

© КОЛЛЕКТИВ АВТОРОВ, 2024
УДК 617-089.844

Челпаченко О.Б.^{1,2}, Плотников А.П.², Бутенко А.С.¹, Пимбурский И.П.¹, Жердев К.В.¹, Зубков П.А.¹

Хирургическая коррекция Hip-spine синдрома у ребёнка с мукополисахаридозом IVb типа: 10-летнее катamnестическое наблюдение

¹ФГАУ «Национальный медицинский исследовательский центр здоровья детей» Минздрава России, 119991, Москва, Россия;
²ГБУЗ «НИИ неотложной детской хирургии и травматологии» Департамента здравоохранения Москвы, 119180, Москва, Россия

Резюме

Актуальность. У больных с сочетанной патологией позвоночника и тазобедренных суставов (ТБС) нарушения анатомических и рентгеновских параметров баланса туловища приводят к развитию выраженного болевого синдрома, уменьшают толерантность к физическим нагрузкам и снижают качество жизни. Реализация компенсаторных механизмов при hip-spine синдроме имеет особенности в зависимости от преобладания патологического процесса (суставы, позвоночник), что необходимо учитывать при анализе дисбаланса туловища. Коррекция сагиттального дисбаланса туловища приобретает особенную актуальность для данной группы больных.

Цель: представить описание оперативного лечения и длительного катamnестического наблюдения за больной с hip-spine синдромом.

Результаты. По результатам оперативного лечения был устранён сагиттальный дисбаланс позвоночника, купирован болевой синдром, восстановлено самостоятельное передвижение пациентки без использования вспомогательных приспособлений (ходунки).

Заключение. При сочетанной патологии ТБС и позвоночника и невозможности выполнения эндопротезирования ТБС для коррекции сагиттального дисбаланса туловища возможен нестандартный подход в виде выполнения корригирующей остеотомии поясничного отдела позвоночника для улучшения прогноза и качества жизни больных.

Ключевые слова: дети; кифосколиоз; остеотомия; сагиттальный дисбаланс туловища

Для цитирования: Челпаченко О.Б., Плотников А.П., Бутенко А.С., Пимбурский И.П., Жердев К.В., Зубков П.А. Хирургическая коррекция Hip-spine синдрома у ребёнка с мукополисахаридозом IVb типа: 10-летнее катamnестическое наблюдение. *Российский педиатрический журнал*. 2024; 27(6): 457–464.
https://doi.org/10.46563/1560-9561-2024-27-6-457-464 https://elibrary.ru/sqcfoa

Для корреспонденции: Челпаченко Олег Борисович, доктор мед. наук, гл. науч. сотр. лаб. научных основ нейроортопедии и ортопедии, проф. каф. детской хирургии с курсом анестезиологии и реанимации, врач травматолог-ортопед нейроортопедического отделения с ортопедией ФГАУ «НМИЦ здоровья детей» Минздрава России; руководитель отдела травматологии и медицины катастроф, врач травматолог-ортопед консультативно-диагностического отделения, ст. преподаватель учебно-методического отдела ГБУЗ «НИИ неотложной детской хирургии и травматологии» ДЗМ, chelpachenko81@mail.ru

Участие авторов: Челпаченко О.Б. — концепция, определение тактики хирургического лечения и выполнение операций, написание текста, редактирование; Плотников А.П., Челпаченко О.Б., Бутенко А.С., Пимбурский И.П. — сбор и обработка материала, написание текста. Все соавторы — утверждение окончательного варианта статьи, ответственность за целостность всех частей статьи.

Финансирование. Исследование не имело финансовой поддержки.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Поступила 22.11.2024
Принята к печати 06.12.2024
Опубликована 25.12.2024

Oleg B. Chelpachenko^{1,2}, Aleksandr P. Plotnikov², Andrey S. Butenko¹, Ivan P. Pimbursky¹, Konstantin V. Zherdev¹, Pavel A. Zubkov¹

Surgical correction of Hip-spine syndrome in a child with mucopolysaccharidosis type IVb: 10 years follow-up

¹National Medical Research Center for Children's Health, Moscow, 119991, Russian Federation;

²Research Institute of Emergency Children's Surgery and Traumatology, Moscow, 119180, Russian Federation

Summary

Relevance. According to the results of surgical treatment, the sagittal imbalance of the spine was eliminated, the pain syndrome was stopped, and the patient's independent movement was restored without the use of auxiliary devices (walkers).

Results. In patients with combined pathology of the spine and hip joints, violations of the X-ray anatomical indices of the trunk balance lead to the development of severe pain syndrome, reduces exercise tolerance, and the quality of life. Correction of sagittal imbalance of the trunk becomes particularly relevant in this group of patients.

Conclusion. If it is impossible to perform hip replacement to correct sagittal imbalance of the trunk in patients with combined pathology of the hip joint and spine corrective osteotomy of the lumbar spine is a non-standard treatment method, is potent of improving prognosis and quality of life in patients.

Keywords: children; kyphoscoliosis; osteotomy; sagittal disbalance

For citation: Chelpachenko O.B., Plotnikov A.P., Butenko A.S., Pimbursky I.P., Zherdev K.V., Zubkov P.A. Surgical correction of Hip-spine syndrome in a child with mucopolysaccharidosis type IVb: 10 years follow-up. *Rossiyskiy Pediatricheskii zhurnal (Russian Pediatric Journal)*. 2024; 27(6): 457–464. (In Russian). <https://doi.org/10.46563/1560-9561-2024-27-6-457-464> <https://elibrary.ru/sqcfoa>

For correspondence: *Oleg B. Chelpachenko*, MD, PhD, chief researcher of the Laboratory of scientific foundations of neuroorthopedics and orthopedics, prof. of the Department of pediatric surgery with a course in anesthesiology and resuscitation, traumatologist-orthopedist of the Neuroorthopedic department with orthopedics of the National Medical Research Center for Children's Health, Moscow, 119991, Russian Federation; Head of the Department of traumatology and disaster medicine, traumatologist-orthopedist of the Consultative and diagnostic department, senior lecturer at the Educational and methodological department of the Research Institute of Emergency Pediatric Surgery and Traumatology, Moscow, 119180, Russian Federation, chelpachenko81@mail.ru

Contribution: Chelpachenko O.B. — concept and design of the study, statistical processing of the material, editing the text; Chelpachenko O.B., Butenko A.S., Pimbursky I.P. — collection and processing of the material; Plotnikov A.P. — writing the text. All co-authors — approval of the final version of the article, responsibility for the integrity of all parts of the article.

Information about the authors:

Chelpachenko O.B., <https://orcid.org/0000-0002-0333-3105>
Plotnikov A.P., <https://orcid.org/0009-0004-0919-9092>
Butenko A.S., <https://orcid.org/0000-0002-7542-8218>
Pimbursky I.P., <https://orcid.org/0009-0002-5274-3941>
Zherdev K.V., <https://orcid.org/0000-0003-3698-6011>
Zubkov P.A., <https://orcid.org/0000-0001-9408-8004>

Acknowledgment. The study had no sponsorship.

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

Received: November 22, 2024

Accepted: December 06, 2024

Published: December 25, 2024

Введение

Самыми частыми причинами сагиттального дисбаланса туловища являются деформации позвоночника и контрактуры тазобедренных суставов (ТБС) в сочетании с недостаточной величиной поясничного лордоза [1–4]. Hip-spine syndrome (HSS) — сочетанная патология ТБС и поясничного отдела позвоночника. У больных может развиваться то, что лучше всего называется вторичным HSS, при котором повреждения ТБС и позвоночника взаимосвязаны. Патологический процесс в ТБС может привести к сгибательной контрактуре. Обычно это сопровождается наклоном таза кпереди и поясничным гиперлордозом, что, в свою очередь, приводит к подвывиху задних фасеток и провоцирует болевой синдром. В таких случаях симптомы, вызванные нарушениями в позвоночнике, являются вторичными по отношению к патологии бедра. И наоборот, деформация поясничного отдела позвоночника приводит к формированию наклона таза, в результате чего головка бедренной кости децентрируется по отношению к вертлужной впадине, что приводит к быстрому прогрессированию дегенеративно-дистрофического процесса в ТБС [5]. Оперативное лечение больных с HSS представляет значительные трудности, обусловленные необходимостью принятия решения о первичной хирургической коррекции патологии ТБС или деформации позвоночника. HSS у детей чаще всего связан с системными наследственными заболеваниями скелета. Одним из таких заболеваний является мукополисахаридоз (МПС) IV типа, который часто ошибочно принимают за спондилоэпифизарную дисплазию. Обе эти формы патологии сопровождаются поражением позвоночника и ТБС и имеют идентичную рентгеновскую картину. МПС — группа наследственных болезней накопления, связанных с нарушением метаболизма гликозаминогликанов. Они определяются мутациями генов, контролирующих процесс лизосомного гидролиза макромолекул. МПС IV типа — наследственная болезнь накопления, обусловленная дефицитом

лизосомных гидролаз: галактозамин-6-сульфат-сульфатазы (МПС IVA) или β -галактозидазы (МПС IVB), обусловлена отложением в соединительной ткани кератансульфата и характеризуется значительной деформацией скелета и отставанием в росте [6, 7]. В свою очередь, врожденная спондилоэпифизарная дисплазия — одно из заболеваний скелета, вызываемое мутациями в гене *COL2A1*. Мутации этого гена нарушают сборку молекул коллагена II типа, что препятствует нормальному развитию костей и вызывает симптомы этой болезни [7, 8]. Оперативное лечение больных с HSS является достаточно сложной задачей, своевременное решение которой относительно тактики хирургической коррекции определяет прогноз двигательных возможностей таких больных.

Описание клинического случая

Больная С., 9 лет, больна с рождения, первично поступила в психоневрологическое отделение с диагнозом: Спондилоэпифизарная дисплазия. Трисомия XXX (по данным молекулярно-генетического обследования по месту жительства). Наследственная полинейропатия, дизартрия, задержка речевого развития, логоневроз. Тораколюмбалгии. При обследовании была проконсультирована ортопедом. По данным клинической и рентгеновской картины был поставлен диагноз: Локальная кифотическая деформация на уровне грудопоясничного перехода Th12–L1 позвонков (34° по Cobb) на фоне гипоплазии тела L1 позвонка, стеноз позвоночного канала (до 35%, обусловленный смещением Th12 позвонка кпереди по отношению к L1), левосторонний грудопоясничный сколиоз (28° по Cobb), болевой синдром. Мобильность деформации, по данным функциональных проб и теста Риссера, свидетельствовала о высоком потенциале её прогрессирования. При осмотре больная передвигалась самостоятельно нейропатической походкой без дополнительных средств опоры. Боли в грудопоясничном переходе отмечались при наклонах туловища. При паль-

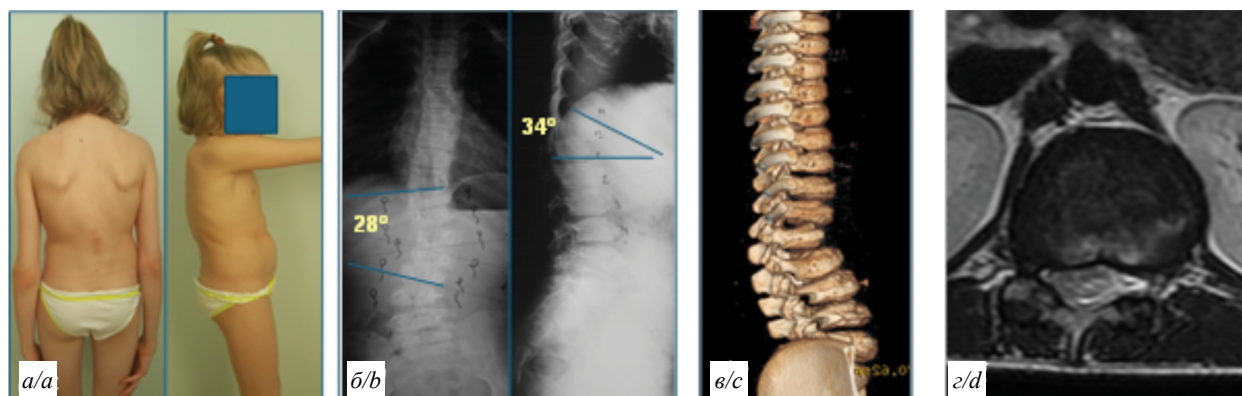


Рис. 1. Внешний вид (а), рентгенограммы (б), компьютерная 3D-томография (в), МРТ до лечения в 2014 г. (г).

Угол сколиотической дуги по Cobb — 28°, вершиной дуги является Th12 позвонок, отмечаются торсия и ротация вершинного позвонка. По данным боковых спондилограмм определяется сегментарная кифотическая деформация на уровне сегмента Th12–L1 величиной 34° с признаками смещения Th12 позвонка кпереди.

Fig. 1. Appearance (a), radiographs (b), 3D computed tomography (c), MRI before treatment over 2014 (d).

The angle of the Cobb scoliotic arch is 28°, the apex of the arch is located at the level of the Th12 vertebra. Torsion and rotation of the vertebra are observed. According to lateral spondylograms, there is detected a segmental kyphotic deformation of 34° at the level of the Th12–L1 segment with signs of a displacement of the Th12 vertebra anteriorly.

пации паравертебральных точек и по линии остистых отростков в проекции грудопоясничного перехода отмечался выраженный болевой синдром (**рис. 1**).

Было выполнено оперативное вмешательство: транспедикулярная фиксация Th10–L4, G2-остеотомия на уровне Th12–L1 позвонков с коррекцией локальной кифотической деформации под контролем нейрофизиологического нейромониторинга [9]. Болевой синдром купирован, достигнута полная коррекция деформации (до 0°) грудопоясничного перехода (**рис. 2**). Послеоперационный период протекал без осложнений. Больная в удовлетворительном состоянии была выписана домой под наблюдение ортопеда. При осмотре через год после операции передвигалась самостоятельно без дополнительных средств опоры.

С июня 2016 г. у больной появились жалобы на нарушение походки (стала хромать на правую ногу, нарушения походки носили преходящий характер), нарастание болевого синдрома в правой нижней конечности, формирование сгибательной установки в правом ТБС и коленном суставе. Больная перестала ходить самостоятельно, стала использовать в качестве дополнительной опоры ходунки. Проводилась внутрисуставная блокада ТБС нарпином и дипроспаном с временным положительным эффектом. По месту жительства получала курсы восстановительного лечения с незначительным эффектом. Через 2 года были выполнены контрольные рентгенограммы позвоночника и ТБС. Установлена полная коррекция локальной кифотической деформации грудопоясничного перехода, однако выявлена резорбция костной ткани вокруг дистальных винтов. Девочка за год выросла на 4 см, при этом отмечена выраженная отрицательная динамика со стороны ТБС в виде разрушения головок бедренных костей. В связи с этим 17.11.2016 был выполнен частичный перемонтаж металлоконструкции с пролонгацией транспедикулярной фиксации до L5 позвонка. Далее отмечено стремительное прогрессирование сгибательно-приводящих контрактур ТБС на фоне разрушения головок бедренных костей и формирования патологического вывиха бедер (**рис. 3**) [5].

Прогрессирование контрактур ТБС, появление компенсаторных сгибательных установок в коленных суставах, стойкий болевой синдром в ТБС способствовали формированию позитивного сагиттального дисбаланса туловища (его наклон кпереди) (**рис. 4**).

Рентгеновская оценка состояния сагиттального баланса туловища показана на **рис. 5**, на котором видно смещение SVA на 15 см кпереди.

Таким образом, в 2018 г. у больной сформировались стойкий сагиттальный дисбаланс туловища, выраженный болевой синдром в ТБС. Больная стала передвигаться с дополнительной опорой на ходунки в пределах помещения, остальное время передвигалась на сиденье кресла-каталки. Учитывая клинко-рентгеновскую картину, наличие прогрессирующего сагиттального дисбаланса туловища за счёт сгибательной контрактуры ТБС; неукратительность контрактур ТБС; из-за открытых Y-образных хрящей, необходимость непрерывной реабилитации и сохранения способности вертикального самостоятельного передвижения (опасность утраты этой способности обусловлена прогрессирующей слабостью мышц при условии выраженного сагиттального дисбаланса); перспективность в отношении выполнения эндопротезирования ТБС в будущем (сохранность полного разгибания в коленных суставах, сохранность мышц нижних конечностей), а также нецелесообразность выполнения реконструктивных вмешательств на уровне ТБС (например: разгибательных остеотомий на уровне бедер) из-за риска создания неблагоприятных условий для будущего эндопротезирования ТБС (по данным консультации эндопротезистов) [10–12], высокую комплаентность пациентки и её родителей, нами принято решение о необходимости выполнения разгибательной корригирующей вертебротомии на уровне поясничного отдела позвоночника для восстановления сагиттального баланса туловища и способности к самостоятельному передвижению, согласно предоперационному планированию.

Значимым является способ коррекции сагиттального дисбаланса позвоночника, включающий клиновидную

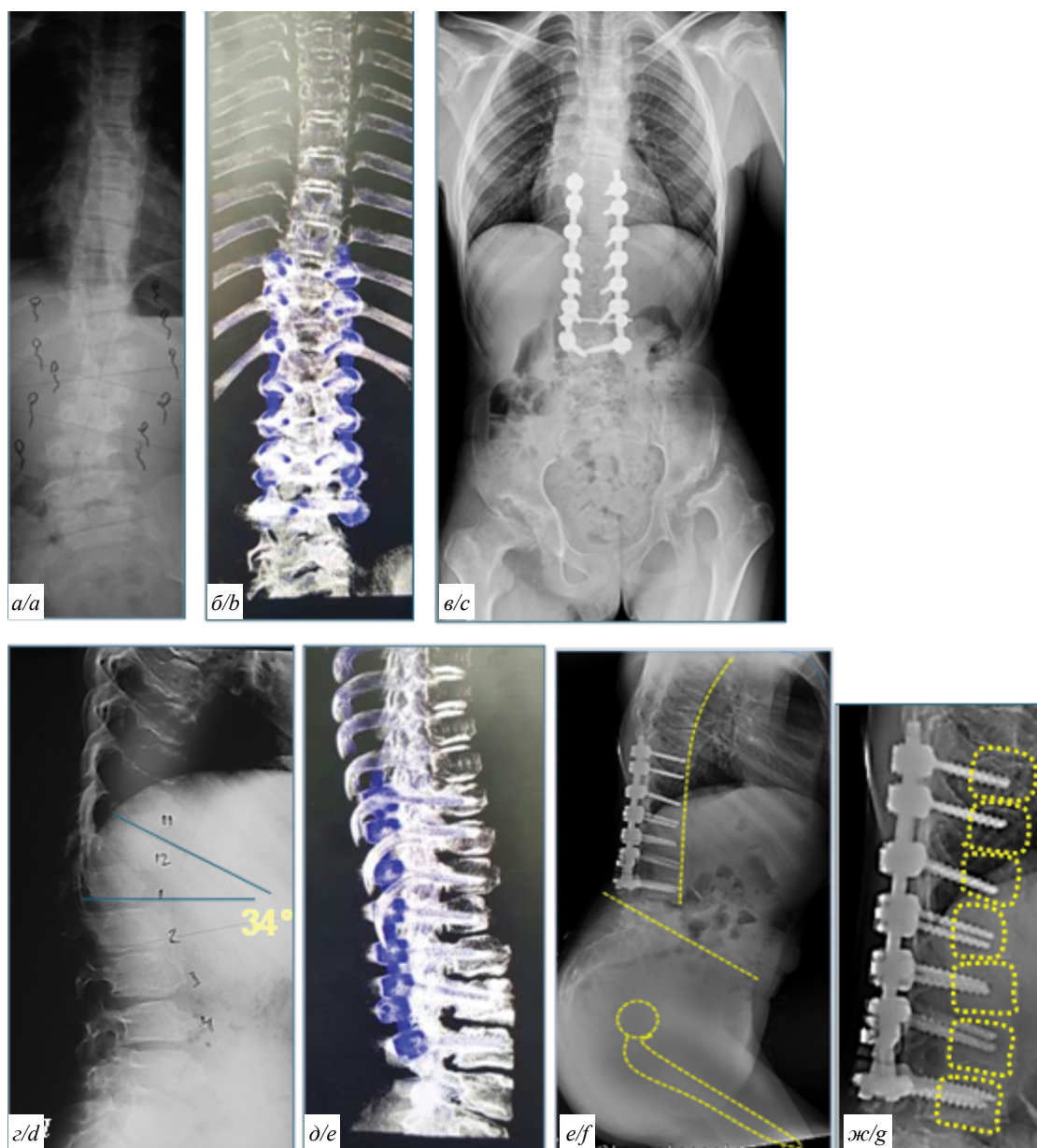


Рис. 2. Рентгенограммы больной в динамике: до (а, г), через 1 год (б, д), через 3 года (в, е, ж) после первичного оперативного вмешательства.

Fig. 2. Radiographs of the patient over time: before surgery (a, d), one year (b, e), 3 years after surgery (c, f, g).



Рис. 3. Отрицательная рентгеновская динамика поражения ТБС: 2014 г. (а), 2017 г. (б), 2018 г. (в).

Отмечается прогрессирующее разрушение головок бедренных костей с формированием патологического вывиха бедер.

Fig. 3. Adverse X-ray course of the hip joint damage: 2014 (a), 2017 (b), 2018 (c).

Progressive destruction of the femoral heads with the formation of pathological hip dislocation is noted.

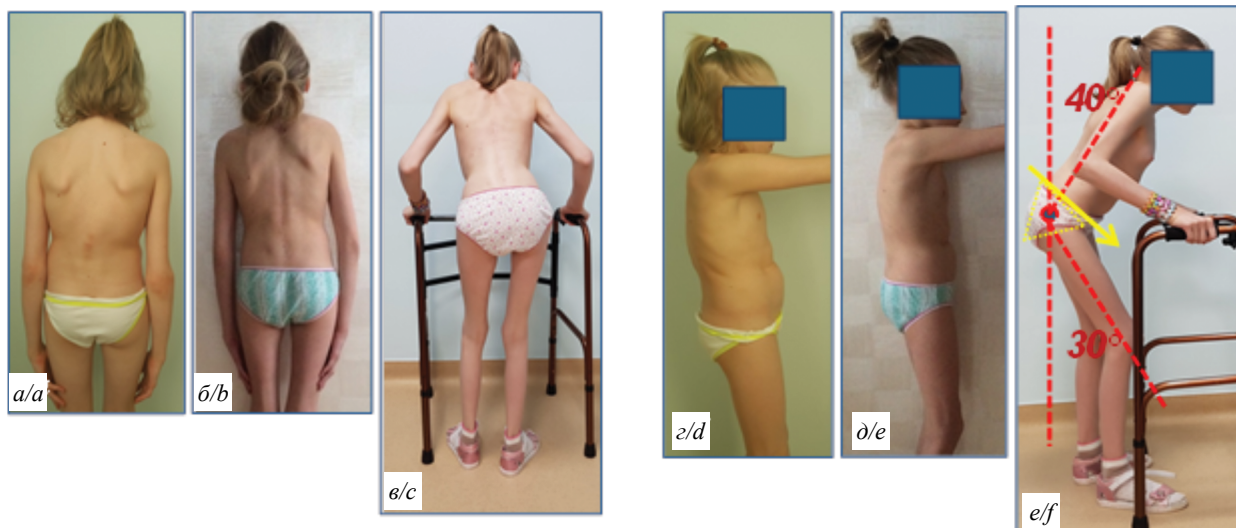


Рис. 4. Формирование сагиттального дисбаланса туловища в динамике: 2014 г. (а, с), 2016 г. (б, д), 2018 г. (е, е).
Fig. 4. The formation of sagittal imbalance of the trunk: 2014 (a, d), 2016 (b, e), 2018 (c, f).

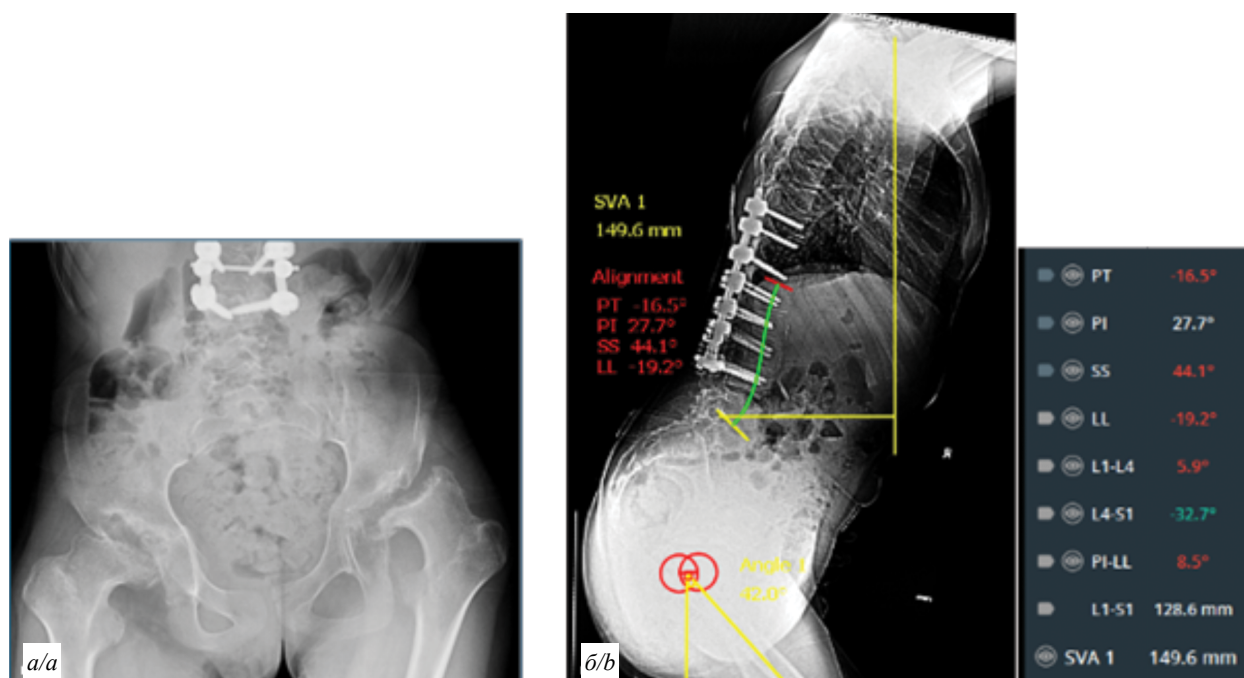


Рис. 5. Рентгеновская оценка поражения ТБС (а) и сагиттального дисбаланса туловища (б) при госпитализации в 2018 г.
Fig. 5. X-ray assessment of the hip joint damage (a) and sagittal imbalance of the trunk (b) at the time of hospitalization in 2018.

остеотомию L4 позвонка (G4 по F. Schwab), коррекцию деформации и фиксацию позвонков с помощью транспедикулярной системы. Объём клиновидной резекции позвонка рассчитывали так, чтобы достичь равновесного состояния суммы всех изгибов позвоночника, при котором в положении стоя линия, проведённая через центр тела C7 позвонка и центр диска L5–S1, была параллельна линии отвеса, что необходимо для коррекции сагиттального дисбаланса туловища.

Операция была начата с выполнения G2-остеотомий на всем протяжении планируемой металлофиксации. Основной объём клиновидной резекции тела L4 позвонка выполняли закрыто, до ламинэктомии и обнажения задней стенки резецируемого тела позвонка, путём ультразву-

вуковой деструкции губчатой кости билатерально через транспедикулярные доступы под контролем электронного оптического преобразователя. Объём резекции тела был расширен за счёт резекции верхней замыкательной пластинки резецируемого тела позвонка и тотальной дискэктомии. Далее были выполнены ламинэктомия, резекция корней дуг позвонков, обнажение и остеотомия задней и боковых стенок тела резецируемого позвонка с применением ультразвукового костного скальпеля. Затем была сделана парциальная резекция дуг выше- и ниже-расположенных позвонков для профилактики гофрирования дурального мешка при смыкании зоны остеотомии позвоночника за счёт контракции на транспедикулярные фиксирующие винты. При постепенном разгибании по-



Рис. 6. Динамика данных лучевых методов исследования (а–в, е, ж).

Внешний вид больной до (д) и после (е) хирургической коррекции баланса туловища.

Fig. 6. The data trend from radiation research methods of evaluation (a–c, f, g).

The patient's appearance before (d) and after (e) surgical correction of the trunk balance.

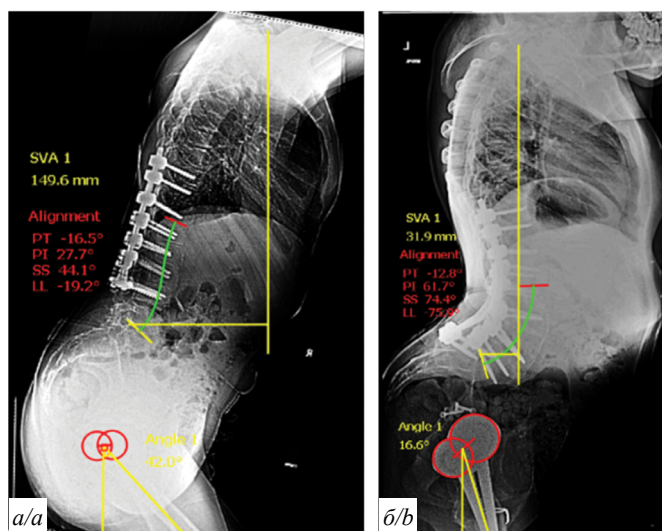


Рис. 7. Изменения рентгеновских ангулометрических параметров на постуральных рентгенограммах до (а) и после (б)педикулярной субтракционной остеотомии.

Fig. 7. Changes in X-ray angulometric parameters at postural radiographs before (a) and after (b) pedicular subtraction osteotomy.

ясничного отдела позвоночника на операционном столе края сформированного дефекта сомкнулись, была достигнута коррекция деформации за счёт укорочения задней опорной колонны позвоночника при сохранённой высоте передней колонны [13–16]. Смыкание остеотомического дефекта выполняли под контролем транскраниально вызванных моторных потенциалов для обеспечения неврологической безопасности на этапе коррекции деформации позвоночника. Непрерывно по ходу разгибания поясничного отдела позвоночника визуально контролировали состояние дурального мешка и корешков спинного мозга в зоне остеотомического дефекта для предотвращения их компрессии.

После этого в установленные ранее транспедикулярные винты в тела позвонков выше и ниже уровня остеотомии уложили предварительно отмоделированные стержни, далее произвели окончательную фиксацию поясничного отдела позвоночника с включением в зону спондилодеза крыльев подвздошных костей. Учитывая высокую степень мобилизации позвоночника в ходе выполняемой вертебротомии, необходимо применять мультистержневую компоновку металлоконструкций.

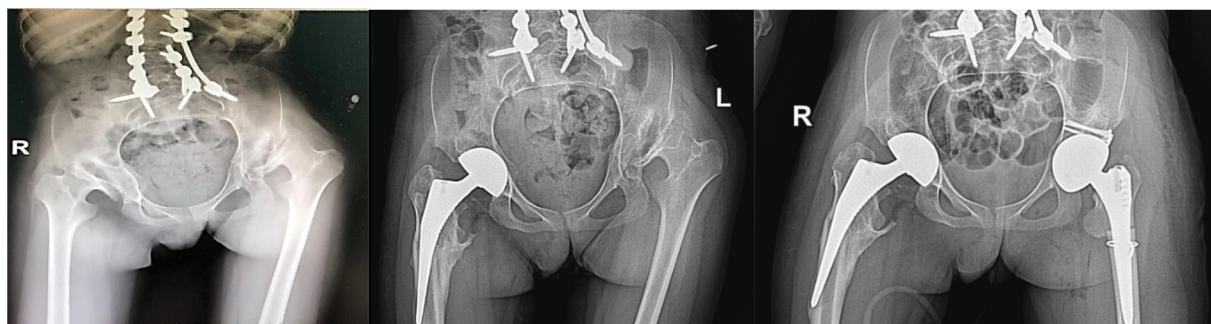


Рис. 8. Изменения рентгенограмм у больной с 2020 по 2021 г.: поочередное эндопротезирование ТБС.

Fig. 8. X-ray changes in a patient from 2020 to 2021: alternate hip replacement.

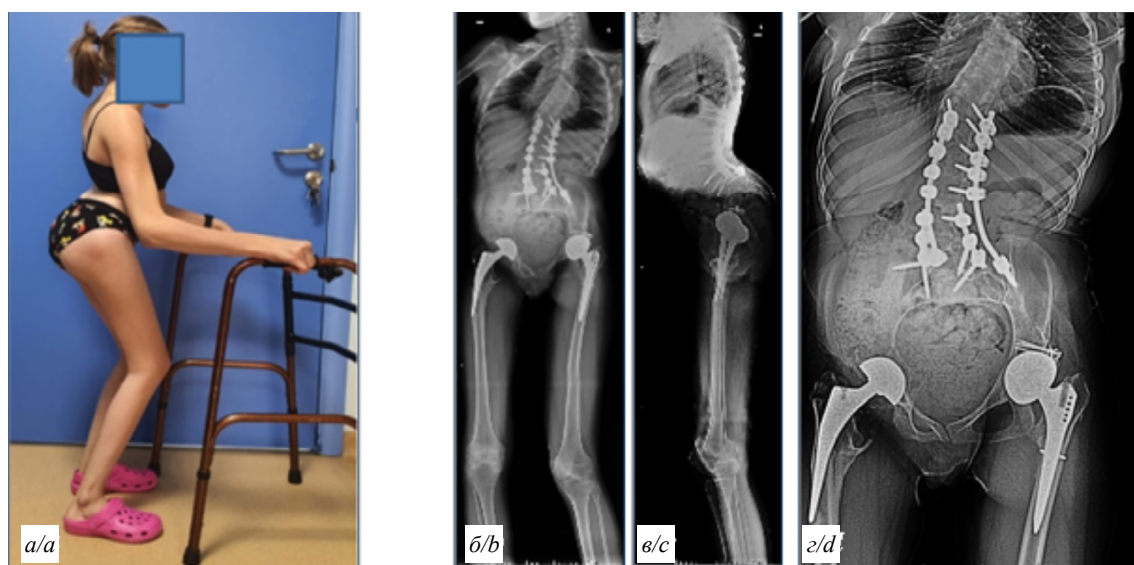


Рис. 9. Вид больной (а) и постуральные рентгенограммы через 6 мес после эндопротезирования ТБС с двух сторон (б–д).

Fig. 9. Patient's appearance (a) and postural radiographs 6 months after TBS endoprosthesis from both sides (b–d).

Снижение рисков хирургической коррекции сагиттального дисбаланса туловища у детей достигается за счёт применения ультразвукового костного скальпеля «Misonix» и интраоперационного нейрофизиологического мониторинга [9], что сопровождается снижением интраоперационной кровопотери и риска неврологических осложнений [17]. Данные лучевых методов исследования — компьютерной томографии (КТ) и рентгенографии, а также внешний вид больной до и после хирургической коррекции дисбаланса туловища представлены на **рис. 6**.

Несмотря на первичность патологии ТБС при HSS у больной, для коррекции сагиттального дисбаланса туловища нами выполнена разгибательная остеотомия поясничного отдела позвоночника. В данном случае причиной отказа от тотального эндопротезирования ТБС было наличие открытых зон роста [10–12]. Дорсальная коррекция и фиксация пояснично-крестцового отдела позвоночника с декомпрессией позвоночного канала с задней клиновидной резекцией L4 позвонка (педикулярная субтракционная остеотомия 4-го типа по Shwab) позволили компенсировать сагиттальный дисбаланс до момента закрытия зон роста, тем самым удалось сохранить способность больной к вертикальному передвижению. Изменения рентгеновских ангулометрических па-

раметров на постуральных рентгенограммах до и после педикулярной субтракционной остеотомии представлены на **рис. 7**.

Через 2 года после закрытия зон роста вертлужных впадин (в августе 2020 г.) больной было проведено тотальное эндопротезирование правого ТБС. В межгоспитальный период она получала курсы лечебной физкультуры, массаж, направленный на укрепление мышц нижних конечностей. На фоне активно проводимых курсов реабилитации произошёл перипротезный перелом бедренной кости, который сразу не был диагностирован. При проведении контрольного КТ-исследования ТБС было отмечено наличие перипротезного перелома правой бедренной кости. Проведено консервативное лечение. По данным КТ в динамике отмечено формирование костной мозоли в зоне перелома, признаков нестабильности эндопротеза не отмечено. Больная ходила с полной нагрузкой на оперированную конечность. В мае 2021 г. выполнены тотальное эндопротезирование левого ТБС, укорачивающая остеотомия левой бедренной кости на ножке эндопротеза и ацетабулопластика слева. Течение раннего послеоперационного периода гладкое. Рентгеновская динамика и внешний вид больной через 6 мес после выполнения тотального эндопротезирования ТБС представлены на **рис. 8, 9**.

При очередной госпитализации родители больной привезли данные полногеномного секвенирования, что позволило уточнить диагноз: МПС IVB типа. Однако это не повлияло на тактику ортопедического лечения больной, учитывая фенотипическую схожесть её заболевания с врождённой спондилоэпифизарной дисплазией.

Болевой синдром был купирован, достигнутая в 2018 г. коррекция сагиттального дисбаланса туловища сохраняется. В настоящее время больная передвигается самостоятельно.

Заключение

Быстрое прогрессирование метаболической патологии костей требует своевременного принятия решения о необходимости ортопедической хирургии. Основная цель ортопедической хирургии у пациентов с системными наследственными заболеваниями скелета — сохранение способности к ходьбе и поддержание стабильности вертикальной позы. Первостепенность коррекции патологии ТБС, нуждающейся в оперативном лечении, с точки зрения биомеханики, представляется наиболее обоснованной, т.к. положение таза определяет форму сагиттального контура позвоночника. Однако ограничения возможностей реконструктивной хирургии ТБС в условиях продолженного роста скелета ребёнка иногда диктуют необходимость нестандартного подхода к тактике лечения. Это требует особой осторожности с этической и юридической точек зрения.

Таким образом, при сочетанной патологии ТБС и позвоночника и невозможности выполнения эндопротезирования ТБС для коррекции сагиттального дисбаланса туловища возможен нестандартный подход в виде выполнения корригирующей остеотомии поясничного отдела позвоночника для улучшения прогноза и качества жизни пациента.

Литература

(п.п. 1; 2; 4–7; 8–17 см. References)

3. Чернядьева М.А., Васюра А.С. Хирургическое лечение прогрессирующего идиопатического сколиоза у подростков 10–14 лет: обзор литературы. *Хирургия позвоночника*. 2019; 16(3): 33–40. <https://doi.org/10.14531/ss2019.3.33-40>

References

1. Roaf R. The basic anatomy of scoliosis. *J. Bone Joint. Surg. Br.* 1966; 48(4): 786–92.
2. de Jonge T., Dubouset J.F., Illés T. Sagittal plane correction in idiopathic scoliosis. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2002; 27(7): 754–60. <https://doi.org/10.1097/00007632-200204010-00013>
3. Chernyad'eva M.A., Vasyura A.S. Surgical treatment of progressive idiopathic scoliosis in adolescents aged 10–14 years: literature review. *Khirurgiya pozvonochnika*. 2019; 16(3): 33–40. <https://doi.org/10.14531/ss2019.3.33-40> (in Russian)
4. Solla F., Ilharreborde B., Clément J.L., Rose E.O., Monticone M., Bertoncelli C.M., et al. Patient-specific surgical correction of adolescent idiopathic scoliosis: a systematic review. *Children (Basel)*. 2024; 11(1): 106. <https://doi.org/10.3390/children11010106>

5. Offierski C.M., MacNab I. Hip-spine syndrome. *Spine (Phila Pa 1976)*. 1983; 8(3): 316–21. <https://doi.org/10.1097/00007632-198304000-00014>
6. Borgo A., Cossio A., Gallone D., Vittoria F., Carbone M. Orthopaedic challenges for mucopolysaccharidoses. *Ital. J. Pediatr.* 2018; 44(Suppl. 2): 123. <https://doi.org/10.1186/s13052-018-0557-y>
7. Padash S., Obaid H., Henderson R.D.E., Padash Y., Adams S.J., Miller S.F., et al. A pictorial review of the radiographic skeletal findings in Morquio syndrome (mucopolysaccharidosis type IV). *Pediatr. Radiol.* 2023; 53(5): 971–83. <https://doi.org/10.1007/s00247-022-05585-3>
8. Sergeenko O.M., Evsyukov A.V., Filatov E.Y., Ryabykh S.O., Burtsev A.V., Gubin A.V. Cervicothoracic dislocation due to congenital and bone-dysplasia-related vertebral malformations. *Spine Deform.* 2023; 11(5): 1223–38. <https://doi.org/10.1007/s43390-023-00690-1>
9. Feng B., Qiu G., Shen J., Zhang J., Tian Y., Li S., et al. Impact of multimodal intraoperative monitoring during surgery for spine deformity and potential risk factors for neurological monitoring changes. *J. Spinal. Disord. Tech.* 2012; 25(4): 108–14. <https://doi.org/10.1097/bsd.0b013e31824d2a2f>
10. Besette B.J., Fassier F., Tanzer M., Brooks C.E. Total hip arthroplasty in patients younger than 21 years: a minimum, 10-year follow-up. *Can. J. Surg.* 2003; 46(4): 257–62.
11. Finkbone P.R., Severson E.P., Cabanela M.E., Trousdale R.T. Ceramic-on-ceramic total hip arthroplasty in patients younger than 20 years. *J. Arthroplasty*. 2012; 27(2): 213–9. <https://doi.org/10.1016/j.arth.2011.05.022>
12. Kamath A.F., Sheth N.P., Hosalkar H.H., Babatunde O.M., Lee G.C., Nelson C.L. Modern total hip arthroplasty in patients younger than 21 years. *J. Arthroplasty*. 2012; 27(3): 402–8. <https://doi.org/10.1016/j.arth.2011.04.042>
13. Yamada K., Sudo H., Abe Y., Kokabu T., Tachi H., Endo T., et al. Influence of lateral translation of lowest instrumented vertebra on L4 tilt and coronal balance for thoracolumbar and lumbar curves in adolescent idiopathic scoliosis. *J. Clin. Med.* 2023; 12(4): 1389. <https://doi.org/10.3390/jcm12041389>
14. Gupta M.C., Gupta S., Kelly M.P., Bridwell K.H. Pedicle subtraction osteotomy. *JBJS Essent. Surg. Tech.* 2020; 10(1): e0028.1–11. <https://doi.org/10.2106/JBJS.ST.19.00028>
15. Wang M.Y. Miniopen pedicle subtraction osteotomy: surgical technique and initial results. *Neurosurg. Clin. N. Am.* 2014; 25(2): 347–51. <https://doi.org/10.1016/j.nec.2013.12.012>
16. Hyun S.J., Kim Y.J., Rhim S.C. Spinal pedicle subtraction osteotomy for fixed sagittal imbalance patients. *World J. Clin. Cases*. 2013; 1(8): 242–8. <https://doi.org/10.12998/wjcc.v1.i8.242>
17. Hamilton D.K., Smith J.S., Sansur C.A., Glassman S.D., Ames C.P., Berven S.H., et al. Rates of new neurological deficit associated with spine surgery based on 108,419 procedures: A report of the scoliosis research society morbidity and mortality committee. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2011; 36(15): 1218–28. <https://doi.org/10.1097/brs.0b013e3181ec5fd9>

Сведения об авторах:

Плотников Александр Павлович, клинический ординатор ГБУЗ «НИИ неотложной детской хирургии и травматологии» ДЗМ, a.p.plotnikow@yandex.ru; **Бутенко Андрей Сергеевич**, врач травматолог-ортопед нейроортопедического отделения с ортопедией ФГАУ «НМИЦ здоровья детей» Минздрава России, butenko.as@nczd.ru; **Пимбурский Иван Петрович**, врач — детский хирург, аспирант ФГАУ «НМИЦ здоровья детей» Минздрава России, bdfyltvljd@yandex.ru; **Жердев Константин Владимирович**, доктор мед. наук, доцент, гл. науч. сотр. лаб. научных основ нейроортопедии и ортопедии, зав. нейроортопедическим отделением с ортопедией ФГАУ «НМИЦ здоровья детей» Минздрава России; проф. каф. детской хирургии и урологии-андрологии им. проф. Л.П. Александрова ФГАОУ ВО «Первый МГМУ им. И.М. Сеченова» Минздрава России (Сеченовский Университет), drzherdev@mail.ru; **Зубков Павел Андреевич**, врач травматолог-ортопед, мл. науч. сотр. нейроортопедического отделения с ортопедией ФГАУ «НМИЦ здоровья детей» Минздрава России, zpa992@gmail.com