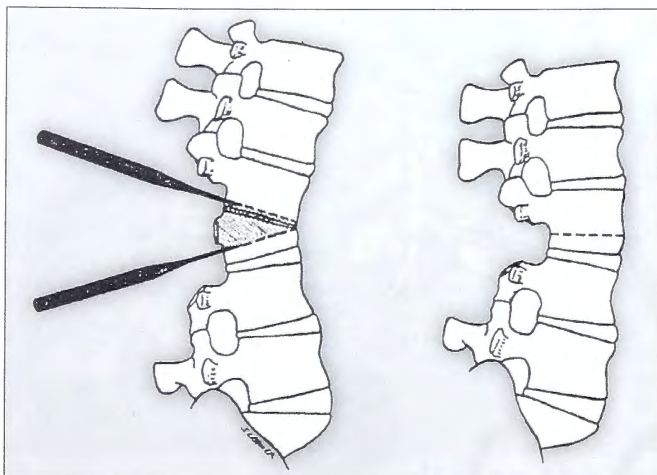


Рис. 9. Схема операции Steffee. Объяснения в тексте [S. Lehmer et al., 1994].

S. Lehmer и соавт. [25] опубликовали результаты оперативного лечения 41 больного с постламинэктомическими и посттравматическими кифозами и выраженной болью. Авторы применили свою разработку (операция Steffee), заключающуюся в формировании клиновидного дефекта двумя сходящимися сечениями остеотома (рис. 9). Величина коррекции кифоза в среднем составила 35° . До операции неврологический дефицит выявлен у 14 больных, из них у 8 отмечено улучшение. У 8 больных неврологические симптомы появились после вмешательства, причем у трех — тяжелые. Восемнадцати пациентам потребовалось 26 дополнительных операций, в основном из-за боли.

G. Bacaloudis и соавт. [26] использовали PSO у 12 детей и подростков (средний возраст 12,6 года), причем у всех — в грудном отделе позвоночника. Этиология деформаций: инфантильный и ювенильный идиопатический сколиоз ($90-135^\circ$), постламинэктомический кифоз (95°), спондилоэпифизарная дисплазия, островершинный врожденный кифоз. Средний срок наблюдения составил 2,4 года. Сколиотическая дуга исправлена в среднем на 61° (62,3%), кифотическая — на $38,5^\circ$ (65%). Стойкого неврологического дефицита и осложнений, обусловленных имплантатами, не выявлено.

S. Berven и соавт. [27], выполнив 13 операций у больных с кифозами различной этиологии, добились нормализации сагиттального баланса на 63%, увеличения поясничного лордоза с 15° до 45° . Из осложнений зарегистрировали 3 случая развития легкой неврологической симптоматики с полным восстановлением, 1 случай формирования PJK (Proximal Junctional Kyphosis). Удовлетворенность больных результатами лечения не зависела от этиологии деформации.

В работах [28–30] проанализированы результаты PSO у больных анкилозирующим спондилитом. Всего было прооперировано 169 пациентов, сроки послеоперационного наблюдения варьировали от 36 до 50 мес. Коррекция кифотической деформации колебалась в пределах от 34° до 45° . Средняя продолжительность вмешательства составила 180–225 мин, средняя кровопотеря — 1150–2450 мл. Неврологические осложнения отмечены 6 раз, нарушения зрения — дважды. Анкетирование больных выявило высокую степень удовлетворенности результатами лечения.

D. Murrey и соавт. [31] использовали PSO и технику Eggshell procedure в серии клинических наблюдений, требовавших декомпрессии дурального мешка, коррекции деформации и спондилодеза. Всего прооперировано 59 больных (37 с деформациями, 22 с опухолями и воспалительные поражения). Средний возраст составил 47 лет, срок наблюдения — 4,5 года. До операции неврологически интактен был 31 больной и таковым остался после вмешательства. Все 14 человек с неполным поражением спинного мозга после операции продемонстрировали улучшение. У 4 больных с полным по-

ражением спинного мозга динамики не отмечено. В 5 случаях исходная корешковая симптоматика исчезла частично или полностью. Коррекция кифоза составила в среднем 26° , кровопотеря — 2342 мл. 95% больных оказались полностью или частично удовлетворены результатами лечения.

К. Bridwell и соавт. [32, 33] проанализировали результаты применения PSO у 66 больных с выраженным сагиттальным дисбалансом, из них у 33 срок послеоперационного наблюдения превысил 2 года. Больные были оперированы в возрасте 53,4 года. Средняя продолжительность операции — всех этапов, включая удаление ранее имплантированного эндокорректора и вентральный доступ — составила 12,2 ч, кровопотеря — 2386 мл. Результатом вмешательства стала нормализация сагиттального баланса с 16,6 до 1,7 см, увеличение роста больных в среднем со 158 до 161 см. Данные анкетирования свидетельствовали о значимом уменьшении болей, повышении всех видов активности. Среди осложнений диагностировали преходящую неврологическую (корешковую) симптоматику (у 5), которую расценивали как результат травматизации краями костного дефекта и которая регрессировала после дополнительного расширения канала; развитие PJK (у 2).

К.-J. Cho и соавт. [34] сравнили результаты использования SPO и PSO в двух группах больных (30 и 41 больной соответственно) преимущественно с идиопатическим сколиозом и дегенеративным сагиттальным дисбалансом, при этом почти все больные ранее уже были оперированы. SPO была произведена в среднем на 2,5 уровнях, PSO — всегда на одном. Коррекция кифоза в группе SPO составила $24,9^\circ$ ($10,7^\circ$ на сегмент), в группе PSO — $31,7^\circ$. Средняя нормализация сагиттального баланса составила 4 см в группе SPO и 11,2 см в группе PSO. Смертей и тяжелых неврологических осложнений отмечено не было. Ложные суставы блока выявлены 3 раза в группе SPO и 9 раз в группе PSO, глубокие нагноения — в 3 и 1 случае соответственно, преходящая неврологическая симптоматика — в 1 и 3 случаях, так же как и разрывы дурального мешка. Кровопотеря была существенно больше в группе PSO — 2617 мл против 1398 мл. Результаты анкетирования больных в обеих группах оказались примерно одинаковыми.

P. Van Loon и соавт. [35] у 11 больных с грудно-поясничными гиперкифозами применили PSO в сочетании с многоуровневой фасетэктомией. Общий объем коррекции составил $38,8^\circ$, причем на долю PSO пришлось $26,9^\circ$ (66% коррекции). Отмечена высокая степень удовлетворенности результатами лечения.

Исследование [36] было посвящено неврологическим осложнениям поясничной PSO. Прооперировано 108 больных, средний возраст которых составил 55 лет. Поясничный лордоз удалось увеличить с 17° до 49° , а сагиттальный дисбаланс уменьшить со 131 до 23 мм. Интра- и послеоперацион-

ный неврологический дефицит выявлен у 12 (11,1%) больных. Интраоперационный мониторинг при этом никаких нарушений не выявил. Дефицит во всех случаях был односторонним, обычно не соответствовал уровню вертебротомии и не распространялся проксимально. У 3 из 12 больных добиться полного регресса неврологической симптоматики не удалось, однако со временем все трое получили возможность ходить. В 9 случаях указанные симптомы послужили основанием для проведения повторного вмешательства с целью расширения позвоночного канала и декомпрессии его содержимого. Причинами развития осложнений авторы считают комбинацию подвывиха на уровне остеотомии, дорсального смещения дурального мешка и деформацию твердой мозговой оболочки. Авторы рекомендуют проведение wake-up теста после коррекции деформации и закрытия костного дефекта.

Y. Kim и соавт. [37] первыми опубликовали отдаленные (5–8 лет) результаты применения PSO. В группу исследования вошло 35 больных (средний возраст 53 года). Уровень PSO варьировал от L1 до L4 позвонка. Основные изменения в состоянии пациентов пришлись на первые два года после операции, в дальнейшем ситуация стабилизировалась. Сагиттальный дисбаланс уменьшен с 14 до 2 см, через два года увеличился до 3 см, а к концу срока наблюдения — до 5 см. Поясничный лордоз увеличен с 16° до 50° , а затем сглажен до 45° . У 8 больных выявлено 10 случаев ложного сустава блока, потребовавших ревизионных вмешательств, но ни одного из них — на уровне PSO. Пять легких неврологических осложнений купированы полностью (три — оперативно). Данные анкетирования продемонстрировали высокую степень удовлетворенности результатами лечения.

M. Ikenaga и соавт. [38] проанализировали осложнения, возникшие в группе из 67 больных с грудно-поясничными кифозами различной этиологии (средний возраст 68 лет; срок наблюдения 3,8 года). Продолжительность операции составила в среднем 4 ч 37 мин, кровопотеря — 1988 мл, средний угол коррекции — 34° в поясничном отделе и 27° — в грудном. Всего у 27 больных зарегистрировано 48 осложнений: легкий неврологический дефицит (3), массивная (5000 мл) кровопотеря (3), неполная параплегия за счет эпидуральной гематомы (2), прогрессирование кифоза (19), радикулопатия (1), тромбоз глубоких вен (1), нагноение (2), ложный сустав блока (7), перелом стержня (3), повторные вмешательства (7). В целом 35 больных оценили результат как отличный, 19 — как хороший.

В 2009 г. P. Rose и соавт. [39] исследовали возможность предсказания результата PSO на 40 больных после поясничной коррекции флексионной деформации позвоночника. В сроки более двух лет выявлено уменьшение сагиттального дисбаланса с 15 до 4,5 см, при этом средний угол иссекаемого в ходе вмешательства костного клина составил $32,4^\circ$.

Авторов интересовало, как увязать величину PI и грудного кифоза с углом поясничного лордоза, чтобы добиться оптимального сагиттального баланса. Оказалось, что сумма углов pelvic incidence (со знаком +), поясничного лордоза (со знаком -) и грудного кифоза (со знаком +), не превышающая 45°, в 91% случаев указывает на наличие идеального сагиттального баланса через два года после вмешательства.

М. El-Sharkawi и соавт. [40] сравнили результаты применения PSO (43 наблюдения) и вентрального спондилодеза (37) у больных с посттравматическими кифозами. PSO продемонстрировала преимущество практически по всем параметрам, хотя различия не всегда были статистически значимыми. Средняя коррекция кифоза после PSO составила 30°, после переднего спондилодеза — 22°. Результаты анкетирования больных (VAS, ODI) в группе дорсального вмешательства оказались значительно лучше. Количество и тяжесть осложнений в группе PSO были существенно ниже, чем в группе вентрального спондилодеза.

М. Yagi и соавт. [41] изучили результаты поясничной PSO у 32 больных (средний возраст 51 год, средний срок наблюдения 8,6 года). Поясничный лордоз был увеличен с 16° до 52°, сагиттальный дисбаланс уменьшен с 10,4 до 3,6 см. Среди осложнений зафиксированы разрывы ТМО (2), нагноения (3), радикулопатия (1), механические нарушения (3), псевдартроз (3), декомпенсация (1), PJK (1). В 8 случаях потребовалась повторная операция. Отмечено, что при короткой протяженности спондилодеза (до Th8) вероятность рецидива сагиттального дисбаланса больше, чем при большой (до Th6).

Результаты и частота осложнений после поясничной PSO в зависимости от состава хирургической бригады проанализированы в работе [42]. В одних случаях (42 операции) это был опытный хирург-вертебролог, которому ассистировали молодые специалисты, в других (36 операций) — два опытных хирурга работали одновременно, каждый на своей стороне позвоночника. Возраст пациентов в группах был сравним — 57,6 и 64,3 года соответственно. У подавляющего большинства (66 из 78) больных проведенная операция была повторной. Полученная коррекция (сагиттальный дисбаланс, поясничный лордоз, наклон таза, наклон крестца) оказалась сопоставимой. В группе с двумя хирургами отмечены существенно меньшие кровопотеря и продолжительность операции (5279 мл и 7,6 и 2003 мл и 5 ч соответственно). Осложнения в течение первых 30 дней после вмешательства отмечены у 45% больных в группе с одним хирургом и у 25% — с двумя. Повторные вмешательства потребовались у 19 и 8% больных соответственно.

Заключение. Приведенные данные, как мы полагаем, убедительно показывают, что степень радикализма корригирующих вмешательств, име-

ющих целью исправление тяжелых кифотических и кифосколиотических деформаций различной этиологии, постепенно нарастала, начиная с 30-х годов прошлого столетия. Это объясняется не только развитием хирургической техники, специального вертебрального инструментария и методов анестезиологической защиты, но и более глубоким пониманием патогенеза и особенностей биомеханики этих тяжелых деформаций позвоночного столба. Нельзя не отметить, что, несмотря на активное развитие хирургической вертебрологии, операции типа PSO и pVCR остаются высокотравматичными, требуют значительного времени, сопровождаются большой кровопотерей и сопряжены с высоким риском осложнений, в первую очередь неврологических. Следовательно, они должны выполняться по строгим показаниям и исключительно в высокоспециализированных клиниках руками наиболее опытных хирургов. В этих условиях вышеописанные радикальные корригирующие вмешательства дают превосходные результаты, позволяют исправить калечащие деформации позвоночника, обеспечить декомпрессию содержимого позвоночного канала, а в целом — резко повысить то, что в англоязычной литературе принято обозначать как HRQOL: health related quality of life — качество жизни, связанное со здоровьем.

ЛИТЕРАТУРА [REFERENCES]

1. Чаклин В.Д. Основы оперативной ортопедии и травматологии. М.: Медицина; 1964 [Chaklin V.D. Principles of surgical orthopaedics and traumatology. Moscow: Meditsina; 1964 (in Russian)].
2. LaChapelle E. Osteotomy of the lumbar spine for correction of kyphosis in a case of ankylosing spondylitis. J. Bone Joint Surg. 1946; 28: 851–8.
3. Briggs H., Keats S., Schlesinger. Wedge osteotomy of the spine with bilateral intervertebral foraminotomy. J. Bone Joint Surg. 1947; 29 (4): 1075–82.
4. Цивьян Я.Л. Хирургия болезни Бехтерева. Ташкент: Медицина; 1990 [Tsiv'yan Ya.L. Surgery in Bekhterev's disease. Tashkent: Meditsina; 1990 (in Russian)].
5. Бойчев Б., Конфорти Б., Чоканов К. Оперативная ортопедия и травматология. София: Медицина и физкультура. 1962 [Boichev B., Konforti B., Chokanov K. Surgical orthopaedics and traumatology. Sofia: Meditsina i fizkul'tura; 1962 (in Russian)].
6. Herbert J.J. Vertebral osteotomy. J. Bone Joint Surg. 1948; 30-A (3): 680–9.
7. Goel M. Vertebral osteotomy for correction of fixed flexion deformity of the spine. J. Bone Joint Surg. 1968; 50-A (2): 287–94.
8. Цивьян Я.Л. Поясничная корригирующая вертебротомия при анкилозирующем спондилоартрите. Хирургия. 1971; 6: 47 [Tsiv'yan Ya.L. Lumbar corrective vertebrotomy in ankylosing spondyloarthritis. Khirurgiya. 1971; 6: 47 (in Russian)].
9. Smith-Petersen M., Larson C., Aufranc O. Osteotomy of the spine for correction of flexion deformity in rheumatoid arthritis. J. Bone Joint Surg. 1945; 27: 1–11.
10. Dorward I., Lenke L. Osteotomies in the posterior-only treatment of complex adult spinal deformity: a comparative review. Neurosurgical focus. 2010; 26 (3): E4.

11. Gill B., Levin A., Burd T., Longley M. Corrective osteotomies in the spine. Current concept review. *J. Bone Joint Surg.* 2008; 90-A (11): 2509–20.
12. Ponte A. What is a true Ponte osteotomy? 48th Annual Meeting & Course. Half-day Courses. Lion, France; 2013: 63–5.
13. Thomasen E. Vertebral osteotomy for correction of kyphosis in ankylosing spondylitis. *Clin. Orthop. Relat. Res.* 1985; 194: 142–52.
14. Lewis S. Pedicle subtraction osteotomy: technical aspects. 48th Annual Meeting & Course. – Half-day Courses. Lion, France. 2013: 65–8.
15. Suk S., Kim J., Kim W., Lee S.M., Chung E.R., Nah K.H. Posterior vertebral column resection for severe spinal deformities. *Spine.* 2002; 27: 2374–82.
16. Tomita K., Toribatake Y., Kawahara N., Ohnari H., Kose H. Total en bloc spondylectomy and circumspinal decompression for solitary spinal metastasis. *Paraplegia.* 1994; 32 (1): 36–46.
17. Heinig C. Eggshell procedure. In: Luque E.R., ed. *Segmental Spinal Instrumentation*. Thorofare, NJ: Slack; 1984: 221–30.
18. Michelle A., Krudger F. A surgical approach to the vertebral body. *J. Bone Joint. Surg.* 1949; 41-A: 873–8.
19. Schwab F. Technical planning and intraoperative execution of sagittal plane correction. 48th Annual Meeting & Course. Half-day Courses. Lion, France; 2013: 81–3.
20. Duval-Beaupere G., Robain G. Visualization on full spine radiographs of the anatomical connections of the centers of the segmental body mass supported by each vertebra and measured *in vivo*. *Int. Orthop.* 1987; 11: 261–9.
21. Lazennec J., Ramare S., Arafati N., Laudet C.G., Gorin M., Roger B. et al. Sagittal alignment in lumbosacral fusion: relations between radiological parameters and pain. *Eur. Spine J.* 2000; 9: 47–55.
22. Smith J., Bess S., Shaffrey C., Burton D.C., Hart R.A., Hostin R. et al. Dynamic changes of the pelvic and spine are key to predicting postoperative sagittal alignment after pedicle subtraction osteotomy. *Spine.* 2012; 37 (10): 845–53.
23. Lafage V., Schwab F., Patel A., Hawkinson N., Farcy J.P. Pelvic tilt and truncal inclination. Two key radiographic parameters in the setting of adults with spinal deformity. *Spine.* 2009; 34 (17): E599–E606.
24. Lafage V., Schwab F., Skalli W., Hawkinson N., Gagey P.M., Ondra S. Standing balance and sagittal plane spinal deformity. *Spine.* 2008; 33 (14): 1572–8.
25. Lehmer S., Keppler L., Biscup R., Enker P., Miller S.D., Steffee A.D. Posterior transvertebral osteotomy for adult thoracolumbar kyphosis. *Spine.* 1994; 19 (18): 2060–7.
26. Bacaloudis G., Lolli L., Di Silvestre M., Gregg T., Astolfi S., Martikos K. et al. Thoracic pedicle subtraction osteotomy in the treatment of severe pediatric deformities. *Eur. Spine J.* 2011; 20 (suppl): S95–S104.
27. Berven S., Deviren V., Smith J., Emami A., Hu S.S., Bradford D.S. Management of fixed sagittal plane deformity. *Spine.* 2001; 26 (18): 2036–43.
28. Chen I-H., Chien J-T., Yu T-C. Transpedicular wedge osteotomy for correction of thoracolumbar kyphosis in ankylosing spondylitis. Experience with 78 patients. *Spine.* 2001; 26 (16): E354–E340.
29. Kiaer T., Gehrchen M. Transpedicular closed wedge osteotomy in ankylosing spondylitis: results of surgical treatment and prospective outcome analysis. *Eur. Spine J.* 2010; 19: 57–64.
30. Kim K-T., Suk K-S., Cho Y-J., Hong G-P., Park B.J. Clinical outcome results of pedicle subtraction osteotomy in ankylosing spondylitis with kyphotic deformity. *Spine.* 2002; 27 (6): 612–8.
31. Murrey D., Brigham C., Kiebzak G., Finger F., Chewning S.J. Transpedicular decompression and pedicle subtraction osteotomy (Eggshell procedure). A retrospective review of 59 patients. *Spine.* 2002; 27 (21): 2338–45.
32. Bridwell K., Lewis S., Edwards C., Lenke L.G., Ifrig T.M., Berra A. et al. Complications and outcomes of Pedicle subtraction osteotomy for fixed sagittal imbalance. *Spine.* 2003; 28 (18): 2093–2101.
33. Bridwell K., Lewis S., Lenke L., Baldus C., Blanke K. Pedicle subtraction osteotomy for the treatment of fixed sagittal imbalance. *J. Bone Joint Surg. Am.* 2003; 85 (3): 454–63.
34. Cho K-J., Bridwell K., Lenke L., Berra A., Baldus C. Comparison of Smith-Petersen versus Pedicle subtraction osteotomy for the correction of fixed sagittal imbalance. *Spine.* 2005; 30 (18): 2030–7.
35. Van Loon P., Van Stralen G., Van Loon C. van Susante J.L. A pedicle subtraction osteotomy as an adjunctive tool in the surgical treatment of a rigid thoracolumbar hyperkyphosis; a preliminary report. *Spine J.* 2006; 6: 195–200.
36. Buchowski J., Bridwell K., Lenke L., Kuhns C.A., Lehman R.A. Jr, Kim Y.J. et al. Neurologic complications of lumbar pedicle subtraction osteotomy. A 10-year assessment. *Spine.* 2007; 32 (20): 2245–52.
37. Kim Y., Bridwell K., Lenke L., Cheh G., Baldus C. Results of lumbar pedicle subtraction osteotomies for fixed sagittal imbalance. A minimum 5-year follow-up study. *Spine.* 2007; 32 (20): 2189–97.
38. Ikenaga M., Shikata J., Takemoto M., Tanaka C. Clinical outcomes and complications after pedicle subtraction osteotomy for correction of thoracolumbar kyphosis. *J. Neurosurg. Spine.* 2007; 6: 330–6.
39. Rose P., Bridwell K., Lenke L., Cronen G.A., Mulconrey D.S., Buchowski J.M., Kim Y.J. Role of pelvic incidence, thoracic kyphosis, and patient factors on sagittal plane correction following pedicle subtraction osteotomy. *Spine.* 2009; 34 (8): 785–91.
40. El-Sharkawi M., Koptan W., El-Miligui Y.H., Said G.Z. Comparison between pedicle subtraction osteotomy and anterior corpectomy and plating for correction post-traumatic kyphosis: a multicenter study. *Eur. Spine J.* 2011; 20: 1434–40.
41. Yagi M., King A., Cunningham M. et al. Long-term and radiographic outcomes of pedicle subtraction osteotomy for fixed sagittal imbalance: does level of proximal fusion affect the outcome? Minimum 5-year follow-up. *Spine Deformity.* 2013; 1: 123–31.
42. Ames C., Barry J., Keshavarzi S., Dede O., Weber M.H., Deviren V. Perioperative outcomes and complications of pedicle subtraction osteotomy in cases with single versus two attending surgeons. *Spine Deformity.* 2013; 1: 51–8.

Сведения об авторах: Михайловский М.В. — доктор мед. наук, проф. зав. клиникой детской и подростковой вертебрологии; Новиков В.В. — канд. мед. наук, старший науч. сотр. клиники детской и подростковой вертебрологии; Удалова И.Г. — канд. мед. наук, врач-невролог клиники детской и подростковой вертебрологии.

Для контактов: Михайловский Михаил Витальевич. 630091, Новосибирск, ул. Фрунзе, д. 17. Тел.: +7 (913) 946–48–77. E-mail: MMihailovsky@niito.ru.