

ВЛИЯНИЕ ТРОЙНОЙ ОСТЕОТОМИИ ТАЗА НА ПОЗВОНОЧНО-ТАЗОВЫЕ СООТНОШЕНИЯ У ДЕТЕЙ С ДИСПЛАСТИЧЕСКИМ ПОДВЫВИХОМ БЕДРА

© П.И. Бортулёв¹, С.В. Виссарионов^{1, 2}, В.Е. Басков¹, Д.Б. Барсуков¹,
И.Ю. Поздникин¹, М.С. Познович¹

¹ ФГБУ «Научно-исследовательский детский ортопедический институт им. Г.И. Турнера»
Минздрава России, Санкт-Петербург;

² ФГБОУ ВО «Северо-Западный государственный медицинский университет им. И.И. Мечникова»
Минздрава России, Санкт-Петербург

Поступила: 07.02.2019

Одобрена: 26.03.2019

Принята: 06.06.2019

Введение. Тройная остеотомия таза является эффективной методикой хирургического лечения детей с диспластическим подвывихом бедра старше 12 лет. Однако отсутствуют современные исследования, посвященные оценке показателей позвоночно-тазовых соотношений и сагиттального профиля позвоночника у детей с диспластическим подвывихом бедра после хирургического лечения, а также возможностей изменения данных величин в ходе операции.

Цель работы — оценить эффективность усовершенствованной методики тройной остеотомии таза у детей с диспластическим подвывихом бедра.

Материалы и методы. Были проанализированы результаты углубленного рентгенологического обследования и хирургического лечения 35 пациентов женского пола (44 тазобедренных сустава) в возрасте от 13 до 18 лет с диспластическим подвывихом бедра, получавших лечение с 2016 по 2018 г. Пациенты были разделены на две группы: основную группу составили 20 пациентов (25 тазобедренных суставов), которым хирургическое лечение проводили с учетом состояния сагиттальных позвоночно-тазовых соотношений по усовершенствованной методике с использованием персонифицированных навигационных шаблонов; контрольную группу составили 15 пациентов (19 тазобедренных суставов), получавших хирургическое лечение по общепринятой методике.

Результаты. Помимо типичных клинко-рентгенологических нарушений, характерных для диспластического подвывиха бедра, у 90 % пациентов обеих групп наблюдались изменения со стороны сагиттального баланса в виде избыточной антеверзии таза и гиперлордоза поясничного отдела позвоночника. Через год после хирургического лечения у пациентов основной группы произошли достоверные ($p < 0,05$) изменения сагиттальных позвоночно-тазовых соотношений в виде уменьшения угла наклона таза, что привело к достижению среднестатистических значений угла наклона крестца и величины поясничного лордоза. У пациентов контрольной группы вышеуказанные рентгенологические показатели остались в пределах дооперационных значений.

Заключение. Усовершенствованная методика тройной остеотомии таза обеспечивает условия для уменьшения антеверзии таза и восстановления сагиттального профиля позвоночника ($p < 0,05$). Персонифицированные навигационные шаблоны позволяют осуществлять максимально точную многоплоскостную коррекцию вертлужной впадины. Необходимо включение в предоперационное планирование специализированного рентгенологического обследования с целью оценки состояния сагиттальных позвоночно-тазовых соотношений.

Ключевые слова: дети; подвывих бедра; сагиттальные позвоночно-тазовые соотношения; тройная остеотомия таза; 3D-прототипирование; навигационный шаблон.

THE INFLUENCE OF TRIPLE PELVIC OSTEOTOMY ON THE SPINE-PELVIS RATIOS IN CHILDREN WITH DYSPLASTIC SUBLUXATION OF THE HIP

© P.I. Bortulev¹, S.V. Vissarionov^{1, 2}, V.E. Baskov¹, D.B. Barsukov¹, I.Yu. Pozdnykin¹, M.S. Poznovich¹

¹ The Turner Scientific Research Institute for Children's Orthopedics, Saint Petersburg, Russia;

² North-Western State Medical University named after I.I. Mechnikov, Saint Petersburg, Russia

For citation: Pediatric Traumatology, Orthopaedics and Reconstructive Surgery. 2019;7(2):5-16

Received: 07.02.2019

Revised: 26.03.2019

Accepted: 06.06.2019

Introduction. Triple pelvic osteotomy is an effective surgical treatment for dysplastic subluxation of the hip in children aged above 12 years. However, modern studies did not assess the indicators of spine-pelvis ratios, sagittal profile of the spine in children with dysplastic subluxation of the hip following surgical treatment, and possibility of change on these values during the operation.

Aim. This study aimed to evaluate the effectiveness of the improved technique of performing triple pelvic osteotomy on children with dysplastic subluxation of the hip.

Materials and methods. We analyzed the x-ray images and surgical treatment of 35 female patients (44 hip joints) aged 13 to 18 years with dysplastic subluxation of the hip between 2016 and 2018. The patients were divided into two groups: the main group consisted of 20 patients (25 hip joints) who underwent surgical treatment that had taken into account the state of sagittal spine-pelvis ratios according to the improved method using personalized navigation templates, and the control group consisted of 15 patients (19 hip joints) who received surgical treatment according to the generally accepted method.

Results. In addition to the typical clinical and radiological abnormalities of the dysplastic subluxation of the hip in 90% of patients in both groups, there were changes in the sagittal balance in the form of excessive pelvic anteversion and lumbar hyperlordosis. One year postoperatively, patients in the main group showed significant changes ($p < 0.05$) in the state of sagittal spine-pelvis ratios in the form of a decrease in the pelvic base angle, which led to the achievement of the average values of the angle of inclination of the sacral slope (SS) and the value of global lumbar lordosis. On the other hand, these radiological parameters in patients in the control group remained within the preoperative values.

Conclusion. The improved technique of triple pelvic osteotomy provides conditions for the reduction of pelvic anteversion and restoration of the sagittal profile of the spine ($p < 0.05$). The use of personalized navigation templates allows for the most accurate multiplane correction of the acetabulum. It is necessary to include a specialized x-ray examination in the preoperative planning to assess the state of sagittal spine-pelvis ratios.

Keywords: children; subluxation of the hip; sagittal spino-pelvic ratios; triple pelvic osteotomy; 3D-prototyping; navigation templates.

Введение

Дисплазия тазобедренного сустава включает ряд выраженных анатомических изменений, возникших в результате нарушения физиологического развития сустава в ante- и постнатальный периоды [1]. При отсутствии своевременной диагностики и адекватного консервативного лечения по мере роста ребенка формируется децентрация головки бедренной кости, а затем и подвывих, что уже в подростковом возрасте приводит к тяжелым статико-динамическим нарушениям и болевому синдрому [2]. У пациентов с диспластическим подвывихом бедра наблюдаются клинико-рентгенологические изменения со стороны сагиттального профиля позвоночного столба и нарушение позвоночно-тазовых соотношений.

Эти патологические процессы ведут к формированию индивидуальной вертикальной осанки у пациентов с диспластическим подвывихом бедра, не укладывающейся в общепринятые стандартные показатели. Одним из основополагающих моментов, приводящих к этим изменениям, является избыточная антеверзия таза [3].

Хирургические технологии, направленные на стабилизацию диспластического тазобедренного сустава, прошли долгий путь развития — от различных вариантов корригирующих остеотомий бедра, создания костных навесов, ацетабулопластик до ротационных остеотомий таза [4–6]. Золотым стандартом в лечении детей с диспластической нестабильностью тазобедренных суставов до 7-летнего возраста является остеото-

мия таза по методике R.B. Salter (1957). Однако в старшем возрасте в связи с ригидностью связок лонного симфиза возможности ротации ацетабулярного фрагмента значительно ограничены. Это послужило предпосылкой к разработке других вариантов транспозиции вертлужной впадины при диспластическом подвывихе бедра. В 1977 г. D. Sutherland и R. Greenfield разработали и описали двойную остеотомию таза, а в 1991 г. D. Sutherland и M. Moore опубликовали клинические и рентгенологические исходы остеотомии таза: они оставили обязательный базовый элемент операции Salter и предложили выполнять остеотомию несколько медиальнее слияния ветвей лонной кости и резецировать костный фрагмент.

Разработанная Ю.И. Поздникиным (1983) методика двойной остеотомии таза, включающая в себя, помимо остеотомии подвздошной кости, периацетабулярное сечение лонной кости с последующим «закрытым» переломом лонно-седалищного синхондроза в ходе ротации, расширяет возможности коррекции вертлужной впадины. Необходимо отметить, что клиническое применение данной технологии ограничено возрастом пациента, а одним из недостатков является латерализация тазобедренного сустава.

В настоящее время за рубежом наибольшее распространение получили различные варианты тройной остеотомии таза в модификации H. Steel и D. Tönnis при функционирующем Y-образном хряще и периацетабулярная остеотомия таза по R. Ganz, выполняемая после завершения роста костей таза [7–9]. Значимым недостатком вышеуказанных оперативных методик является необходимость выполнения нескольких хирургических доступов с целью остеотомии костей таза, изменения положения пациента на операционном столе в ходе вмешательства, а также выраженная деформация тазового полукольца после операции. Периацетабулярная остеотомия по R. Ganz (1980), несмотря на выраженное преимущество, заключающееся в интактности задней колонны таза, отсутствии изменения в конфигурации таза и возможности начала ранней осевой нагрузки, крайне сложна в техническом исполнении, кроме того, в ходе операции отсутствует возможность медиализации вертлужной впадины. Учитывая вышеуказанные недостатки, авторитетные отечественные ученые разработали технологии тройной остеотомии таза, которые нашли широкое применение в практике хирургов-ортопедов специализированных отделений [10–12]. Анализ отдаленных результатов тройной остеотомии таза у детей с диспластической нестабильностью тазобедренного сустава показал, что это наиболее адекват-

ный способ хирургической коррекции пространственного положения вертлужной впадины.

На сегодняшний день отсутствуют исследования, посвященные оценке показателей позвоночно-тазовых соотношений и сагиттального профиля позвоночника у детей с диспластическим подвывихом бедра после хирургического лечения, а также возможностей изменения данных величин в ходе операции. С учетом этого в отделении патологии тазобедренного сустава ФГБУ «Научно-исследовательский детский ортопедический институт им. Г.И. Турнера» Минздрава России усовершенствована технология тройной остеотомии таза при лечении детей с диспластическим подвывихом бедра (заявка на выдачу патента РФ на изобретение № 2018132663 от 12.09.2018).

Цель исследования — оценить эффективность усовершенствованной методики тройной остеотомии таза у детей с диспластическим подвывихом бедра.

Материалы и методы

В исследование вошли 35 пациентов женского пола (44 тазобедренных сустава) в возрасте от 13 до 18 лет (средний возраст — $15,5 \pm 1,38$ года) с нестабильностью тазобедренного сустава диспластического генеза в виде подвывиха бедра, получавших лечение в клинике института с 2016 по 2018 г. Критерии включения пациентов в исследование: возраст от 13 до 18 лет, наличие одностороннего или двустороннего подвывиха бедра, истинный шеечно-диафизарный угол не более 140° , угол антеторсии проксимального отдела бедренной кости не более 45° , отсутствие врожденной и приобретенной патологии позвоночного столба, неврологических нарушений, а также системных и генетических заболеваний, добровольное информированное согласие пациентов и их родителей на участие в данном исследовании. Критерии исключения пациентов из исследования: наличие вывиха бедра, в том числе и маргинального, истинный шеечно-диафизарный угол более 140° , угол антеторсии проксимального отдела бедренной кости более 45° , что требовало выполнения корригирующей остеотомии бедренной кости, наличие врожденных пороков развития позвоночника или идиопатического сколиоза, верифицированных неврологических, системных и генетических заболеваний. Все дети были разделены на две группы. Основную группу составили 20 пациентов (25 тазобедренных суставов), которым выполняли тройную остеотомию таза по усовершенствованной методике, в ходе которой учитывали состояние сагиттального балан-

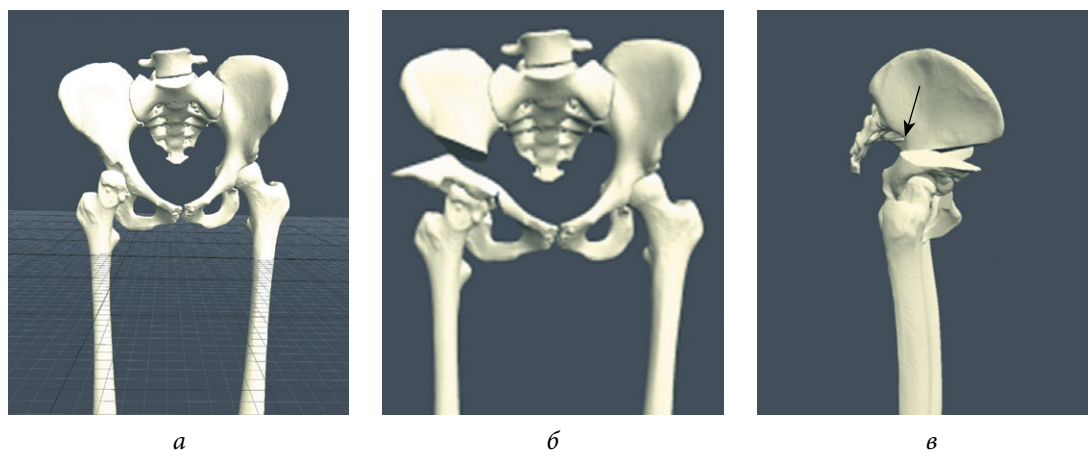


Рис. 1. Планирование хирургического вмешательства с помощью программы PME Planner (Polygon Medical Engineering): *а* — сегментация полученного после МСКТ изображения; *б* — остеотомия костей таза с планированием коррекции положения вертлужной впадины; *в* — планирование необходимой трансляции ацетабулярного фрагмента кзади

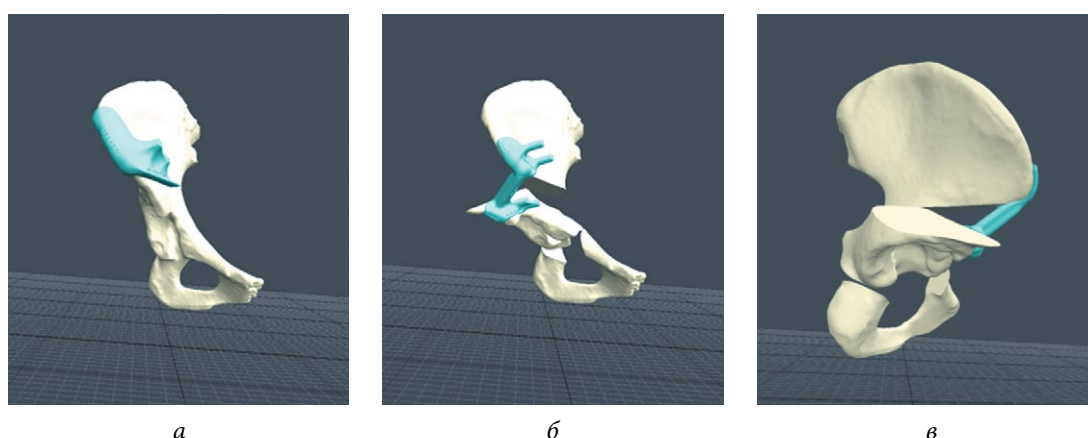


Рис. 2. Виртуальное создание персонализированных навигационных шаблонов в программе PME Planner (Polygon Medical Engineering): *а* — шаблон для выполнения остеотомии тела подвздошной кости; *б, в* — шаблон для интраоперационной фиксации ацетабулярного фрагмента в положении рассчитанной коррекции во всех плоскостях

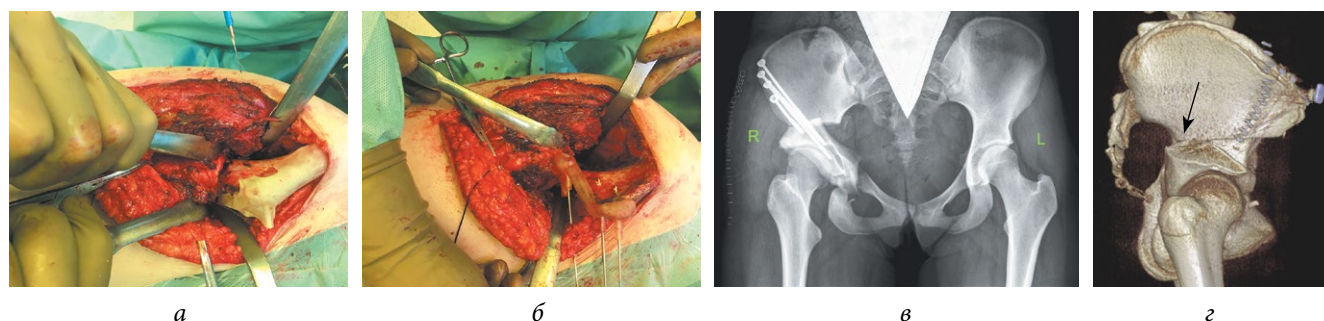


Рис. 3. Клиническое применение персонализированного навигационного шаблона: *а* — интраоперационная картина использования шаблона для расчета точного места выполнения остеотомии тела подвздошной кости; *б* — интраоперационная картина использования шаблона для фиксации пространственного положения вертлужной впадины в положении рассчитанной коррекции; *в, г* — рентгенологический и МСКТ-результат тройной остеотомии таза по разработанной методике

са позвоночника и позвоночно-тазовых соотношений. Из них у 15 пациентов (75 %) отмечался односторонний подвывих, а у 5 (25 %) — двусторонний. Контрольную группу составили 15 детей (19 тазобедренных суставов), которым хирургическое вмешательство (тройную остеотомию таза) осуществляли по общепринятой методике, то

есть рассчитывали ротацию вертлужной впадины только на основании данных рентгенометрии тазобедренных суставов. Из них у 11 пациентов (73,4 %) отмечался односторонний подвывих, а у 4 (26,6 %) — двусторонний. С целью объективизации жалоб и получения максимально полной информации о функциональном состоянии

тазобедренного сустава все пациенты заполняли адаптированную для подростков шкалу — опросник Harris hip score, из которой был исключен раздел гониометрии, как наиболее сложный для оценки самим ребенком. Рентгенологические методы исследования включали рентгенографию тазобедренных суставов в передне-задней проекции и в положении Лауэнштейна, компьютерную томографию, а также боковую панорамную рентгенограмму позвоночника C_1-S_1 с захватом бедренных костей в положении пациента стоя до операции и через год после операции. В ходе исследования оценивали следующие показатели: угол вертикального наклона вертлужной впадины (угол Sharp), угол Wiberg, шеечно-диафизарный угол, угол антеторсии проксимального отдела бедренной кости, степень костного покрытия (СКП), величину грудного кифоза и поясничного лордоза (по Cobb), угол отклонения таза (PI), угол наклона крестца (SS), угол наклона таза (PT), а также величину глобального сагиттального баланса (SVA). Для выполнения тройной остеотомии таза у детей с диспластической нестабильностью тазобедренных суставов был выбран метод, разработанный в НИДОИ им. Г.И. Турнера (Камоско М.М., 2007). После выполнения КТ-исследования всем пациентам основной группы в предоперационном периоде проводили 3D-моделирование с последующим компьютерным планированием предстоящего хирургического вмешательства PМЕ Planner (Polygon Medical Engineering) (рис. 1). Пациентам контрольной группы коррекцию пространственного положения вертлужной впадины в ходе выполнения тройной остеотомии таза осуществляли визуально с целью устранения подвывиха бедра.

Учитывая данные мировой литературы и опыт собственных наблюдений за состоянием сагиттальных позвоночно-тазовых соотношений у здоровых детей и пациентов с патологией тазобедренных суставов [3, 13–15], мы усовершенствовали технологию тройной остеотомии таза (заявка на выдачу патента РФ на изобретение № 2018132663 от 12.09.2018). Основная задача заключалась не только в достижении стабильности тазобедренного сустава, но и в улучшении сагиттальных позвоночно-тазовых соотношений. Отличительной особенностью данной операции являлось выполнение не углообразного сечения подвздошной кости, а поперечной периацетабулярной остеотомии в направлении сверху вниз с началом ниже передневерхней ости тела подвздошной кости и трансляцией ацетабулярного фрагмента кзади после ротационной транспозиции вертлужной впадины (см. рис. 1).

Трансляцию ацетабулярного компонента рассчитывали на основании показателя PI, который является единственным постоянным анатомическим показателем и может быть изменен только в результате полученной травмы или хирургического вмешательства [16]. Трансляцию кзади осуществляли на величину от 0,5 до 1,5 см. С целью обеспечения максимальной точности в ходе выполнения хирургического вмешательства и ограничения возможности проведения гипо- или гиперкоррекции тазового компонента, профилактики развития феморо-ацетабулярного импинджмента была применена технология прототипирования персонализированных навигационных шаблонов (печать FDM на 3D-принтере PICASO DESINGER PRO250). Их использование в ходе хирургического вмешательства позволило выполнять остеотомию тела подвздошной кости и фиксацию костных фрагментов точно в соответствии с рассчитанной заранее коррекцией (рис. 2, 3).

Полученные данные оценивали при помощи программы Surgimap v. 2.2.15. Статистический анализ осуществляли с помощью программы IBM SPSS v.23. Уровень значимости различий определяли с применением непараметрического критерия *U* Манна – Уитни с достоверностью не менее $p < 0,05$, а корреляционный анализ проводили с использованием критерия Пирсона.

Результаты

На момент поступления в клинику пациенты обеих групп предъявляли жалобы на боли в области пораженного тазобедренного сустава и нарушение походки в виде хромоты. Средний балл по Harris hip score у пациентов основной и контрольной групп составил $62,4 \pm 4,1$ и $64 \pm 5,4$ соответственно. Относительное укорочение нижней конечности составило $1,3 \pm 0,5$ см (при одностороннем поражении). Кроме того, все пациенты отмечали ограничения в образе жизни, характерном для подростков (невозможность активно заниматься подвижными видами спорта, аэробикой, шейпингом, танцами), что служило причиной выраженного психоэмоционального дискомфорта. Средние значения амплитуды активных движений в тазобедренном суставе у пациентов основной группы составили: сгибание — $110 \pm 5^\circ$, отведение — $34 \pm 6^\circ$, разгибание — $10 \pm 5^\circ$, внутренняя ротация — $60 \pm 10^\circ$, наружная ротация — $50 \pm 10^\circ$. У пациентов контрольной группы получены аналогичные данные: сгибание — $105 \pm 9^\circ$, отведение — $38 \pm 4^\circ$, разгибание — $15 \pm 7^\circ$, внутренняя ротация — $55 \pm 12^\circ$, наружная ротация — $50 \pm 8^\circ$.

Таблица 1

Показатели пространственной ориентации вертлужной впадины, проксимального отдела бедренной кости, стабильности тазобедренного сустава, сагиттального профиля позвоночника и позвоночно-тазовых соотношений у детей с диспластическим подвывихом бедра в основной и контрольной группах до операции

Показатели	Основная группа ($M \pm SD$)	Контрольная группа ($M \pm SD$)
Угол Sharp, °	56,9 ± 4,0	57,6 ± 5 (51–63)
Угол Wiberg, °	-4,2 ± 2,8	-5,0 ± 3,7
СКП, %	55,8 ± 6,3	53,0 ± 7,8
Краниальное смещение, см	0,8 ± 0,3	0,7 ± 0,4
ШДУ, °	133,8 ± 3,9	134,8 ± 3,5
УА, °	38,5 ± 6,7	37,3 ± 6,5
PI, °	52,5 ± 11,1	52,1 ± 10,5
PT, °	9,1 ± 9,5	11,1 ± 9,1
SS, °	43,3 ± 4,5	42,7 ± 3,7
TK, °	33,6 ± 11,0	35,1 ± 11,6
GLL, °	58,4 ± 6,5	57,3 ± 4,0
SVA, °	-6,4 ± 18,8	-5,7 ± 16

Примечание. СКП — степень костного покрытия; ШДУ — шейно-диафизарный угол; УА — угол антеверсии проксимального отдела бедренной кости; PI — угол отклонения таза; PT — угол наклона таза; SS — угол наклона крестца; TK — грудной кифоз; GLL — поясничный лордоз; SVA — величина глобального сагиттального баланса.

Таблица 2

Амплитуда движений в тазобедренных суставах у пациентов обеих групп после хирургического лечения

Движение	Амплитуда движений у пациентов основной группы ($M \pm SD$)	Амплитуда движений у пациентов контрольной группы ($M \pm SD$)
Сгибание, °	116,0 ± 4,7	115,0 ± 5,1
Отведение, °	38,0 ± 3,5	36,0 ± 2,9
Внутренняя ротация, °	30,0 ± 3,7	30,0 ± 3,1
Наружная ротация, °	45,0 ± 4,2	45,0 ± 3,8

Изменение сагиттального профиля позвоночного столба, проявляющееся в виде гиперлордоза поясничного отдела позвоночника, отмечено у 17 пациентов (85 %) основной группы и у 12 детей (80 %) контрольной.

Результаты лучевых методов исследования пациентов обеих групп (средние значения величин углов Sharp, Wiberg, величины краниального смещения, шейно-диафизарного угла, угла антеверсии проксимального отдела бедренной кости, грудного кифоза, поясничного лордоза (GLL) и показателей сагиттальных позвоночно-тазовых соотношений (PI, PT, SS, SVA)) до операции представлены в табл. 1.

Полученные данные не имели достоверных различий ($p > 0,05$), что позволило проводить дальнейшее сравнение. Из табл. 1 видно, что у пациентов обеих групп значения величин, характеризующих состояние тазового и бедрен-

ного компонентов сустава, были типичными для диспластического характера патологии [17]. У 32 пациентов (91 %) обеих групп наблюдалась избыточная антеверзия таза, что выражалось в увеличении показателя SS и уменьшении показателя PT. Изменения состояния физиологических изгибов позвоночника в виде гиперлордоза касались лишь поясничного отдела. Только у трех пациентов (9 %) обеих групп показатели сагиттальных позвоночно-тазовых соотношений оставались в границе среднестатистических значений. Показатель SVA, характеризующий состояние глобального сагиттального баланса, имел отрицательные значения в обеих группах. Корреляционный анализ у пациентов обеих групп показал только наличие сильной связи между значениями GLL и SS ($r = 0,68$, $p < 0,05$). Корреляционная связь между показателем PI и SS была слабо выражена ($r = 0,38$, $p < 0,05$).

Таблица 3

Показатели пространственной ориентации вертлужной впадины, проксимального отдела бедренной кости, стабильности тазобедренного сустава, сагиттального профиля позвоночника и позвоночно-тазовых соотношений у пациентов обеих групп через год после хирургического лечения

Показатели	Основная группа ($M \pm SD$)	Контрольная группа ($M \pm SD$)
Угол Sharp, °	35,1 ± 4,7	32,1 ± 8,1
Угол Wiberg, °	32,0 ± 4,1	37,0 ± 9,2
СКП, %	95,0 ± 4,2	100,0 ± 5,1
Краниальное смещение, см	0,2 ± 0,13	0,3 ± 0,15
ШДУ, °	133,8 ± 3,9	134,8 ± 3,5
УА, °	38,5 ± 6,7	37,3 ± 6,5
PI, °	40,1 ± 10*	55,3 ± 9,3
PT, °	5,1 ± 8,3*	12,1 ± 9,6
SS, °	35,0 ± 4,5*	43,2 ± 4,1
TK, °	31 ± 6	35,7 ± 10,7
GLL, °	45,3 ± 6,0*	59,8 ± 3,6
SVA, °	5,7 ± 14,1*	-6,2 ± 16,7

Примечание. СКП — степень костного покрытия; ШДУ — шейно-диафизарный угол; УА — угол антеторсии проксимального отдела бедренной кости; PI — угол отклонения таза; PT — угол наклона таза; SS — угол наклона крестца; TK — грудной кифоз; GLL — поясничный лордоз; SVA — величина глобального сагиттального баланса. * достоверность различия между основной и контрольной группами ($p < 0,05$).

Результаты хирургического лечения оценивали через год. Пациенты обеих групп начиная с раннего послеоперационного периода получали специализированное восстановительное лечение [18]. На момент осмотра у двух пациентов (10 %) основной группы и одного пациента (10 %) контрольной сохранялись жалобы на чувство дискомфорта в области оперированного сустава и нарушение походки, возникающие только после значительных физических нагрузок. Остальные пациенты обеих групп жалоб не предъявляли. Средний балл по Harris hip score у пациентов основной и контрольной групп составил $91 \pm 4,8$ и $90 \pm 3,6$ соответственно. Данные гониометрии представлены в табл. 2

Из табл. 2 видно, что показатели гониометрии тазобедренного сустава через год после хирургического лечения у пациентов обеих групп практически достигли физиологических значений. По результатам визуальной оценки состояния физиологических изгибов позвоночника у пациентов основной группы прослеживалась тенденция к их нормализации, в то время как у пациентов контрольной группы сохранялся гиперлордоз поясничного отдела позвоночника. В ходе тройной остеотомии таза по усовершенствованной методике у 18 пациентов (90 %) трансляцию вертлужной впадины кзади выполняли на 1–1,5 см, что привело к уменьшению показателя PI на 10–15°.

У двух пациентов (10 %), не имевших существенных отклонений от среднестатистических величин позвоночно-тазовых соотношений, трансляцию кзади осуществляли на величину не более 0,5 см в качестве профилактики смещения вертлужной впадины кпереди в ходе ротации.

Результаты лучевых методов исследования (средние значения величин углов Sharp, Wiberg, величины краниального смещения, шейно-диафизарного угла, угла антеторсии проксимального отдела бедренной кости, грудного кифоза, GLL и показателей сагиттальных позвоночно-тазовых соотношений (PI, PT, SS, SVA)) пациентов обеих групп через год после операции представлены в табл. 3.

На основании данных табл. 3 можно сделать заключение, что у пациентов обеих групп через год после тройной остеотомии таза средние величины рентгенологических показателей, характеризующих пространственное положение вертлужной впадины и интегральные показатели, учитывающие ориентацию и соотношение тазового и бедренного компонентов сустава, варьировали в диапазоне нормальных значений [17]. Одновременно с этим показатели состояния позвоночно-тазовых соотношений у пациентов основной группы по сравнению с контрольной претерпели значимые изменения ($p < 0,05$) в сторону уменьшения показателя PI, что привело к уменьшению антеверзии таза и, как следствие,

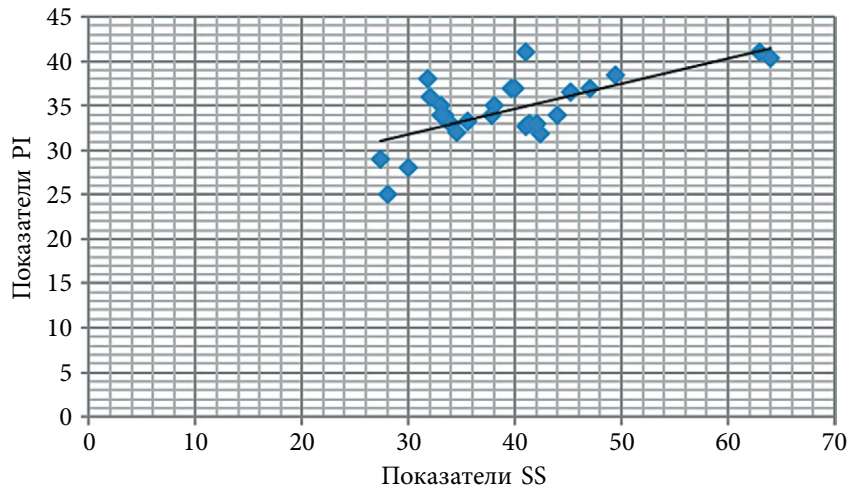


Рис. 4. Сильная корреляционная связь между значением PI (угол отклонения таза) и SS (угол наклона крестца) в основной группе после лечения ($r = 0,67$; $p < 0,05$)

гиперлордоза поясничного отдела позвоночника. В подавляющем большинстве случаев показатель SVA у пациентов основной группы изменился в положительную сторону. Кроме того, после проведения корреляционного анализа было отмечено усиление связи между показателем PI и SS ($r = 0,67$, $p < 0,05$), что может свидетельствовать о восстановлении кинематической цепи в системе тазобедренные суставы – пояснично-крестцовый отдел позвоночника (рис. 4).

Обсуждение

Врожденные и приобретенные заболевания как позвоночника, так и тазобедренных суставов могут приводить к изменениям в сагиттальных позвоночно-тазовых соотношениях [19, 20]. На сегодняшний день в практике хирургов-вертебрологов при планировании коррекции деформаций позвоночника обязательным является расчет позвоночно-тазовых соотношений с целью достижения физиологического сагиттального профиля после операции [16, 21]. Ряд авторов доказал, что изменения тазовых индексов вызывают изменения сагиттального профиля поясничного отдела позвоночника, что, в свою очередь, приводит к раннему развитию дегенеративных процессов в переднем или заднем опорном комплексе [20, 22, 23].

Данные комплексного предоперационного обследования пациентов позволили выявить нарушения в пораженном тазобедренном суставе в обеих группах пациентов, характерные для диспластического подвывиха бедра. Эти изменения проявлялись как в клинической картине заболевания (болевого синдром, хромота и ограничения движений в тазобедренном суставе), так и в данных лучевых методов исследований в виде пато-

логической пространственной ориентации и нарушения соотношений тазового и бедренного компонентов сустава. Кроме того, у пациентов обеих групп отмечались гиперлордоз поясничного отдела позвоночника и нарушение сагиттальных позвоночно-тазовых соотношений (отрицательный глобальный сагиттальный баланс, избыточная антеверзия таза). Анализ доступной литературы показал, что существует единственная публикация, затрагивающая вопросы состояния сагиттальных позвоночно-тазовых соотношений у взрослых с дисплазией тазобедренных суставов. Результаты исследований, полученные группой японских ученых, которые оценивали позвоночно-тазовые соотношения у детей с данной патологией, практически полностью идентичны нашим данным в обеих группах пациентов до операции [24]. Таким образом, можно сделать вывод о существовании типичных закономерностей формирования соотношений в системе таз – позвоночник в виде чрезмерной антеверзии таза и гиперлордоза поясничного отдела позвоночника.

Отсутствие сведений в литературе о состоянии сагиттальных позвоночно-тазовых соотношений у детей с диспластической нестабильностью тазобедренных суставов после тройной остеотомии таза исключает возможность сравнительного анализа полученных нами данных. Одновременно с этим необходимо отметить, что избыточная антеверзия таза (увеличенный показатель SS) и гиперлордоз поясничного отдела позвоночника после восстановления стабильности тазобедренного сустава сохранялись только у пациентов контрольной группы, что служило кардинальным отличием от результатов, достигнутых у пациентов основной группы. Эти нарушения, согласно данным литературы, являются прямой предпосылкой к раннему развитию дегенератив-

но-дистрофических изменений заднего опорного комплекса или спондилолистеза [25, 26]. Таким образом, усовершенствованная хирургическая технология тройной остеотомии таза позволила значительно улучшить сагиттальные позвоночно-тазовые соотношения и ликвидировать гиперлордоз в поясничном отделе позвоночника. С учетом данных литературы о состоянии сагиттальных позвоночно-тазовых соотношений у здоровых детей и взрослых [13, 14] и значимости единственного анатомического показателя PI можно заключить, что усовершенствованная методика тройной остеотомии таза направлена непосредственно на уменьшение значения PI.

Активно развивающиеся технологии 3D-моделирования и прототипирования позволяют расширить использование персонализированных навигационных шаблонов. Подавляющее большинство авторов сообщает о значительном повышении точности выполнения хирургических вмешательств, что улучшает результаты лечения детей с различной ортопедической патологией [27, 28]. В доступной литературе содержатся единичные сведения о применении навигационных шаблонов при выполнении периацетабулярной остеотомии таза (кадаверное исследование) и при хирургическом лечении переломов задней колонны таза [29, 30]. С помощью персонализированных навигационных шаблонов при выполнении усовершенствованной тройной остеотомии таза удалось провести точную многоплоскостную коррекцию положения вертлужной впадины, что подтверждают данные лучевых методов исследования. У пациентов основной группы, получавших хирургическое лечение по усовершенствованной методике, тройная остеотомия таза, кроме достижения адекватной коррекции положения диспластической вертлужной впадины и стабильности тазобедренного сустава, обеспечила достоверные изменения в состоянии сагиттальных позвоночно-тазовых соотношений ($p < 0,05$) в виде уменьшения значений анатомического показателя PI и, следовательно, показателя SS, что создало условия для уменьшения избыточной антеверзии таза. Так как угол наклона крестца достаточно сильно коррелирует с рентгенологическими показателями поясничного отдела позвоночника у всех пациентов основной группы исследования, последние приблизились к среднестатистическим значениям нормы для данной возрастной категории детей [31]. В результате хирургического вмешательства рентгенологические показатели состояния сагиттальных позвоночно-тазовых соотношений стали соответствовать II–III типам вертикальной осанки согласно классификации P. Roussoly (2003),

что считается гармоничным профилем и обеспечивает условия профилактики раннего развития остеохондроза поясничного отдела позвоночника у данной категории пациентов.

Заключение

Усовершенствованная методика реориентирующей тройной остеотомии таза с использованием персонализированных навигационных шаблонов позволяет осуществлять максимально точную многоплоскостную коррекцию вертлужной впадины, что обеспечивает не только воссоздание самого вертлужного компонента и стабильность тазобедренного сустава, но и условия для уменьшения антеверзии таза и восстановления сагиттального профиля позвоночника ($p < 0,05$) с формированием гармоничного типа вертикальной осанки. Результаты исследования свидетельствуют о необходимости включения в предоперационное планирование специализированного углубленного рентгенологического обследования детей с диспластическим подвывихом бедра с целью оценки состояния сагиттальных позвоночно-тазовых соотношений.

Дополнительная информация

Источник финансирования. Работа проведена в рамках выполнения Государственного задания Министерства здравоохранения Российской Федерации № АААА-А18-118122690158-2.

Конфликт интересов. Авторы декларируют отсутствие явного и потенциального конфликта интересов, связанного с публикацией настоящей статьи.

Этическая экспертиза. Проведение настоящего исследования обсуждено и одобрено этическим комитетом ФГБУ «НИДООИ им. Г.И. Турнера» Минздрава России (протокол № 2017/6 от 28.11.2017). Пациенты и их представители дали информированное согласие на участие в исследовании и публикацию персональных данных.

Вклад авторов

П.И. Бортулёв — разработка дизайна исследования. Написание всех разделов статьи. Сбор и анализ данных, анализ литературы, хирургическое лечение пациентов.

С.В. Виссарионов — разработка методологии исследования, формулировка цели, этапное и заключительное редактирование текста статьи.

В.Е. Басков — этапное редактирование статьи, хирургическое лечение пациентов.

Д.Б. Барсуков — сбор данных, хирургическое лечение пациентов.

И.Ю. Поздникин — сбор данных, хирургическое лечение пациентов.

М.С. Познович — проведение 3D-моделирования и прототипирования.

Литература

1. Сертакова А.В., Морозова О.Л., Рубашкин С.А., и др. Перспективы молекулярной диагностики дисплазии тазобедренных суставов у детей // Вестник Российской академии медицинских наук. – 2017. – Т. 72. – № 3. – С. 195–202. [Sertakova AV, Morozova OL, Rubashkin SA, et al. Challenges of molecular-based diagnosis developmental dysplasia of the hip in childhood. *Vestn Ross Akad Med Nauk*. 2017;72(3):195-202. (In Russ.)]. <https://doi.org/10.15690/vramn806>.
2. Баиндурашвили А.Г., Камоско М.М., Краснов А.И., и др. Дисплазия тазобедренных суставов (врожденный вывих, подвывих бедра) — диагностика и лечение у детей младшего возраста: Пособие для врачей. – СПб., 2011. – 36 с. [Baindurashvili AG, Kamosko MM, Krasnov AI, et al. *Displaziya tazobedrennykh sustavov (vrozhdennyy vyvikh, podvyvikh bedra) — diagnostika i lechenie u detey mladshego vozrasta. Posobie dlya vrachey*. Saint Petersburg; 2011. 36 p. (In Russ.)]
3. Бортулёв П.И., Виссарионов С.В., Басков В.Е., и др. Клинико-рентгенологические показатели позвоночно-тазовых соотношений у детей с диспластическим подвывихом бедра // Травматология и ортопедия России. – 2018. – Т. 24. – № 3. – С. 74–82. [Bortulev PI, Vissarionov SV, Baskov VE, et al. Clinical and roentgenological criteria of spine-pelvis ratios in children with dysplastic femur subluxation. *Travmatologiya i ortopediya Rossii*. 2018;24(3):74-82. (In Russ.)]. <https://doi.org/10.21823/2311-2905-2018-24-3-74-82>.
4. Pauwels F. Biomechanics of the normal and diseased hip: theoretical foundation, technique and results of treatment. Berlin: Springer; 1976.
5. Pemberton PA. Osteotomy of the ilium with rotation of the acetabular roof for congenital dislocation of the hip. *J Bone Jt Surg*. 1958;40(3):724-725.
6. Salter RB, Hansson G, Thompson GH. Innominate osteotomy in the management of residual congenital subluxation of the hip in young adults. *Clin Orthop Relat Res*. 1984(182):53-68.
7. Konya MN, Tuhanioglu U, Aslan A, et al. [A comparison of short-term clinical and radiological results of Tonnis and Steel pelvic osteotomies in patients with acetabular dysplasia]. *Eklemler Hastalik Cerrahisi*. 2013;24(2):96-101. <https://doi.org/10.5606/ehc.2013.22>.
8. Farsetti P, Caterini R, De Maio F, et al. Tonnis triple pelvic osteotomy for the management of late residual acetabular dysplasia: mid-term to long-term follow-up study of 54 patients. *J Pediatr Orthop B*. 2019;28(3):202-206. <https://doi.org/10.1097/BPB.0000000000000575>.
9. Li Y, Xu H, Slongo T, et al. Bernese-type triple pelvic osteotomy through a single incision in children over five years: a retrospective study of twenty eight cases. *Int Orthop*. 2018;42(12):2961-2968. <https://doi.org/10.1007/s00264-018-3946-3>.
10. Соколовский А.М. Хирургическая профилактика и лечение диспластического коксартроза: Автореф. дис. ... д-ра мед. наук. – Минск, 1984. [Sokolovskiy AM. *Khirurgicheskaya profilaktika i lechenie displasticheskogo koksartroza*. [dissertation] Minsk; 1984. (In Russ.)]
11. Соколовский О.А. Результаты тройной остеотомии таза при дисплазии тазобедренного сустава у подростков // Вестник Витебского государственного медицинского университета. – 2012. – Т. 11. – № 4. – С. 74–49. [Sokolovskiy O.A. *Rezultaty troynoy osteotomii taza pri displazii tazobedrennogo sustava u podrostkov*. *Vestnik VGMU*. 2012;11(4):74-49. (In Russ.)]
12. Поздникин Ю.И., Камоско М.М. Пути улучшения исходов лечения дисплазии тазобедренного сустава у детей // Актуальные вопросы детской травматологии и ортопедии. – СПб., 2005. – С. 239–247. [Pozdnikin YI, Kamosko MM. *Puti uluchsheniya iskhodov lecheniya displazii tazobedrennogo sustava u detey*. In: *Aktual'nye voprosy detskoj travmatologii i ortopedii*. Saint Petersburg; 2005. P. 239-247. (In Russ.)]
13. Hesarikia H, Rahimnia A, Emami Meybodi MK. Differences between male and female sagittal spinopelvic parameters and alignment in asymptomatic pediatric and young adults. *Minerva Ortopedica e traumatologica*. 2018;69(2):44-48.
14. Hasegawa K, Okamoto M, Hatsushikano S, et al. Normative values of spino-pelvic sagittal alignment, balance, age, and health-related quality of life in a cohort of healthy adult subjects. *Eur Spine J*. 2016;25(11):3675-3686. <https://doi.org/10.1007/s00586-016-4702-2>.
15. Mac-Thiong JM, Labelle H, Berthod E, et al. Sagittal spinopelvic balance in normal children and adolescents. *Eur Spine J*. 2007;16(2):227-234. <https://doi.org/10.1007/s00586-005-0013-8>.
16. Крутько А.В. Сагиттальный баланс. Гармония в формулах. – Новосибирск, 2016. [Krut'ko AV. *Sagittal'nyy balans. Garmoniya v formulakh*. Novosibirsk; 2016. (In Russ.)]
17. Камоско М.М., Баиндурашвили А.Г. Диспластический коксартроз у детей и подростков (клиника, патогенез, хирургическое лечение). – СПб., 2010. [Kamosko MM, Baindurashvili AG. *Displasticheskij koksartroz u detey i podrostkov (klinika, patogenez, khirurgicheskoe lechenie)*. Saint Petersburg; 2010. (In Russ.)]
18. Бортулёва О.В., Басков В.Е., Бортулёв П.И., и др. Реабилитация подростков после хирургического лечения диспластического коксартроза // Ортопедия, травматология и восстановительная хирургия детского возраста. – 2018. – Т. 6. – № 1. – С. 45–50. [Bortuleva OV, Baskov VE, Bortulev PI, et al. *Rehabilitation of adolescents after surgical treatment of dysplastic coxarthrosis*. *Pediatric traumatology, orthopaedics and reconstructive surgery*. 2018;6(1):45-50. (In Russ.)]. <https://doi.org/10.17816/PTORS6145-50>.

19. Продан А.И., Радченко В.А., Хвисяк А.Н., Куценко В.А. Закономерности формирования вертикальной осанки и параметров сагиттального позвоночно-тазового баланса у пациентов с хронической лумбалгией и люмбоишиалгией // Хирургия позвоночника. – 2006. – № 4. – С. 61–69. [Prodan AI, Radchenko VA, Khvisyuk AN, Kutsenko VA. Mechanism of vertical posture formation and parameters of sagittal spinopelvic balance in patients with chronic low back pain and sciatica. *Spine surgery*. 2006;(4):61-69. (In Russ.)]
20. Мироевский Ф.В. Особенности позвоночно-тазовых взаимоотношений у больных с коксовертебральным синдромом (клинико-рентгенологическое исследование): Автореф. дис. ... канд. мед. наук. – СПб., 2015. [Miroevskiy FV. Osobennosti pozvonochno-tazovykh vzaimootnosheniy u bol'nykh s kokso-vertebral'nyim sindromom (kliniko-rentgenologicheskoe issledovanie). [dissertation] Saint Petersburg; 2015. (In Russ.)]
21. Le Huec JC, Roussouly P. Sagittal spino-pelvic balance is a crucial analysis for normal and degenerative spine. *Eur Spine J*. 2011;20 Suppl 5:556-557. <https://doi.org/10.1007/s00586-011-1943-y>.
22. Продан А.И., Хвисяк А.Н. Корреляция параметров сагиттального позвоночно-тазового баланса и дегенеративных изменений нижнепоясничных позвоночных сегментов // Хирургия позвоночника. – 2007. – № 1. – С. 44–51. [Prodan AI, Khvisyuk AN. Correlation between sagittal spinopelvic balance parameters and degenerative changes of the lower lumbar spinal segments. *Spine surgery*. 2007;(1):44-51. (In Russ.)]
23. Аверкиев В.А., Кудяшев А.Л., Артюх В.А., и др. Особенности сагиттальных позвоночно-тазовых взаимоотношений у пациентов с коксовертебральным синдромом // Хирургия позвоночника. – 2012. – № 4. – С. 49–54. [Averkiev VA, Kudyashev AL, Artyukh VA, et al. Features of spino-pelvic realtions in patients with hip-spine syndrome. *Spine surgery*. 2012;(4):49-54. (In Russ.)]
24. Fukushima K, Miyagi M, Inoue G, et al. Relationship between spinal sagittal alignment and acetabular coverage: a patient-matched control study. *Arch Orthop Trauma Surg*. 2018;138(11):1495-1499. <https://doi.org/10.1007/s00402-018-2992-z>.
25. Murray KJ, Le Grande MR, Ortega de Mues A, Azari MF. Characterisation of the correlation between standing lordosis and degenerative joint disease in the lower lumbar spine in women and men: a radiographic study. *BMC Musculoskelet Disord*. 2017;18(1):330. <https://doi.org/10.1186/s12891-017-1696-9>.
26. Sorensen CJ, Norton BJ, Callaghan JP, et al. Is lumbar lordosis related to low back pain development during prolonged standing? *Man Ther*. 2015;20(4):553-557. <https://doi.org/10.1016/j.math.2015.01.001>.
27. Басков В.Е., Баиндурашвили А.Г., Филиппова А.В., и др. Планирование корригирующей остеотомии бедренной кости с использованием 3D-моделирования. Часть II // Ортопедия, травматология и восстановительная хирургия детского возраста. – 2017. – Т. 5. – № 3. – С. 74–79. [Baskov VE, Baindurashvili AG, Filippova AV, et al. Planning corrective osteotomy of the femoral bone using three-dimensional modeling. Part II. *Pediatric traumatology, orthopaedics and reconstructive surgery*. 2017;5(3):74-79. (In Russ.)]. <https://doi.org/10.17816/PTORS5374-79>.
28. Zheng P, Xu P, Yao Q, et al. 3D-printed navigation template in proximal femoral osteotomy for older children with developmental dysplasia of the hip. *Sci Rep*. 2017;7:44993. <https://doi.org/10.1038/srep44993>.
29. Zhou Y, Kang X, Li C, et al. Application of a 3-dimensional printed navigation template in Bernese periacetabular osteotomies: A cadaveric study. *Medicine (Baltimore)*. 2016;95(50):e5557. <https://doi.org/10.1097/MD.0000000000005557>.
30. Chen H, Wang G, Li R, et al. A novel navigation template for fixation of acetabular posterior column fractures with antegrade lag screws: design and application. *Int Orthop*. 2016;40(4):827-834. <https://doi.org/10.1007/s00264-015-2813-8>.
31. Shefi S, Soudack M, Konen E, Been E. Development of the lumbar lordotic curvature in children from age 2 to 20 years. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2013;38(10):E602-608. <https://doi.org/10.1097/BRS.0b013e31828b666b>.

Сведения об авторах

Павел Игоревич Бортулёв — научный сотрудник отделения патологии тазобедренного сустава ФГБУ «НИДОИ им. Г.И. Турнера» Минздрава России, Санкт-Петербург. <https://orcid.org/0000-0003-4931-2817>. E-mail: pavel.bortulev@yandex.ru.

Сергей Валентинович Виссарионов — д-р мед. наук, профессор, заместитель директора по научной и учебной работе, руководитель отделения патологии позвоночника и нейрохирургии ФГБУ «НИДОИ им. Г.И. Турнера» Минздрава России, Санкт-Петербург; профессор кафедры детской травматологии и ортопедии ФГБОУ ВО «Северо-Западный государственный медицинский университет им. И.И. Мечникова» Минздрава России, Санкт-Петербург. <https://orcid.org/0000-0003-4235-5048>. E-mail: vissarionovs@gmail.com.

Pavel I. Bortulev — MD, Research Associate of the Department of Hip Pathology. The Turner Scientific Research Institute for Children's Orthopedics, Saint Petersburg, Russia. <https://orcid.org/0000-0003-4931-2817>. E-mail: pavel.bortulev@yandex.ru.

Sergei V. Vissarionov — MD, PhD, D.Sc., Professor, Deputy Director for Science, Head of the Department of Spinal Pathology and Neurosurgery. The Turner Scientific Research Institute for Children's Orthopedics; Professor of the Chair of Pediatric Traumatology and Orthopedics. North-Western State Medical University named after I.I. Mechnikov, Saint Petersburg, Russia. <https://orcid.org/0000-0003-4235-5048>. E-mail: vissarionovs@gmail.com.

Владимир Евгеньевич Басков — канд. мед. наук, руководитель отделения патологии тазобедренного сустава ФГБУ «НИДОИ им. Г.И. Турнера» Минздрава России, Санкт-Петербург. <https://orcid.org/0000-0003-0647-412X>. E-mail: dr.baskov@mail.ru.

Дмитрий Борисович Барсуков — канд. мед. наук, старший научный сотрудник отделения патологии тазобедренного сустава ФГБУ «НИДОИ им. Г.И. Турнера» Минздрава России, Санкт-Петербург. <https://orcid.org/0000-0002-9084-5634>. E-mail: dbbarsukov@gmail.com.

Иван Юрьевич Поздник — канд. мед. наук, научный сотрудник отделения патологии тазобедренного сустава ФГБУ «НИДОИ им. Г.И. Турнера» Минздрава России, Санкт-Петербург. <https://orcid.org/0000-0002-7026-1586>. E-mail: pozdnik@gmail.com.

Махмуд Станиславович Познович — научный сотрудник Генетической лаборатории Центра редких и наследственных заболеваний у детей и нейрохирургии ФГБУ «НИДОИ им. Г.И. Турнера» Минздрава России, Санкт-Петербург. <https://orcid.org/0000-0003-2534-9252>. E-mail: poznovich@bk.ru.

Vladimir E. Baskov — MD, PhD, Head of the Department of Hip Pathology. The Turner Scientific Research Institute for Children's Orthopedics, Saint Petersburg, Russia. <https://orcid.org/0000-0003-0647-412X>. E-mail: dr.baskov@mail.ru.

Dmitriy B. Barsukov — MD, PhD, Senior Research Associate of the Department of Hip Pathology. The Turner Scientific Research Institute for Children's Orthopedics, Saint Petersburg, Russia. <https://orcid.org/0000-0002-9084-5634>. E-mail: dbbarsukov@gmail.com.

Ivan Y. Pozdnik — MD, PhD, Research Associate of the Department of Hip Pathology. The Turner Scientific Research Institute for Children's Orthopedics, Saint Petersburg, Russia. <https://orcid.org/0000-0002-7026-1586>. E-mail: pozdnik@gmail.com.

Mahmud S. Poznovich — MD, Research Associate of the Genetic Laboratory of the Center for Rare and Hereditary Diseases in Children and Neurosurgery. The Turner Scientific Research Institute for Children's Orthopedics, Saint Petersburg, Russia. <https://orcid.org/0000-0003-2534-9252>. E-mail: poznovich@bk.ru.