



# ПОЗВОНОЧНО-ТАЗОВАЯ ФИКСАЦИЯ: ПОКАЗАНИЯ, АНАТОМО-БИОМЕХАНИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ И ИСТОРИЧЕСКОЕ РАЗВИТИЕ МЕТОДОВ

**М.С. Ветрилэ, А.А. Кулешов, Н.А. Аганесов, В.Р. Захарин**

*Национальный медицинский центр травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова, Москва, Россия*

Представлен обзор литературы, посвященный выполнению позвоночно-тазовой фиксации при повреждениях и различной патологии позвоночника и таза. Обзор носит аналитический характер и проведен с использованием баз данных медицинской литературы и поисковых ресурсов PubMed и eLibrary. Затронуты следующие аспекты: актуальность и показания к выполнению позвоночно-тазовой фиксации, ее анатомо-биомеханические особенности. Рассмотрены и структурированы исторические аспекты развития методов выполнения позвоночно-тазовой фиксации, проведен анализ различных методов фиксации (крючками, винтами к крыльям крестца и S<sub>2</sub> позвонка, L-образными стержнями по Luque, с использованием дистракторов, чресподвздошных стержней, методов Jackson и Harrington, Galveston). Рассмотрены особенности хирургических техник, их преимущества, недостатки и осложнения.

**Ключевые слова:** позвоночно-тазовая фиксация, пояснично-крестцовый отдел, деформация позвоночника.

Для цитирования: Ветрилэ М.С., Кулешов А.А., Аганесов Н.А., Захарин В.Р. *Позвоночно-тазовая фиксация: показания, анатомо-биомеханические аспекты и историческое развитие методов* // Хирургия позвоночника. 2021. Т. 18. № 3. С. 100–110.

DOI: <http://dx.doi.org/10.14531/ss2021.3.100-110>.

## SPINOPELVIC FIXATION: INDICATIONS, ANATOMICAL AND BIOMECHANICAL ASPECTS AND HISTORICAL DEVELOPMENT OF METHODS

*M.S. Vetrile, A.A. Kuleshov, N.A. Aganesov, V.R. Zakharin*

*National Medical Research Center of Traumatology and Orthopaedics n.a. N.N. Priorov, Moscow, Russia*

A review of the literature on performing spinopelvic fixation for injuries and various pathologies of the spine and pelvis is presented. The review is analytical in nature and was carried out using databases of medical literature and search resources of PubMed and eLibrary. The following aspects are highlighted: the relevance and indications for performing spinopelvic fixation and its anatomical and biomechanical features. The historical aspects of the development of methods for performing spinopelvic fixation are considered and structured. The analysis of various methods of spinopelvic fixation (using hooks, screw insertion into the S2 sacral wings, L-shaped Luque rods, distractors, transiliac rods, Jackson, Harrington and Galveston techniques) was carried out. The features of surgical techniques, their advantages, disadvantages and complications are considered.

**Key Words:** spinopelvic fixation, lumbosacral spine, spinal deformity.

Please cite this paper as: Vetrile MS, Kuleshov AA, Aganesov NA, Zakharin VR. *Spinopelvic fixation: indications, anatomical and biomechanical aspects and historical development of methods*. Hir. Pozvonoc. 2021;18(3):100–110. In Russian.

DOI: <http://dx.doi.org/10.14531/ss2021.3.100-110>.

Позвоночно-тазовая фиксация приобретает все большую актуальность в хирургической вертебрологии. Если ранее основными показаниями к ее применению были деформации, сопровождающиеся перекосом таза (нейромышечные сколиозы), то с расширением оперативной активности, ростом числа остеотомий позвоночника, коррекции сагиттального баланса туловища вопрос о выполнении позвоночно-тазовой фиксации приобрел особое значение. Характеристики анатомии

пояснично-крестцового сочленения как переходной зоны, сложные биомеханические взаимодействия, а также его ключевая роль для всего осевого скелета обуславливают важность вопроса выполнения позвоночно-тазовой фиксации.

Представляем первую часть обзора литературы по вопросу позвоночно-тазовой фиксации. Поиск источников выполнен в базах данных PubMed и eLibrary.

Цель исследования – анализ аспектов анатомии и биомеханики

пояснично-крестцового отдела позвоночника применительно к позвоночно-тазовой фиксации, определение основных показаний к ее выполнению, представление методик позвоночно-тазовой фиксации, их особенностей, преимуществ и недостатков.

В первой части статьи рассматриваются имеющие уже исторический интерес методики, но некоторые из них находят свое применение и развитие и на современном этапе развития хирургии позвоночника.

### Анатомические и биомеханические аспекты выполнения позвоночно-тазовой фиксации

Пояснично-крестцовое сочленение является одной из так называемых переходных зон позвоночника. В нем осуществляется переход от относительно мобильного поясничного отдела позвоночника к ригидному тазовому кольцу и происходит дальнейшее перераспределение нагрузки к поясу нижних конечностей. Биомеханика данной области сложна и обусловлена целым рядом особенностей человека, включая его постуральные характеристики и прямохождение. Физические нагрузки на пояснично-крестцовый отдел крайне высоки. Силовые воздействия, проходящие через пояснично-крестцовое сочленение, включают аксиальную нагрузку, почти в 3 раза превышающую массу тела во время физических нагрузок и при ежедневной активности, сдвиговую нагрузку, обусловленную анатомией пояснично-крестцового отдела и пояснично-тазовыми взаимоотношениями, включающими поясничный лордоз, наклон таза (PI) и другие, а также сложные нагрузки, возникающие при сгибании, разгибании и ротации туловища. При наклоне вперед пояснично-крестцовый отдел испытывает сдвиговые нагрузки до 100 N [1].

Крестец состоит в основном из губчатой костной ткани с относительно тонкой кортикальной коробкой. Корни дужек  $S_1$  позвонка отличаются большой шириной и независимо от формы используемых винтов не входят в тесный контакт с кортикальной костью, что снижает прочность их фиксации. Небольшой переднезадний размер крестца ограничивает длину применяемых винтов [2, 3], а наличие остеопороза существенно снижает прочность фиксации винтов в крестце.

Таким образом, сложность в достижении стабильной фиксации пояснично-крестцового отдела связана как с уникальными особенностями данной анатомической области, так и с высокими биомеханическими нагрузками на нее.

Проведение так называемой короткой фиксации, вовлекающей один или несколько каудальных сегментов поясничного отдела позвоночника и крестец, то есть пояснично-крестцовой фиксации до  $S_1$  позвонка, по нашему мнению, также в определенной степени является видом позвоночно-тазовой фиксации. Рассмотрение крестца как части таза анатомически и биомеханически обосновано. Накопленный многочисленный опыт применения протяженной фиксации до  $L_1$  позвонка и краниальнее обуславливает важность дополнительной позвоночно-тазовой фиксации, применение более надежных способов инструментации и спондилодеза.

В 1992 г. McCord et al. [4] провели биомеханическое исследование на блоках крупного рогатого скота и оценили 10 методов позвоночно-тазовой фиксации. По аналогии с системой рычагов McCord ввел понятие «точка опоры» или «точка ротации» в пояснично-крестцовом сочленении (pivot point). Точка ротации пояснично-крестцового отдела находится, по мнению авторов, в так называемой срединной косто-связочной колонне между  $L_5$  и  $S_1$  позвонками. Срединная косто-связочная

колонна, в свою очередь, представлена задними поверхностями тел  $L_5$  и  $S_1$  позвонков и задней частью фиброзного кольца с частью задней продольной связки (рис. 1).

По полученным данным, чем вентральнее располагается фиксатор от точки ротации, тем прочнее фиксация (рис. 2). Наиболее прочная фиксация выявлена при применении винтов или стержней, установленных в подвздошные кости. Авторы также заключили, что установка винтов через подвздошно-крестцовое сочленение имеет смысл только при их достаточной длине, так, чтобы они находились вентральнее точки ротации, а применение фиксации по Harrington и Luge при позвоночно-тазовой фиксации не оправдано в силу недостаточной прочности.

O'Brien [5] выделил 3 зоны фиксации в крестцово-тазовой области (рис. 2): I – тело  $S_1$  позвонка, краниальные части крыльев крестца; II – нижние части крыльев крестца, крестец от  $S_2$  до копчика; III – подвздошные кости с обеих сторон. Он отмечает, что прочность фиксации возрастает от зоны I к зоне III. Зона III обладает наибольшей биомеханической прочностью при тесте на выдергивание

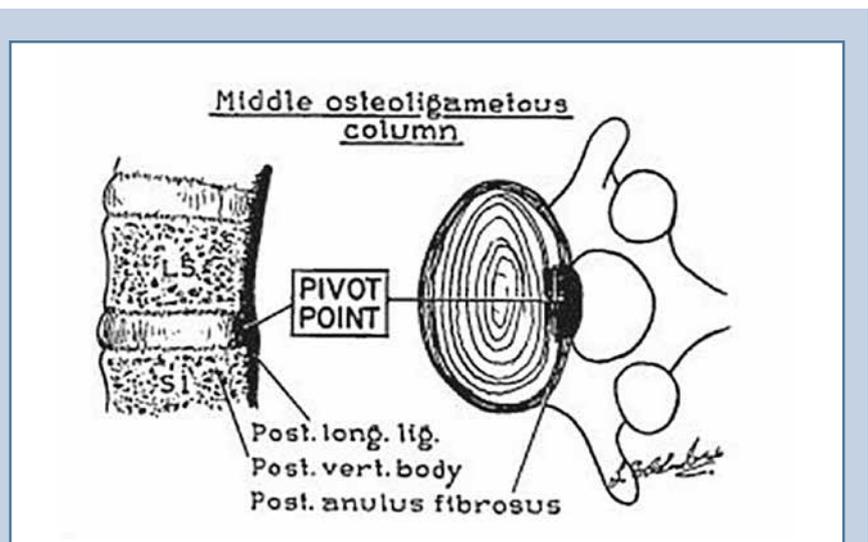


Рис. 1

Точка ротации (pivot point) пояснично-крестцового отдела по McCord et al. [4]

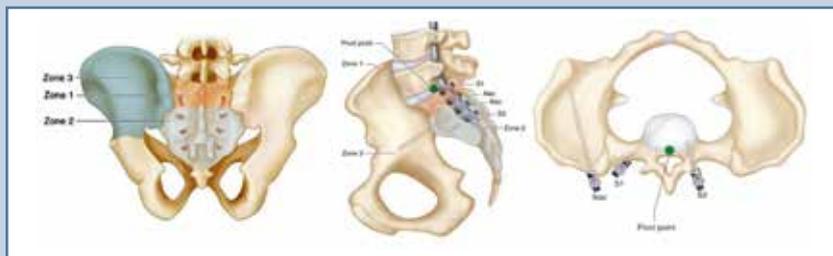


Рис. 2

Расположение имплантатов относительно точки ротации McCord [6]

и при сгибании-разгибании. Кроме того, расположение винтов или стержней в подвздошных костях, то есть в наиболее стабильной зоне фиксации, позволяет располагать имплантаты намного более вентрально от точки ротации McCord, что также повышает стабильность фиксации.

### Показания к выполнению позвоночно-тазовой фиксации

Выделяют несколько основных показаний к выполнению позвоночно-тазовой фиксации [7–12].

1. Протяженная инструментальная фиксация позвоночника с вовлечением крестца – наиболее частое показание к выполнению позвоночно-тазовой фиксации. При протяженной фиксации с вовлечением крестца возникает крайне высокая флекссионная нагрузка, усугубляемая эффектом рычага на уровне пояснично-крестцового сочленения (рис. 3) [9]. Cunningham et al. [13] показали, что фиксация выше  $L_2$  позвонка значительным образом повышает нагрузку на винты в  $S_1$  позвонке, а усиление дистальной части фиксации подвздошными винтами уменьшает нагрузку на винты в  $S_1$  позвонке. Проксимальная точка фиксации, которая явилась бы показанием к выполнению позвоночно-тазовой фиксации, четко не определена. По данным одних авторов, позвоночно-тазовую фиксацию необходимо выполнять, если инструментация осуществляется от уровня  $S_1$  позвонка до  $L_2$  и выше, по данным

других – если выше уровня груднопоясничного перехода [14–16].

2. Коррекция пояснично-крестцовых деформаций. Тяжелые деформации, сопровождающиеся сагиттальным и фронтальным дисбалансом, зачастую требуют выполнения трехколонных остеотомий, что приводит к дестабилизации. Позвоночно-тазовая фиксация в таких случаях обеспечивает, по сути, адекватную стабильность позвоночника [17–19]. Кроме того, появляется дополнительный рычаг воздействия при коррекции деформации позвоночника и перекоса таза.

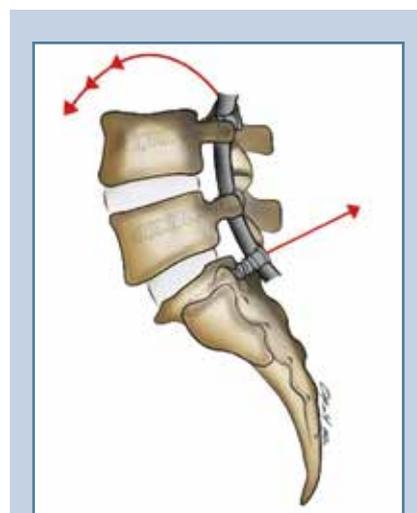


Рис. 3

Возникновение нагрузки, вырывающей винты в  $S_1$  позвонке при наклоне вперед [10]

3. Оперативное лечение спондилолистеза тяжелых степеней. Анализ результатов лечения спондилолистеза III–V ст. выявляет высокий уровень дестабилизации фиксации на уровне  $S_1$  позвонка с потерей редуции, если задняя инструментальная фиксация не дополняется позвоночно-тазовой фиксацией [20, 21]. Биомеханическими и клиническими исследованиями показано, что позвоночно-тазовая фиксация при тяжелых степенях спондилолистеза улучшает результаты лечения и снижает уровень осложнений [22–24].

4. Коррекция нейромышечных деформаций, сопровождающихся выраженным перекосом таза. Использование фиксирующих элементов только до крестца не обеспечивает при нейромышечных сколиозах с выраженным перекосом таза ни адекватной стабилизации, ни достаточного рычага для проведения корригирующих маневров [25–27].

5. Переломы крестца и таза с возникновением пояснично-тазовой диссоциации. Позвоночно-тазовая фиксация в таких случаях позволяет как добиться стабильной фиксации с устранением нестабильности и болевого синдрома, так и проводить репозицию костных фрагментов [28–30].

6. Костные дефекты  $L_5$ ,  $S_1$  в результате опухолевых, воспалительных или других деструктивных процессов.

7. Онкологические операции, при которых необходима частичная или полная резекция крестца.

8. Неудовлетворительные результаты ранее проведенных операций – псевдоартроз на уровне фиксации  $L_5$ – $S_1$ , переломы и нестабильность металлоконструкции, остеопороз [12].

### Методы выполнения позвоночно-тазовой фиксации

*Спондилодез in situ*. До 60-х гг. прошлого столетия выполнение пояснично-крестцовой фиксации сводилось к спондилодезу костными трансплантатами *in situ*, для которого требовалась длительная иммобилизация корсетом. Но отсутствие формирова-

ния костного блока было крайне высоким, наблюдалось более чем в 50 % случаев [31]. Неудовлетворительные результаты явились мощным стимулом к разработке и внедрению различных фиксаторов, которые могли бы уменьшить необходимость в длительном ограничении нагрузок и улучшить формирование костного сращения.

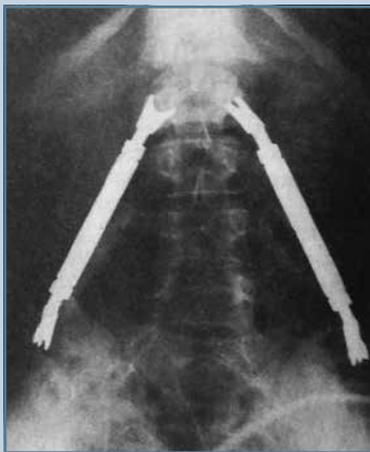
*Метод позвоночно-тазовой фиксации по Harrington.* В 60-х гг. XX в. Harrington [32] разработал первую широко применяемую инструментальную систему для коррекции сколиоза. Она состояла из стержней и крючков, дающих возможность проведения контракции и дистракции. Упор крючков осуществлялся в дужку или поперечные отростки. Возможно было также проводить упор в дужку  $S_1$  позвонка, производя таким образом позвоночно-тазовую фиксацию, но это было сопряжено с большим числом развития нестабильности. Чтобы улучшить результаты позвоночно-тазовой фиксации, Harrington предложил использовать специальный поперечный крестцовый стержень. Методика заключалась в установке из двух дополнительных разрезов стержня с резьбой через крылья подвздошных костей, стержень стабилизировали путем стягивания гайками, затем к нему присоединяли дистальные концы дистракторов Harrington. Но это не позволило избежать большой частоты неудовлетворительных результатов – до 40 % псевдоартрозов пояснично-крестцового отдела и 26 % нестабильности крючков [31]. Инструментарий Harrington также не обладал достаточной стабильностью при сгибании и ротации, боковых наклонах [31, 33]. Кроме того, в связи с уменьшением поясничного лордоза приводил к развитию синдрома плоской спины [31, 34].

*Дистрактор Казьмина.* Начиная с 60-х гг. прошлого столетия А.И. Казьмин применял метод коррекции сколиотической деформации при помощи оригинального дистрактора [34]. Поясничная сколиотическая дуга при этом корригировалась при помощи дистракторов, которые упирались дистально в гребень подвздошной

кости, проксимально – в поперечный отросток позвонка. Данный метод, на наш взгляд, можно оправданно отнести к позвоночно-тазовой фиксации. Это подтверждает и факт применения методики при лечении спондилолистеза, а также после резекции опухоли крестца (рис. 4) [35]. Дистракторы не обладали возможностью первичной ригидной фиксации, прежде всего, за счет отсутствия ротационной стабильности, поэтому требовался длительный период ограничения нагрузок в виде постельного режима и жесткого корсетирования до формирования костного блока. Но на тот момент применение дистракторов позволило значительно улучшить результаты лечения деформаций позвоночника. Дистракторы потеряли свою актуальность только с введением методик сегментарной фиксации позвоночника и транспедикулярных фиксаторов.

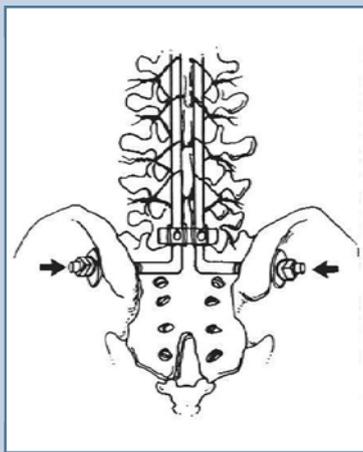
*Фиксация L-образными стержнями по Luque.* Важным этапом в развитии инструментальной фиксации позвоночника, в том числе и выполнения позвоночно-тазовой фиксации, стал предложенный Luque метод. Методика разрабатывалась в 70-е гг. XX в.,

первые публикации вышли в 80-х гг. [36–38]. Система Luque впервые ввела концепцию сегментарной фиксации позвоночника. Фиксация стержней осуществлялась посредством сублминарно проведенной проволоки. Таким образом, появилась возможность прямого многоуровневого воздействия на сегменты позвоночника, в отличие от воздействия напрямую только на краниальный и каудальный крючки при использовании дистракторов. Инструментарий позволял производить контурирование и тем самым выполнять коррекцию не только в одной плоскости, давая возможность сохранять поясничный лордоз [14, 31]. Для выполнения позвоночно-тазовой фиксации было предложено изгибать стержни на дистальном конце практически под прямым углом и вводить их короткую часть в подвздошные кости, аналогично стержню Harrington [36, 38]. King et al. [39] позже модифицировали конструкцию для позвоночно-тазовой фиксации, добавив возможность фиксации введенных в подвздошные гребни стержней болтами (рис. 5) Но данная конструкция с биомеханической точки зрения не была идеальна – стержни



**Рис. 4**

Применение дистрактора А.И. Казьмина для выполнения позвоночно-тазовой фиксации после удаления хордомы крестца [35]



**Рис. 5**

Позвоночно-тазовая фиксация L-образными стержнями в модификации King et al. [39]

не соединялись между собой, в связи с чем имелись поршнеобразные движения. Также имелась относительно низкая стабильность конструкции в отношении торсионных и флексионных нагрузок [33, 40]. В целом, уровень псевдоартроза при инструментарии Luque был ниже, чем при инструментарии Harrington (6 против 41 %) [15, 41–43]. Из осложнений необходимо отметить повреждение корешков при проведении проволоки [15].

*Методика Galveston.* Allen и Ferguson, которые работали в Техасском медицинском университете в Гальвестоне и сотрудничали с Luque, в 1982 г. предложили оригинальный способ тазовой фиксации [44]. Новая концепция заключалась во введении отмоделированных стержней через заднюю верхнюю подвздошную ость в подвздошные кости по направлению к большой седалищной вырезке с обеих сторон (рис. 6).

Далее стержни фиксировали к поясничному и грудному отделам позвоночника при помощи субламинарно проведенной проволоки. Введение методики Galveston в 80-х гг. прошлого столетия значительно улучшило результаты оперативного лечения при протяженных фиксациях с позвоночно-тазовой фиксацией и снизило уровень псевдоартрозов [41, 46]. Одним из недостатков мето-

дики Galveston является сохранение микроподвижности стержней в подвздошных костях, что, наряду с имеющимся на них напряжением после коррекции деформации, по данным ряда авторов, приводит к формированию зон резорбции костной ткани, появляется так называемый эффект стеклоочистителя [27] с последующей дестабилизацией [27, 47]. Также необходимо отметить, что правильное изгибание стержней является технически непростой задачей. Эта проблема в свое время была решена выпуском линейки предварительно изогнутых стержней, которые, будучи соединены между собой в проксимальной части, избавляли от необходимости установки поперечной соединительной балки. Но многие хирурги попросту срезали верхнее соединение стержней, оправдывая это необходимостью точной подгонки длины стержня [9]. Имеются сообщения о высокой эффективности предложенного способа позвоночно-тазовой фиксации: костный блок сформировался, по данным ряда авторов, в 88,0–93,7 % случаев [27, 46, 48]. Но также есть сообщения, что применение данной методики дает большее число псевдоартрозов у взрослых пациентов с деформациями по сравнению с пациентами с нейромышечным сколиозом [49]. Методика, известная также как Luque – Galveston, длительное время считалась золотым стандартом в лечении деформаций позвоночника с перекосом таза, а в ряде клиник она применяется и до настоящего времени. Сама идея проведения стержней в подвздошные кости и использование последних в качестве зоны фиксации и опоры была в свое время прорывом в развитии методов позвоночно-тазовой фиксации. Несомненно, что данная концепция обусловила появление в дальнейшем методики установки винтов в подвздошные кости.

*Инструментарий Cotrel – Dubousset.* Предложенная в 80-х гг. Cotrel и Dubousset система продолжала принципы сегментарной фиксации и коррекции деформаций, предложив в качестве фиксаторов крючки и моноаксиальные винты [50, 51].

Помимо возможности более стабильной фиксации, по сравнению с проволокой, а также возможности коррекции, включая технику деротации при сколиозе, данная система позволяла проводить и позвоночно-тазовую фиксацию. Выполнение позвоночно-тазовой фиксации только винтами или крючками, фиксирующимися за S<sub>1</sub> позвонок, показало невысокую эффективность – уровень псевдоартрозов доходил до 30–40 %, а осложнения, связанные с имплантатами, – до 70 % [40]. Вырывание винтов из S<sub>1</sub> позвонка достигало 44 % [52]. Но система Cotrel – Dubousset получила большое развитие с усовершенствованием инструментария, методик применения и введения дополнительных элементов, в частности при позвоночно-тазовой фиксации.

*Фиксация крючками.* Фиксация инструментария за крестец может быть осуществлена при помощи ламинарных крючков. Крючки могут быть направлены как каудально, так и краниально и расположены в фораминальных отверстиях S<sub>1</sub>, S<sub>2</sub> и S<sub>3</sub>. Крючки могут быть расположены в виде захвата крабом или как дополнение к винтам, проведенным в S<sub>1</sub> позвонке. Stovall et al. [53] показали, что применение крючков в дополнение к фиксации винтами в S<sub>1</sub> позвонке усиливает стабильность. Но известно, что пояснично-крестцовая фиксация крючками и субламинарной проволокой не обеспечивает достаточной стабилизации и устойчивости к ротационным и флексионным нагрузкам [8, 34, 49]. Таким образом, применение крючков может рассматриваться лишь как дополнение к фиксации винтами.

*Методика Jackson.* Jackson и McManus [54] в 1993 г. изучили анатомию крестца по данным КТ и аргументировали возможность установки стержней в боковые массы крестца при выполнении позвоночно-тазовой фиксации (рис. 7). Преимуществами такой фиксации теоретически являлись хорошая резистентность к нагрузкам, возникающим при наклоне туловища вперед, и отсутствие вовлеченности в фиксацию подвздошно-крестцовых сочле-

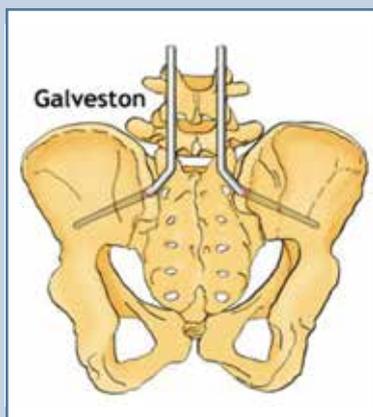


Рис. 6

Позвоночно-тазовая фиксация по Luque – Galveston [45]

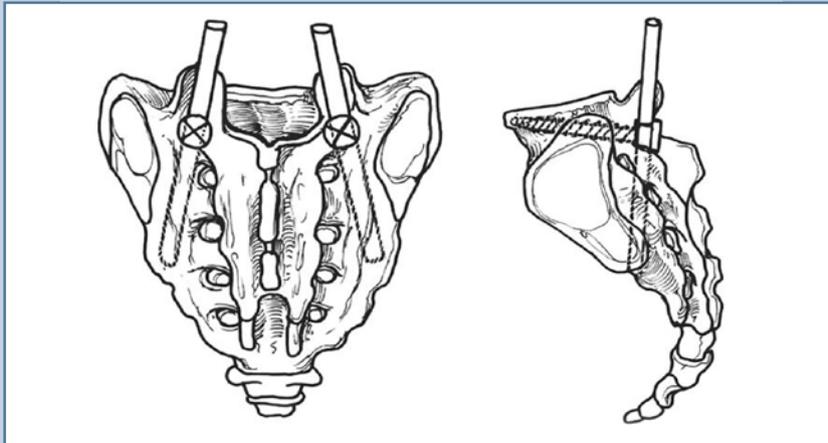


Рис. 7

Методика пояснично-крестцовой фиксации стержнями по Jackson [54]

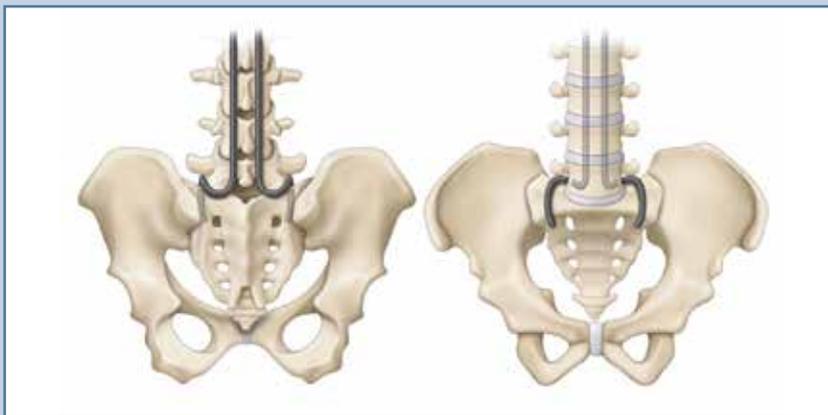


Рис. 8

Методика пояснично-крестцовой фиксации стержнями по Dunn – McCarthy [60]

нений. Однако технически имеется довольно сложное контурирование стержней для введения их в крестец и укладки во введенные в S<sub>1</sub> позвонки винты. Кроме того, возникают сомнения относительно стабильности фиксации при остеопорозе. Биомеханические исследования стабильности фиксации данным методом также противоречивы [55, 56]. Есть сообщения об успешном применении данного метода при оперативной коррекции сколиоза у детей [57]. Fukuda et al. [58] в 2014 г. описали модификацию методики Jackson с применением интрасакрального

введения полиаксиальных винтов, что позволило избежать сложности при контурировании и установке стержня.

*Метод Dunn – McCarthy.* Особую сложность представляет выполнение корригирующих деформаций у детей с ранним развитием сколиоза, с тяжелыми врожденными деформациями позвоночника. McCarthy et al. [59], отметив, что при нейромышечных деформациях подвздошные кости нередко истончены, предложили использовать особым образом изогнутый стержень с упором его в крылья крестца (рис. 8).

Авторы опубликовали статью по анализу результатов оперативного лечения 24 пациентов с нейромышечным сколиозом с использованием фиксации по Luque и упором изогнутого стержня в крылья крестца [59]. Данный метод упора стержней на подвздошные крылья актуален и до настоящего времени и используется при лечении детей с тяжелыми врожденными деформациями позвоночника [61, 62]. Основными осложнениями данного метода тазовой фиксации являются возможность соскальзывания S-образного конца стержня латерально или медиально по гребню подвздошной кости, развитие воспалительного процесса и возникновение боли. Walick et al. [63], проведя ретроспективный анализ данных о 49 пациентах, пролеченных с применением методики Dunn – McCarthy, сообщают о возникновении в 14 % случаев нейропатической боли в ноге из-за раздражения L<sub>5</sub> корешка медиально расположенным внутритазовым концом стержня. Ramirez et al. [64] провели мультицентровое исследование и изучили результаты применения VERT с позвоночно-тазовой фиксацией стержнем Dunn – McCarthy у 65 пациентов с инфантильным сколиозом. В 50 % случаев выявлены вышеописанные осложнения, к которым добавились и переломы дистальной части конструкции, и ее нестабильность [64]. Авторы отмечают, что применение данного инструментария оправдано при лечении прогрессирующего инфантильного сколиоза при отсутствии другой возможности позвоночно-тазовой фиксации. Количество осложнений связано не только с тяжестью клинических проявлений, но и с позиционированием S-образного крючка. По мнению авторов, упор S-образного конца стержня по Dunn – McCarthy должен производиться в пределах средней трети гребня подвздошной кости (рис. 9).

Warner и Fackler [65] модифицировали методику фиксации по Dunn – McCarthy для лечения детей с кифотическими деформациями на фоне миелодисплазии. Придав Z-образную



Рис. 9

Вариант позиционирования S-образного крючка при позвоночно-тазовой фиксации по Dunn – McCarthy [64]

форму дистальному концу стержня, они проводили его через первое дорсальное крестцовое отверстие, далее через крестцовый канал и вентральное крестцовое отверстие. Полученный таким образом упор позволял эффективно использовать стержень как рычаг и корригировать кифотическую деформацию. Odent et al. [66] опубликовали опыт применения модифицированных стержней Dunn – McCarthy для коррекции тяжелых кифотических деформаций у детей с менингомиелоцеле, вторым этапом авторы проводили протяженный передний спондилодез.

*Фиксация винтами к крыльям крестца, подвздошным костям и S<sub>2</sub> позвонку.* Точкой фиксации к крестцу, помимо винтов в S<sub>1</sub>, может быть установка винтов в крылья крестца. Винты направляются кнаружи в крылья крестца и могут быть соединены со стержнем, установленным выше и на винты в S<sub>1</sub> позвонке через крестцовые пластины, блоки Шопена (Chopin blocks). Биомеханические исследования доказывают, что пояснично-крестцовая фиксация, сочетающая дивергентно направленные винты в S<sub>1</sub> позвонок, крылья крестца и подвздошные крылья, значительно превышает по прочности фиксацию только винтами в S<sub>1</sub> позвонке [67]. Биомеханическое сравнение позвоночно-тазовой фиксации по Luque –

Galveston и с использованием блоков Шопена показало сопоставимую прочность фиксации обоими методами [68]. Необходимо отметить, что использование пластин вносит некоторые ограничения по выбору точки ввода винтов и их направлению. Также недостатком является то, что губчатая костная ткань крыльев крестца является слабой для фиксации винта. Возможно и бикортикальное проведение винта, однако оно не рекомендуется, так как по передней поверхности крыльев крестца с обеих сторон расположен L<sub>5</sub> корешок и общие подвздошные вены и артерии, в связи с чем высока вероятность их повреждения [3]. Дополнительным методом усиления фиксации до S<sub>1</sub> позвонка является установка винтов в S<sub>2</sub>. Корень S<sub>2</sub> позвонка короткий, и, возможно, фиксация осуществляется в большей степени за счет задней кортикальной пластинки. Бикортикальная установка опасна повреждением толстого кишечника. Биомеханически доказано, что большая степень фиксации достигается при дивергентном направлении винтов [69].

Park et al. [70] предложили методу диагонального введения винтов в S<sub>2</sub> позвонок и, по сути, в крылья крестца. В 2013 г. авторы опубликовали результаты применения данной методики у 13 пациентов с протяженной пояснично-крестцовой фикса-

цией. В отдаленном периоде, составляющем в среднем 26,6 мес., у всех пациентов, за исключением одного, получены хорошие результаты. Направление винтов снизу вверх и латерально в крылья крестца позволило применять относительно длинные винты (50 мм, диаметр 6,0 мм). Для предупреждения возможных осложнений винты проводили монокортикально. Авторы предлагают свой метод как альтернативу подвздошным винтам, что, безусловно, представляет интерес, но для оценки требуется больший клинический анализ.

*Чресподвздошная фиксация.* Идея Harrington с поперечным стержнем, проведенным через подвздошные кости, имела дальнейшее развитие. Widmann и Hresko [71] предложили свою модификацию чресподвздошного стержня Harrington, используя дополнительную фиксацию поперечными соединительными балками и коннекторами из системы Cotrel – Dubousset. Авторы применили методу у 10 детей и подростков с нейрогенными и врожденными деформациями и отметили ее эффективность. Более публикаций по данной методике не обнаружено.

Kostuik [72, 73] предложил использовать стержень без резьбы, в отличие от Harrington, который можно было устанавливать без дополнительных разрезов. Стержень контурировали по поверхности крестца, устанавливали через винты в S<sub>1</sub> позвонке и соединяли с вышележащей конструкцией. Kostuik [73] отмечает, что для достижения достаточной стабильности необходимо выполнение переднего L<sub>5</sub>–S<sub>1</sub> спондилодеза. Несмотря на описываемую автором высокую эффективность методики с формированием спондилодеза в 97 % случаев [73], статей, анализирующих результаты на эту тему, не опубликовано [7].

Ozdemir et al. [74] в 2019 г. предложили свой вариант модификации чресподвздошной фиксации Kostuik с применением коннекторов особой формы для соединения поперечного стержня с основной конструкцией. Проанализировав результаты лечения



Рис. 10

Варианты позвоночно-тазовой фиксации с использованием Т-образной компоновки (T-Construct) [60]

21 пациента с нейромышечными деформациями, авторы отмечают высокую эффективность предложенной техники и возможность использовать ее как альтернативу другим современным методам пояснично-тазовой фиксации. Нам представляется, что данная методика, благодаря относительной простоте и безопасности выполнения, заслуживает внимания и анализа отдаленных результатов для более верной оценки.

В определенном смысле идея чресподвздошной фиксации нашла свое отражение и в так называемых

Т-конструкциях (рис. 10), успешное применение которых описано при лечении нейромышечных сколиозов. Фиксация поперечно расположенного стержня при этом осуществлялась к винтам в S<sub>1</sub> позвонке и винтам, проведенным в подвздошные кости [75, 76].

### Заключение

Выполнение позвоночно-тазовой фиксации является одним из актуальнейших вопросов хирургической вертебологии. Проведенные анато-

мические и биомеханические исследования, анализ ошибок и осложнений приводят к совершенствованию методик. Определены основные показания к выполнению позвоночно-тазовой фиксации, но, несмотря на это, высокая оперативная активность в лечении патологии позвоночника, широкое внедрение корригирующих операций, остеотомий выявляют новые показания и обуславливают появление новых вопросов перед хирургами. Историческая оценка развития методов позвоночно-тазовой фиксации имеет важное значение для дальнейшего развития хирургических техник и инструментария. Что-то, безусловно, осталось только как история, некоторые методы совершенствуются и находят применение в настоящее время, но бесспорно, что эти знания создают важный фундамент для дальнейшего развития.

Обзор данных литературы относительно современного стандарта позвоночно-тазовой фиксации с помощью подвздошных винтов, а также выполнение фиксации в нестандартных ситуациях и анализ роли переднего спондилодеза будут изложены во второй части статьи.

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

### Литература/References

1. Kornblatt MD, Casey MP, Jacobs RR. Internal fixation in lumbosacral spine fusion. A biomechanical and clinical study. Clin Orthop Relat Res. 1986;(203):141–150.
2. Asher MA, Strippgen WE. Anthropometric studies of the human sacrum relating to dorsal transsacral implant designs. Clin Orthop Relat Res. 1986;(203):58–62.
3. Mirkovic S, Abitbol JJ, Steinman J, Edwards CC, Schaffler M, Massie J, Garfin SR. Anatomic consideration for sacral screw placement. Spine 1991;16(6 Suppl):S289–S294.
4. McCord DH, Cunningham BW, Shono Y, Myers JJ, McAfee PC. Biomechanical analysis of lumbosacral fixation. Spine. 1992;17(8 Suppl):235–243. DOI: 10.1097/00007632-199208001-00004.
5. O'Brien MF. Sacropelvic fixation in spinal deformity. In: Arlet V, Carl AL, O'Brien MF, DeWald RL, eds. Spinal Deformities: The Comprehensive Text. New York, 2003:601–614.
6. Kebaish K, El Dafrawy MH. Sacropelvic fixation. In: Operative Techniques: Spine Surgery. Elsevier, 2017:290–302. DOI: 10.1016/B978-0-40066-4.00032-1.
7. Esmente SM, Shah KN, Daniels AH. Spinopelvic fixation. J Am Acad Orthop Surg. 2018;26:396–401. DOI: 10.5435/jaaos-d-15-00738.
8. Moshirfar A, Rand FF, Sponseller PD, Parazin J, Khanna AJ, Kebaish KM, Stinson JT, Riley LH 3rd. Pelvic fixation in spine surgery. Historical overview, indications, biomechanical relevance, and current techniques. J Bone Joint Surg Am. 2005;87 Suppl 2:89–106. DOI: 10.2106/JBJS.E.00453.
9. Santos ERG, Rosner MK, Perra JH, Polly DW Jr. Spinopelvic fixation in deformity: a review. Neurosurg Clin N Am. 2007;18:373–384. DOI: 10.1016/j.nec.2007.02.009.
10. El Dafrawy MH, Raad M, Okafor L, Kebaish KM. Sacropelvic fixation: a comprehensive review. Spine Deform. 2019;7:509–516. DOI: 10.1016/j.jspd.2018.11.009.

11. **Lombardi JM, Shillingford JN, Lenke IG, Lehman RA.** Sacropelvic fixation: when, why, how? *Neurosurg Clin N Am.* 2018;29:389–397. DOI: 10.1016/j.nec.2018.02.001.
12. **Kebaish KM.** Sacropelvic fixation: techniques and complications. *Spine.* 2010;35:2245–2251. DOI: 10.1097/brs.0b013e3181f5cfae.
13. **Cunningham BW, Seftor JC, Hu N, Kim SW, Bridwell KH, McAfee PC.** Biomechanical comparison of iliac screws versus interbody femoral ring allograft on lumbosacral kinematics and sacral screw strain. *Spine.* 2010;35:E198–E205. DOI: 10.1097/BRS.0b013e3181c142bf.
14. **Kostuik JP.** Treatment of scoliosis in the adult thoracolumbar spine with special reference to fusion to the sacrum. *Orthop Clin North Am.* 1988;19:371–381. DOI: 10.1016/S0030-5898(20)303117-5.
15. **Kostuik JP, Errico TJ, Gleason TF.** Techniques of internal fixation for degenerative conditions of the lumbar spine. *Clin Orthop Relat Res.* 1986;(203):219–231.
16. **Perra JH.** Techniques of instrumentation in long fusions to the sacrum. *Orthop Clin North Am.* 1994;25:287–299. DOI: 10.1016/S0030-5898(2)31910-6.
17. **Kim YJ, Bridwell KH, Lenke IG, Cheh G, Baldus C.** Results of lumbar pedicle subtraction osteotomies for fixed sagittal imbalance: a minimum 5-year follow-up study. *Spine.* 2007;32:2189–2197. DOI: 10.1097/BRS.0b013e31814b8371.
18. **Suk SI, Chung ER, Kim JH, Kim SS, Lee JS, Choi WK.** Posterior vertebral column resection for severe rigid scoliosis. *Spine.* 2005;30:1682–1687. DOI: 10.1097/01.brs.0000170590.21071.c1.
19. **Suk SI, Chung ER, Lee SM, Lee JH, Kim SS, Kim JH.** Posterior vertebral column resection in fixed lumbosacral deformity. *Spine.* 2005;30:E703–E710. DOI: 10.1097/01.brs.0000188190.90034.be.
20. **Hu SS, Bradford DS, Transfeldt EE, Cohen M.** Reduction of high-grade spondylolisthesis using Edwards instrumentation. *Spine.* 1996;21:367–371. DOI: 10.1097/00007632-199602010-00023.
21. **Boos N, Marchesi D, Zuber K, Aebi M.** Treatment of severe spondylolisthesis by reduction and pedicular fixation. A 4-6-year follow-up study. *Spine.* 1993;18:1655–1661. DOI: 10.1097/00007632-199309000-00014.
22. **Cunningham BW, Lewis SJ, Long J, Dmitriev AE, Linville DA, Bridwell KH.** Biomechanical evaluation of lumbosacral reconstruction techniques for spondylolisthesis: an in vitro porcine model. *Spine.* 2002;27:2321–2327. DOI: 10.1097/00007632-200211010-00004.
23. **Molinari RW, Bridwell KH, Lenke IG, Ungasta FF, Riew KD.** Complications in the surgical treatment of pediatric high-grade, isthmic dysplastic spondylolisthesis. A comparison of three surgical approaches. *Spine.* 1999;24:1701–1711. DOI: 10.1097/00007632-199908150-00012.
24. **Shuf earger HL, Geck MJ.** High-grade isthmic dysplastic spondylolisthesis: monosegmental surgical treatment. *Spine.* 2005;30(6 Suppl):S42–S48. DOI: 10.1097/01.brs.0000155583.55856.f9.
25. **Benson ER, Thomson JD, Smith BG, Banta JV.** Results and morbidity in a consecutive series of patients undergoing spinal fusion for neuromuscular scoliosis. *Spine.* 1998;23:2308–2317. DOI: 10.1097/00007632-199811010-00012.
26. **Myung KS, Lee C, Skaggs DL.** Early pelvic fixation failure in neuromuscular scoliosis. *J Pediatr Orthop.* 2015;35:258–265. DOI: 10.1097/BPO.0000000000000254.
27. **Gau YL, Lonstein JE, Winter RB, Koop S, Denis F.** Luque-Galveston procedure for correction and stabilization of neuromuscular scoliosis and pelvic obliquity: a review of 68 patients. *J Spinal Disord.* 1991;4:399–410. DOI: 10.1097/00002517-199112000-00001.
28. **Jones CB, Sietsema DL, Hoffmann MF.** Can lumbopelvic fixation salvage unstable complex sacral fractures? *Clin Orthop Relat Res.* 2012;470:2132–2141. DOI: 10.1007/s11999-012-2273-z.
29. **Keel MJ, Benneker LM, Siebenrock KA, Bastian JD.** Less invasive lumbopelvic stabilization of posterior pelvic ring instability: technique and preliminary results. *J Trauma.* 2011;71:E62–E70. DOI: 10.1097/TA.0b013e3182092e66.
30. **Schildhauer TA, Bellabarba C, Nork SE, Barei DP, Routt ML Jr, Chapman JR.** Decompression and lumbopelvic fixation for sacral fracture-dislocations with spino-pelvic dissociation. *J Orthop Trauma.* 2006;20:447–457. DOI: 10.1097/00005131-200608000-00001.
31. **Balderston RA, Winter RB, Moe JH, Bradford DS, Lonstein JE.** Fusion to the sacrum for nonparalytic scoliosis in the adult. *Spine.* 1986;11:824–829. DOI: 10.1097/00007632-198610000-00017.
32. **Harrington PR.** Treatment of scoliosis. Correction and internal fixation by spine instrumentation. *J Bone Joint Surg Am.* 1962;44:591–610.
33. **Ogilvie JW, Schendel M.** Comparison of lumbosacral fixation devices. *Clin Orthop Relat Res.* 1986;(203):120–125.
34. **Казьмин А.И., Кон И.С., Бельский В.Е.** Сколиоз. М., 1981. [Kazmin AI, Kon IS, Belenky VE. Scoliosis. Moscow, 1981. In Russian].
35. **Зацепин С.Т.** Костная патология взрослых. М., 2001. [Zatsepin ST. Bone Pathology of Adults. Moscow, 2001. In Russian].
36. **Luque ER.** Segmental spinal instrumentation for correction of scoliosis. *Clin Orthop Relat Res.* 1982;(163):192–198.
37. **Luque ER.** The anatomic basis and development of segmental spinal instrumentation. *Spine.* 1982;7:256–259. DOI: 10.1097/00007632-198205000-00010.
38. **Luque ER.** Interpeduncular segmental fixation. *Clin Orthop Relat Res.* 1986;(203):54–57.
39. **King AG, Thomas KA, Eiserloh HL 3rd, Mills TE, Pisciotto DN.** Analysis of the STIF technique for spino-pelvic fixation: clinical results in 19 patients with neuromuscular scoliosis. *J Pediatr Orthop.* 2000;20:667–676. DOI: 10.1097/00004694-200009000-00023.
40. **Devlin VJ, Boachie-Adjei O, Bradford DS, Ogilvie JW, Transfeldt EE.** Treatment of adult spinal deformity with fusion to the sacrum using CD instrumentation. *J Spinal Disord.* 1991;4:1–14.
41. **Allen BL Jr, Ferguson RL.** The Galveston technique of pelvic fixation with L-rod instrumentation of the spine. *Spine.* 1984;9:388–394. DOI: 10.1097/00007632-198405000-00011.
42. **Boachie-Adjei O, Lonstein JE, Winter RB, Koop S, vanden Brink K, Denis F.** Management of neuromuscular spinal deformities with Luque segmental instrumentation. *J Bone Joint Surg Am.* 1989;71:548–562.
43. **Kostuik JP, Hall BB.** Spinal fusions to the sacrum in adults with scoliosis. *Spine.* 1983;8:489–500. DOI: 10.1097/00007632-198307000-00006.
44. **Allen BL Jr, Ferguson RL.** The Galveston technique for the L-rod instrumentation of the scoliotic spine. *Spine.* 1982;7:276–284. DOI: 10.1097/00007632-198205000-00014.
45. **Dayer R, Ouellet JA, Saran N.** Pelvic fixation for neuromuscular scoliosis deformity correction. *Curr Rev Musculoskelet Med.* 2012;5:91–101. DOI: 10.1007/s12178-012-9122-2.
46. **Allen BL Jr, Ferguson RL.** The Galveston experience with L-rod instrumentation for adolescent idiopathic scoliosis. *Clin Orthop Relat Res.* 1988;(229):59–69.
47. **Broom MJ, Banta JV, Renshaw TS.** Spinal fusion augmented by Luque-rod segmental instrumentation for neuromuscular scoliosis. *J Bone Joint Surg Am.* 1989;71:32–44.
48. **Saer EH 3rd, Winter RB, Lonstein JE.** Long scoliosis fusion to the sacrum in adults with nonparalytic scoliosis. An improved method. *Spine.* 1990;15:650–653. DOI: 10.1097/00007632-199007000-00007.
49. **Emami A, Deviren V, Berven S, Smith JA, Hu SS, Bradford DS.** Outcome and complications of long fusions to the sacrum in adult spine deformity: Luque – Galveston, combined iliac and sacral screws, and sacral fixation. *Spine.* 2002;27:776–786. DOI: 10.1097/00007632-200204010-00017.
50. **Cotrel Y, Dubouset J.** New segmental posterior instrumentation of the spine. *Orthop Trans.* 1985;9:118.
51. **Cotrel Y, Dubouset J, Guillaumat M.** New universal instrumentation in spinal surgery. *Clin Orthop Relat Res.* 1988;227:10–23.

52. **Camp JF, Caudle R, Ashmun RD, Roach J.** Immediate complications of Cotrel Dubousset instrumentation to the sacro-pelvis. A clinical and biomechanical study. *Spine*. 1990;15:932–941. DOI: 10.1097/00007632-199009000-00018.
53. **Stovall DO Jr, Goodrich JA, Lundy D, Standard SC, Joe C, Preston CD.** Sacral fixation technique in lumbosacral fusion. *Spine*. 1997;22:32–37. DOI: 10.1097/00007632-199701010-00006.
54. **Jackson RP, McManus AC.** The iliac buttress. A computed tomography study of sacral anatomy. *Spine*. 1993;18:1318–1328.
55. **Glazer PA, Colliou O, Lotz JC, Bradford DS.** Biomechanical analysis of lumbosacral fixation. *Spine*. 1996;21:1211–1222. DOI: 10.1097/00007632-199605150-00015.
56. **Lebwohl NH, Cunningham BW, Dmitriev A, Shimamoto N, Gooch L, Devlin V, Boachie-Adjei O, Wagner TA.** Biomechanical comparison of lumbosacral fixation techniques in a calf spine model. *Spine*. 2002;27:2312–2320. DOI: 10.1097/00007632-200211010-00003.
57. **Ilharreborde B, Hoffmann E, Tavakoli S, Queindec S, Fitoussi F, Presedo A, Pennecot GF, Mazda K.** Intracanal rod fixation for pediatric long spinal fusion: results of a prospective study with a minimum 5-year follow-up. *J Pediatr Orthop*. 2009;29:594–601. DOI: 10.1097/BPO.0b013e3181b2b403.
58. **Fukuda K, Takemitsu M, Machida M, Asazuma T.** Lumbosacral fixation using sacroiliac buttress screws: a modification to the Jackson technique with intracanal rods. *Scoliosis*. 2014;9:8. DOI: 10.1186/1748-7161-9-8.
59. **McCarthy RE, Dunn H, McCullough FL.** Luque fixation to the sacral ala using the Dunn-McCarthy modification. *Spine*. 1989;14:281–283. DOI: 10.1097/00007632-198903000-00007.
60. **Bachy M, Kabbaj R, Bouyer B, Mary P, Vialle R.** Extensiones a la pelvis de las osteosintesis raquideas. EMC – Tcnicas Quirrgicas – Ortopedia y Traumatologia. 2014;6:1–16. DOI: 10.1016/S2211-033X(14)67572-1.
61. **Колесов С.В., Кушель Ю.В., Сивачева О.С.** Хирургическое лечение пациентов с синдромом каудальной регрессии // Хирургия позвоночника. 2016. Т. 13. № 2. С. 28–35. [Kolesov SV, Kushel YuV, Sivacheva OS. Surgical treatment of patients with caudal regression syndrome. *Hir. Pozvonoc*. 2016;13(2):28–35. In Russian]. DOI: 10.14531/ss2016.2.28-35.
62. **Михайловский М.В., Суздалов В.А., Долотин Д.Н., Садовая Т.Н.** Результаты многоэтапного хирургического лечения сколиозов I декады жизни с применением инструментария VEPTR // Хирургия позвоночника. 2017. Т. 14. № 3. С. 8–14. [Mikhaylovskiy MV, Suzdalov VA, Dolotin DN, Sadovaya TN. Results of multistage surgical treatment of scoliosis in the first decade of life using VEPTR instrumentation. *Hir. Pozvonoc*. 2017;14(3):8–14. In Russian]. DOI: 10.14531/ss2017.3.8-14.
63. **Walick KS, King JT, Johnston CE, Rathjen KE.** Neuropathic lower extremity pain following Dunn-McCarthy instrumentation. *Spine*. 2008;33:E877–E880. DOI: 10.1097/brs.0b013e3181877b99.
64. **Ramirez N, Flynn JM, Smith JT, Vitale M, Sturm PF, D Amato C, Samdani A, Machiavelli R, El-Hawary R.** Use of the S-hook for pelvic fixation in rib-based treatment of early-onset scoliosis: a multicenter study. *Spine*. 2015;40:816–822. DOI: 10.1097/brs.0000000000000443.
65. **Warner WC Jr, Fackler CD.** Comparison of two instrumentation techniques in treatment of lumbar kyphosis in myelodysplasia. *J Pediatr Orthop*. 1993;13:704–708. DOI: 10.1097/01241398-199311000-00002.
66. **Odent T, Arlet V, Ouellet J, Bitan F.** Kyphectomy in myelomeningocele with a modified Dunn-McCarthy technique followed by an anterior inlayed strut graft. *Eur Spine J*. 2004;13:206–212. DOI: 10.1007/s00586-003-0662-4.
67. **Leong JC, Lu WW, Zheng Y, Zhu Q, Zhong S.** Comparison of the strengths of lumbosacral fixation achieved with techniques using one and two triangulated sacral screws. *Spine*. 1998;23:2289–2294. DOI: 10.1097/00007632-199811010-00008.
68. **Early S, Mahar A, Oka R, Newton P.** Biomechanical comparison of lumbosacral fixation using Luque-Galveston and Colorado II sacropelvic fixation: advantage of using locked proximal fixation. *Spine*. 2005;30:1396–1401. DOI: 10.1097/01.brs.0000166530.87923.5b.
69. **Zindrick MR, Wiltse LL, Widell EH, Thomas JC, Holland WR, Field BT, Spencer CW.** A biomechanical study of intrapeduncular screw fixation in the lumbosacral spine. *Clin Orthop Relat Res*. 1986;(203):99–112.
70. **Park YS, Kim HS, Back SW, Lee SH.** Lumbosacral fixation using the diagonal S2 screw for long fusion in degenerative lumbar deformity: technical note involving 13 cases. *Clin Orthop Surg*. 2013;5:225–229. DOI: 10.4055/cios.2013.5.3.225.
71. **Widmann RF, Hresko MT, Hall JE.** Lumbosacral fusion in children and adolescents using the modified sacral bar technique. *Clin Orthop Relat Res*. 1999;(364):85–91. DOI: 10.1097/00003086-199907000-00012.
72. **Kostuik JP, Musha Y.** Extension to the sacrum of previous adolescent scoliosis fusions in adult life. *Clin Orthop Relat Res*. 1999;(364):53–60. DOI: 10.1097/00003086-199907000-00008.
73. **Kostuik JP.** Spinopelvic fixation. *Neurol India*. 2005;53:483–488. DOI: 10.4103/0028-3886.22618.
74. **Ozdemir HM, Demirkale I, Ozdemir M, Aksekili MAE.** The modified Kostuik transiliac bar technique has acceptable results in neuromuscular spinal deformity correction. *J Pediatr Orthop B*. 2019;28:385–392. DOI: 10.1097/bpb.0000000000000626.
75. **Zahi R, Thevenin-Lemoine C, Rogier A, Constantinou B, Mary P, Vialle R.** The “T-construct” for spinopelvic fixation in neuromuscular spinal deformities. Preliminary results of a prospective series of 15 patients. *Childs Nerv Syst*. 2011;27:1931–1935. DOI: 10.1007/s00381-011-1411-3.
76. **Bouyer B, Bachy M, Zahi R, Thevenin-Lemoine C, Mary P, Vialle R.** Correction of pelvic obliquity in neuromuscular spinal deformities using the “T construct”: results and complications in a prospective series of 60 patients. *Eur Spine J*. 2013;23:163–171. DOI: 10.1007/s00586-013-2847-9.

**Адрес для переписки:**

Ветрилэ Марчел Степанович  
127299, Россия, Москва, ул. Приорова, 10,  
НМИЦ травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова,  
vetrilams@cito-priorov.ru

**Address correspondence to:**

Vetrile Marchel Stepanovich  
National Medical Research Center of Traumatology and Orthopaedics  
n.a. N.N. Priorov,  
10 Priorova str., Moscow, 127299, Russia,  
vetrilams@cito-priorov.ru

*Статья поступила в редакцию 15.06.2021*

*Рецензирование пройдено 21.06.2021*

*Подписано в печать 25.06.2021*

*Received 15.06.2021*

*Review completed 21.06.2021*

*Passed for printing 25.06.2021*

*Марчел Степанович Ветрилэ, канд. мед. наук, врач травматолог-ортопед, старший научный сотрудник, Национальный медицинский центр травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова, Россия, 127299, Москва, ул. Приорова, 10, ORCID: 0000-0001-6689-5220, vetrilams@cito-priorov.ru;*  
*Александр Алексеевич Кулешов, д-р мед. наук, врач травматолог-ортопед, заведующий отделением вертебологии, Национальный медицинский центр травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова, Россия, 127299, Москва, ул. Приорова, 10, ORCID: 0000-0002-9526-8274, cito-spine@mail.ru;*  
*Николай Александрович Аганесов, врач травматолог-ортопед, Национальный медицинский центр травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова, Россия, 127299, Москва, ул. Приорова, 10, ORCID: 0000-0001-5383-6862, kolyanzer@yandex.ru;*  
*Виталий Романович Захарин, врач травматолог-ортопед, Национальный медицинский центр травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова, Россия, 127299, Москва, ул. Приорова, 10, ORCID: 0000-0003-1553-2782, zakbvit@gmail.com.*

*Marchel Stepanovich Vetrile, MD, PhD, trauma orthopedist, senior researcher, National Medical Research Center of Traumatology and Orthopaedics n.a. N.N. Priorov, 10 Priorova str., Moscow, 127299, Russia, ORCID: 0000-0001-6689-5220, vetrilams@cito-priorov.ru;*  
*Aleksandr Alekseyevich Kuleshov, DMSc, trauma orthopedist, head of Vertebrology Department, National Medical Research Center of Traumatology and Orthopaedics n.a. N.N. Priorov, 10 Priorova str., Moscow 127299, Russia, ORCID: 0000-0002-9526-8274, cito-spine@mail.ru;*  
*Nikolay Aleksandrovich Aganesov, trauma orthopedist, National Medical Research Center of Traumatology and Orthopaedics n.a. N.N. Priorov, 10 Priorova str., Moscow, 127299, Russia, ORCID: 0000-0001-5383-6862, kolyanzer@yandex.ru;*  
*Vitaly Romanovich Zakbarin, trauma orthopedist, National Medical Research Center of Traumatology and Orthopaedics n.a. N.N. Priorov, 10 Priorova str., Moscow, 127299, Russia, ORCID: 0000-0003-1553-2782, zakbvit@gmail.com.*