

## **ВЕРТИКАЛЬНЫЙ БАЛАНС У ДЕТЕЙ С ОДНОСТОРОННИМ ДИСПЛАСТИЧЕСКИМ ПОДВЫВИХОМ БЕДРА ДО И ПОСЛЕ ХИРУРГИЧЕСКОГО ЛЕЧЕНИЯ**

**Никитюк И.Е., Бортулёв П.И., Виссарионов С.В.**

*ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр детской травматологии и ортопедии имени Г.И. Турнера» Министерства здравоохранения Российской Федерации, Санкт-Петербург, e-mail: femtotech@mail.ru*

Цель работы – у детей с односторонним диспластическим подвывихом бедра выявить нарушения вертикального баланса тела и оценить его восстановление после операции тройной остеотомии таза. Проведено стабилметрическое исследование 28 детей в возрасте от 13 до 17 лет с односторонним диспластическим подвывихом бедра до хирургического лечения и через 2 года после вмешательства. В контрольной группе (14 детей) была выполнена тройная остеотомия таза по общепринятой методике, в основной группе (14 детей) – усовершенствованная тройная остеотомия таза. В группу сравнения вошли 18 здоровых детей. До операции у всех пациентов были резко ухудшены показатели фронтального X и сагиттального Y баланса тела, выявлены отклонения в статокINETических характеристиках: длине L, площади S и угле направления колебаний  $\Delta l$ . Лучевыми методами выявлены гиперлордоз поясничного отдела позвоночника, отрицательный глобальный сагиттальный баланс, избыточная антеверзия таза. После операции на тазобедренном суставе удалось достичь устранения гиперлордоза поясничного отдела позвоночника и избыточной антеверзии таза только у пациентов основной группы. В этой группе, в отличие от контрольной, система обеспечения пострурального баланса тела более полно стабилизировалась в новых условиях, что указывает на формирование у пациентов адаптивного двигательного стереотипа, близкого к физиологическому. Применение усовершенствованной тройной остеотомии таза при лечении основной группы пациентов способствовало формированию более адекватных сагиттальных позвоночно-тазовых соотношений по сравнению с контрольной группой, что привело к более выраженному восстановлению вертикального баланса тела.

Ключевые слова: диспластический подвывих бедра, сагиттальные позвоночно-тазовые соотношения, вертикальный баланс тела.

## **VERTICAL BALANCE IN CHILDREN WITH UNILATERAL DYSPLASTIC FEMUR SUBLUXATION BEFORE AND AFTER SURGICAL INTERVENTION**

**Nikityuk I.E., Bortulev P.I., Vissarionov S.V.**

*H. Turner National Medical Research Center for Children's Orthopedics and Trauma Surgery, Saint Petersburg, e-mail: femtotech@mail.ru*

The aim is to identify violations of the vertical balance of the body in children with unilateral dysplastic femur subluxation and assess its recovery after triple pelvic osteotomy surgery. A stabilometric study was conducted of 28 children aged 13 to 17 years with unilateral dysplastic femur subluxation before surgical treatment and 2 years after the intervention. In the control group (14 children), a triple pelvic osteotomy was performed according to the generally accepted method, in the main group (14 children) – an improved triple pelvic osteotomy. The comparison group included 18 healthy children. Before the operation, all patients had sharply deteriorated indicators of frontal X and sagittal Y balance in the body, deviations in statokinetic characteristics were revealed: length L, area S and angle of direction of oscillations  $\Delta l$ . Radiation methods revealed hyperlordosis of the lumbar spine, negative global sagittal balance, excessive pelvic anteversion. After hip joint surgery, it was possible to eliminate hyperlordosis of the lumbar spine and excessive pelvic anteversion only in patients of the main group. In this group, in contrast to the control group, the system of ensuring the postural balance of the body was more fully stabilized under new conditions, which indicates the formation of an adaptive motor stereotype in patients close to the physiological one. The use of advanced triple pelvic osteotomy in the treatment of the main group of patients contributed to the formation of more adequate sagittal vertebral-pelvic ratios, compared with the control group, which led to a more pronounced restoration of the vertical balance of the body.

Keywords: dysplastic femur subluxation, sagittal spine-pelvis ratio, vertical body balance.

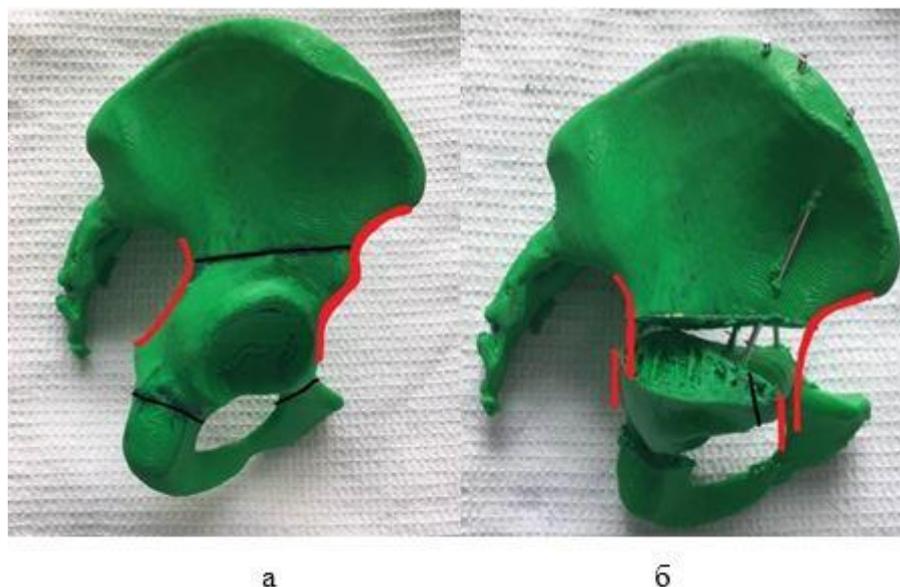
Диспластический подвывих бедра является актуальной проблемой современной детской ортопедии. Несмотря на разнообразие хирургических методик, результаты реабилитации детей с подвывихом бедра не всегда бывают удовлетворительными. Сложность проблемы обусловлена анатомо-биомеханическими нарушениями тазобедренного сустава, наиболее выраженными при длительно существующей дисконгруэнтности суставных поверхностей, слабости капсулярно-связочного аппарата [1], патологическим перераспределением векторов силы тяжести и избыточным напряжением в компонентах сустава [2]. В последнее время клиницисты стали изучать особенности сагиттального профиля позвоночного столба и позвоночно-тазовых соотношений у больных с патологией тазобедренного сустава [3]. У них выявлено формирование компенсаторных механизмов в кинематической цепи «позвоночник – таз», направленных на оптимизацию баланса вертикального положения тела [4]. Однако такие адаптивные процессы приводят к изменению осанки у пациентов в сагиттальной плоскости, что свидетельствует о патологическом ответе всей опорно-двигательной системы на дисплазию тазобедренного сустава. При этом наблюдаются отклонения в позвоночно-тазовых соотношениях, основными клиническими проявлениями которых являются гиперлордоз [5] и чрезмерная антеверзия таза [6]. Совокупность развившихся нарушений в опорно-двигательной системе у пациентов с патологией тазобедренного сустава приводит к дисфункции вертикального баланса тела [7], степень нарушения которого позволяет объективно оценить стабилметрический метод [8]. Поэтому стабилметрию перспективно применять для сравнительного анализа функциональных результатов оперативного лечения больных с диспластическим подвывихом бедра.

Цель работы – у детей с односторонним диспластическим подвывихом бедра выявить нарушения вертикального баланса тела и оценить его восстановление после операции тройной остеотомии таза.

**Материал и методы исследования.** Было проведено биомеханическое обследование 28 детей в возрасте от 13 до 17 лет с односторонним диспластическим подвывихом бедра, которые были распределены на две однородные по возрасту группы по 14 детей в каждой. Пациентам основной группы была выполнена тройная остеотомия таза по усовершенствованной методике (патент РФ на изобретение № 2702471 от 08.10.2019 г.), в ходе которой после выяснения статуса сагиттальных позвоночно-тазовых соотношений выполнялась трансляция ацетабулярного фрагмента кзади на величину от 0,5 до 1,5 см, в зависимости от величины угла отклонения таза (PI) (рис. 1). Для наиболее точного выполнения как основной коррекции положения ацетабулярного фрагмента, так и величины ее трансляции кзади интраоперационно использовались индивидуальные

прототипированные шаблоны (патент РФ на изобретение № 2719652 от 21.04.2020 г.). В группе контроля пациентам также проводили операцию тройной остеотомии таза, методика которой считается общепринятой. При этом величину ротации вертлужной впадины рассчитывали только на основании данных рентгенометрии тазобедренных суставов и без учета состояния сагиттального баланса.

Для исследования позвоночно-тазовых соотношений измеряли следующие угловые показатели: грудной кифоз и поясничный лордоз (по Cobb), отклонение таза (PI), наклон крестца (SS), наклон таза (PT), а также величину глобального сагиттального баланса (SVA).



*Рис. 1. Модель таза пациента с недоразвитием вертлужной впадины диспластического генеза, иллюстрирующая: а – места остеотомий лонной, седалищной и подвздошной кости (черные линии), контуры передней и задней колоны таза (красные линии); б – трансляцию вертлужной впадины кзади (разрыв красных линий в дорзальном направлении) после достижения основной коррекции ее положения*

Биомеханическое обследование пациентов осуществляли перед хирургическим лечением и спустя 2 года после оперативного вмешательства с открытыми (ОГ) и закрытыми глазами (ЗГ) с помощью стабилметрического метода с использованием программно-аппаратного комплекса «Биомеханика» (ООО НМФ «МБН», Россия). Исследование проводили на стабилметрической платформе квадратной формы, состоящей из двух металлических плит размером  $40 \times 40$  см, между которыми установлены датчики давления. Для оценки постурального баланса регистрировали параметры статокинезиограмм, которые демонстрировали картину колебаний центра давления (ЦД) тела. Статокинезиограммы позволяли рассчитать параметры вертикального баланса обследуемого: координаты X (мм) и Y (мм) – отклонение ЦД тела по осям X и Y, площадь статокинезиограммы S (мм<sup>2</sup>), длину

траектории, пройденную ЦД (**L**, мм). Определяли значение угла среднего направления колебаний **AI** (град) относительно сагиттальной плоскости. Для определения нормальных величин стабилметрических параметров обследовали 18 здоровых детей того же возраста, не имеющих ортопедической патологии.

Все статистические расчеты выполнены с использованием программ SPSS 11.5 (разработчик IBM, США) и Statgraphics Centurion 16.2 (разработчик Statpoint Technologies, Inc., США). Достоверность различий между группами оценивали по критерию Манна–Уитни, внутри группы – по критерию Уилкоксона при пороге критерия  $p < 0,05$ . Для определения силы корреляционных связей между параметрами применяли коэффициент Спирмена  $r_s$ .

**Результаты исследования и их обсуждение.** При обследовании больных с односторонним диспластическим подвывихом бедра перед хирургическим лечением лучевыми методами были выявлены нарушения сагиттального профиля позвоночного столба и сагиттальных позвоночно-тазовых соотношений. Об этом свидетельствовали гиперлордоз поясничного отдела позвоночника, отрицательный глобальный сагиттальный баланс, избыточная антеверзия таза.

Данные исследования вертикального баланса выявили в обеих группах пациентов значимое увеличение по сравнению со здоровыми детьми показателей статокинезиограмм перед хирургическим лечением: длины **L** и площади **S** (табл. 1). При этом наблюдалось выраженное отклонение ЦД тела во фронтальной плоскости (координата **X**) в направлении интактной нижней конечности, которое можно объяснить его компенсаторным смещением при односторонней патологии нижней конечности [9].

Таблица 1

Стабилметрические параметры здоровых детей и больных с односторонним подвывихом бедра до и после хирургических вмешательств

Параметры	Группы детей					<i>p</i>
	Здоровые (1) Me [Q <sub>1</sub> – Q <sub>2</sub> ] n = 18	Контрольная		Основная		
		Больные до операции (2) Me [Q <sub>1</sub> – Q <sub>2</sub> ] n = 14	Больные после операции (3) Me [Q <sub>1</sub> – Q <sub>2</sub> ] n = 14	Больные до операции (4) Me [Q <sub>1</sub> – Q <sub>2</sub> ] n = 14	Больные после операции (5) Me [Q <sub>1</sub> – Q <sub>2</sub> ] n = 14	
Смещение <b>X</b> , мм	0,3 [0,1 – 0,4]	15,0 [9,7 – 21,8]	6,6 [2,5 – 11,2]	14,3 [9,6 – 27,1]	8,1 [4,3 – 12,7]	$p^{1-2} < 0,001$ $p^{1-4} < 0,001$ $p^{2-3} = 0,001$ $p^{4-5} = 0,004$

Смещение Y, мм	4,1 [2,1 – 5,5]	1,4 [–15,2 – 27,5]	10,1 [–1,2 – 17,6]	1,9 [–15,0 – 31,2]	9,6 [4,8 – 13,0]	$p^{1-2} = 0,860$ $p^{1-4} = 0,363$ $p^{2-3} = 0,943$ $p^{4-5} = 0,981$
Длина L, мм	635 [525 – 699]	1052 [779 – 1172]	1028 [757 – 1168]	1035 [762 – 1163]	906 [742 – 1153]	$p^{1-2} < 0,001$ $p^{1-4} < 0,001$ $p^{2-3} = 0,823$ $p^{4-5} = 0,1$
Площадь S, мм <sup>2</sup>	372 [266 – 455]	960 [759 – 1558]	717 [424 – 878]	1025 [600 – 1689]	720 [476 – 942]	$p^{1-2} < 0,001$ $p^{1-4} < 0,001$ $p^{2-3} = 0,053$ $p^{4-5} = 0,006$
Угол /A , град	1,3 [0,6 – 2,5]	5,4 [3,5 – 11,5]	9,1 [5,3 – 14,]	7,0 [3,5 – 15,3]	4,3 [2,1 – 6,6]	$p^{1-2} < 0,001$ $p^{1-4} < 0,001$ $p^{2-3} = 0,218$ $p^{4-5} = 0,026$

Примечание:  $p^{1-2;1-4}$  – уровень значимости различий между группами больных;  $p^{2-3;4-5}$  – уровень значимости различий в группе больных до и после хирургического вмешательства; символом || обозначен модуль параметра.

Анализ отклонения ЦД в сагиттальной плоскости (ось Y) также выявил резко выраженное его смещение относительно абсолютного центра в обеих группах пациентов, в отличие от здоровых детей. Смещение центра давления наблюдалось как в вентральном, так и в дорзальном направлениях (рис. 2, а, б), что проявлялось резко выраженным увеличением по сравнению с нормой (до 13,6 раза) у больных интерквартильного размаха  $[Q_1 - Q_2]$  параметра Y.

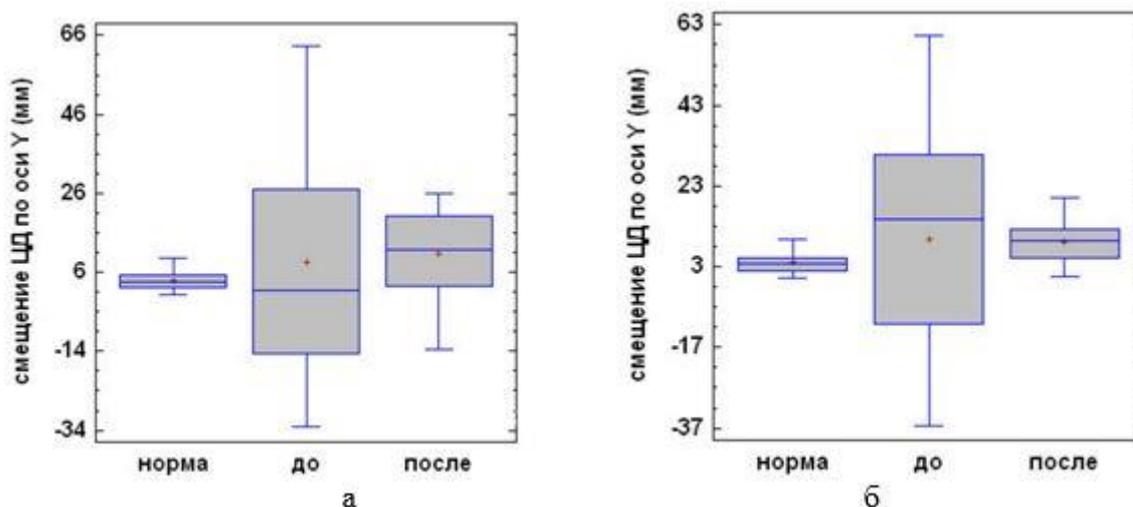


Рис. 2. Диаграммы отклонения центра давления по оси Y пациентов с односторонним подвывихом головки бедра до и после операции тройной остеотомии таза:  
а) контрольная группа; б) основная группа

Такие резко выраженные отклонения ЦД в сагиттальной плоскости можно объяснить следующим. У человека эволюционно сформировалась сагиттальная организация

кинематической цепи «позвоночник – таз – нижние конечности», которая подчиняется строгим правилам бипедальной (двуногой) локомоции, обеспечивая оптимальные соотношения между центром масс тела и тазобедренными суставами, играющими роль основного связующего звена с нижними конечностями [10]. В связи с тем, что у больных с диспластическим подвывихом бедра происходят патологические изменения позвоночника и тазово-крестцового комплекса в сагиттальной плоскости, опорно-двигательная система компенсаторно начинает обеспечивать устойчивое вертикальное положение тела за счет значительного смещения центра масс в переднем или заднем направлении. Такое резко выраженное отклонение туловища в сагиттальной плоскости нестабильно, для удержания требует избыточных энергетических затрат, поэтому является биомеханически невыгодным и указывает на декомпенсацию функции опорно-двигательной системы [11]. Следует учитывать, что патологические изменения в позвоночнике ребенка могут закладываться в младенческом возрасте на фоне ортопедического лечения дисплазии тазобедренного сустава с использованием отводящих шин, что оказывает неблагоприятное воздействие на развитие позвоночного столба [12].

При сравнительной оценке углов направления колебаний центра давления  $AI$  учитывали, что у здоровых детей величина угла  $AI$  между осью эллипса статокинезиограммы и сагиттальной осью незначительная (рис. 3а). В свою очередь, у больных с диспластическим подвывихом бедра наблюдается выраженное увеличение по сравнению с нормальными показателями угла  $AI$  (рис. 4а). Избыточное увеличение угла  $AI$  рассматривается как патологическое, что свидетельствует о существенных нарушениях баланса тела [13].

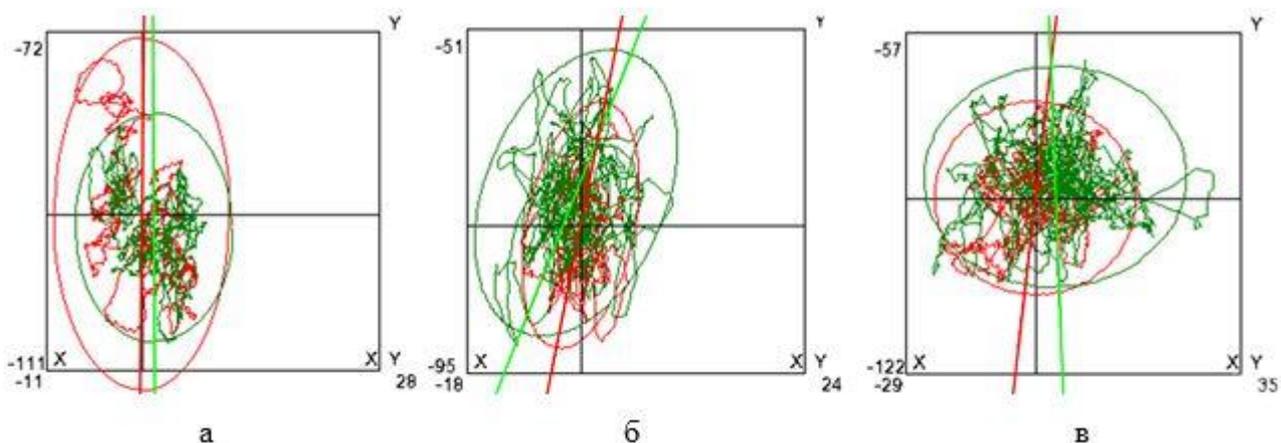


Рис. 3. Значения углов направления колебаний ЦД: а) невыраженные – у здорового ребенка; б) выраженные – у пациента с левосторонним подвывихом бедра до оперативного вмешательства на тазобедренном суставе; в) умеренные – у того же пациента через 1 год после операции тройной остеотомии таза по усовершенствованной методике. Величина  $AI$  соответствует углу между осью эллипса и осью  $Y$ . Красный цвет – тест с ОГ, зеленый цвет – тест с ЗГ

Чрезмерное по сравнению с нормой отклонение угла направления колебаний  $AI$  является признаком нарушения биомеханики тазобедренного сустава и может быть связано с измененным анатомическим положением центра вращения головки бедра «hip rotation center» [14]. При этом для удержания вертикальной позы создается дополнительный статический момент сил, направленный под углом к сагиттальной оси, что способствует повышению стабильности баланса тела. При левостороннем поражении тазобедренного сустава отклонение угла  $AI$  от оси  $Y$  происходит преимущественно вправо (рис. 3, б), при правостороннем поражении – влево. Таким образом, у пациентов основной и контрольной групп с односторонним диспластическим подвывихом бедра значительно нарушен вертикальный баланс тела, что указывает на формирование у них патологического двигательного стереотипа.

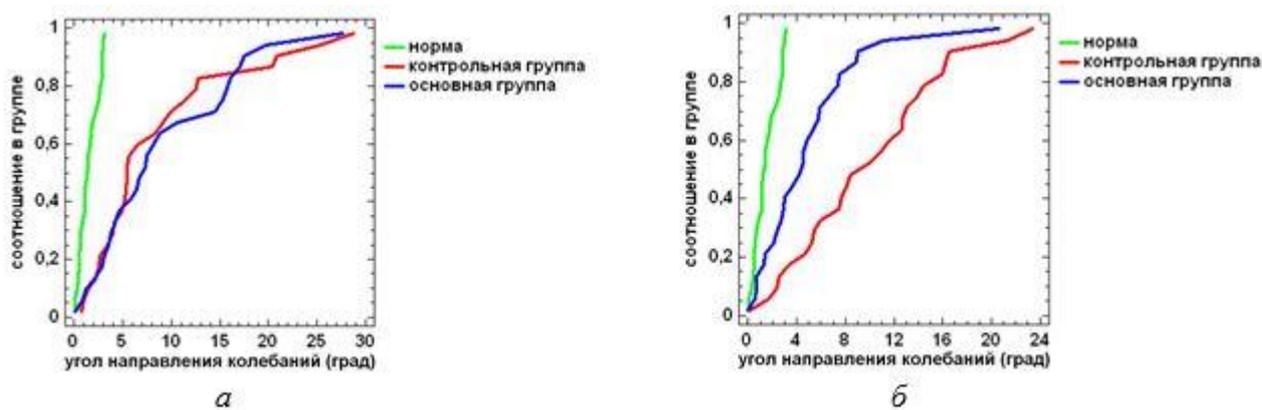


Рис. 4. Значения угла направления колебаний  $AI$  центра давления здоровых детей и пациентов с односторонним подвывихом бедра:  
 а) до оперативного вмешательства; б) после вмешательства

После хирургического лечения больных с диспластическим подвывихом бедра методами лучевой диагностики выявлены различия в особенностях сагиттальных позвоночно-тазовых соотношений в зависимости от примененной оперативной техники. У пациентов основной группы, в отличие от группы контроля, усовершенствованная тройная остеотомия таза способствовала устранению гиперлордоза поясничного отдела позвоночника и избыточной антеверзии таза. Достигнутая при этом стабилизация тазобедренного сустава способствовала устранению дисбаланса моментов сил, воздействующих на комплекс «таз – пояснично-крестцовый отдел позвоночника», который играет решающую роль в обеспечении устойчивого баланса туловища [15]. Это позволило сместиться центру давления тела по осям  $Y$  и  $X$  в более физиологичное положение у больных основной группы по сравнению с контрольной (рис. 2), что приводит к уменьшению энергозатрат опорно-

двигательной системы. При этом у больных основной группы патологическое превышение нормы межквартильным интервалом параметра  $Y$  снизилось с 13,6 до 2,4 раза, в то время как в контрольной группе межквартильный интервал сохранил значительное расширение, превышающее нормальные значения в 5,5 раза. Хотя полного восстановления положения ЦД по оси  $X$  не произошло ни в одной из групп, распределение веса тела между нижними конечностями стало более симметричным в основной группе, что свидетельствует о более выраженном улучшении опороспособности пораженной нижней конечности. При этом в обеих группах значительно уменьшились показатели площади  $S$  статокинезиограмм, что указывает на повышение стабильности вертикальной стойки пациентов после хирургического лечения.

Показатели углов направления колебаний  $AI$  у детей с односторонним подвывихом существенно снизились в сторону нормализации после оперативных вмешательств только у пациентов основной группы (рис. 4б), в то время как в контрольной группе значение угла  $AI$  осталось на прежнем уровне.

В настоящей работе использование метода стабилometрии позволило определить состояние адаптивных поструральных механизмов у детей с односторонним подвывихом бедра до и после хирургического лечения для оценки адекватности сформировавшегося двигательного стереотипа в зависимости от методики оперативного вмешательства. Сопоставление показателей вертикального баланса у больных после различных оперативных вмешательств может свидетельствовать о неравноценной инициации механизмов поддержания баланса тела в отдаленные сроки наблюдения. У больных с односторонним подвывихом бедра после усовершенствованной тройной остеотомии таза система обеспечения пострурального баланса тела более полно стабилизировалась в новых условиях, что указывает на формирование у пациентов адекватного адаптивного двигательного стереотипа, близкого к физиологическому. Наоборот, при использовании обычной методики оперативного вмешательства, несмотря на тенденцию к положительной динамике, у пациентов формировался менее оптимальный двигательный стереотип, проявляющийся бóльшим смещением ЦД тела по сагиттальной и фронтальной составляющим, а также неизменностью угла преимущественного направления колебаний. Остаточные поструральные нарушения можно рассматривать как критерий снижения адаптивных возможностей системы вертикального баланса тела, что следует учитывать при планировании лечебных мероприятий. Приведенная информация свидетельствует в пользу того, что усовершенствованный метод хирургического вмешательства в большей степени нормализует механизм поддержания вертикального баланса тела пациентов по сравнению с обычным.

## **Заключение**

1. В результате хирургического лечения пациентов контрольной и основной групп с односторонним диспластическим подвывихом бедра было достигнуто улучшение вертикального баланса тела, что свидетельствует о положительной динамике восстановления функциональной активности как оперированных тазобедренных суставов, так и всей опорно-двигательной системы.

2. Применение усовершенствованной тройной остеотомии таза при лечении основной группы пациентов способствует формированию более адекватных сагиттальных позвоночно-тазовых соотношений по сравнению с контрольной группой, что приводит к более выраженному восстановлению вертикального баланса тела.

*Источник финансирования: работа проведена в рамках выполнения Государственного задания Минздрава России.*

### Список литературы

1. Gulati V., Eseonu K., Sayani J. Developmental dysplasia of the hip in the newborn: A systematic review. World J Orthop. 2013. vol. 4. no. 2. P. 32-41. DOI: 10.5312/wjo.v4.i2.32.
2. Зеленецкий И.Б., Корольков А.И., Мителева З.М., Снисаренко П.И. Децентрация и напряженно-деформированное состояние в тазобедренном суставе при его дисплазии // Запорожский медицинский журнал. 2018. Т. 20. № 5. С. 674-680. DOI: 10.14739/2310-1210.2018.5.141536.
3. Аверкиев В.А., Кудяшев А.Л., Артюх В.А., Надулич К.А., Теремшонок А.В., Нагорный Е.Б. Особенности сагиттальных позвоночно-тазовых взаимоотношений у пациентов с коксовертебральным синдромом // Хирургия позвоночника. 2012. № 4. С. 49-54.
4. Buckland A.J., Steinmetz L., Zhou P., Vasquez-Montes D., Kingery M., Stekas N.D., Ayres E.W., Varlotta C.G., Lafage V., Lafage R., Errico T., Passias P.G., Protosaltis T.S., Vigdorichik J. Spinopelvic compensatory mechanisms for reduced hip motion (ROM) in the setting of hip osteoarthritis. Spine Deform. 2019. vol. 7. no. 6. P. 923-928. DOI: 10.1016/j.jspd.2019.03.007.
5. Fukushima K., Miyagi M., Inoue G., Shirasawa E., Uchiyama K., Takahira N., Takaso M. Relationship between spinal sagittal alignment and acetabular coverage: a patient-matched control study. Arch Orthop Trauma Surg. 2018. vol. 138. no. 11. P. 1495-1499. DOI: 10.1007/s00402-018-2992-z.
6. Бортулёв П.И., Виссарионов С.В., Басков В.Е., Овечкина А.В., Барсуков Д.Б., Поздникин И.Ю. Клинико рентгенологические показатели позвоночно-тазовых соотношений у детей с диспластическим подвывихом бедра // Травматология и ортопедия России. 2018. vol. 24. no. 3. P. 74-82. DOI: 10.21823/2311-2905-2018-24-3-74-82.

7. Юсупов К.С., Анисимова Е.А., Павленко Н.Н., Летов А.С., Зайцев В.А., Емкужев О.Л., Зоткин В.В., Марков Д.А. Рентгеноанатомические и биомеханические особенности пациентов с диспластическим вывихом в тазобедренном суставе // Саратовский научно-медицинский журнал 2014. Т. 10. № 1. С. 114-119.
8. Горянная Н.А., Ишекова Н.И., Ишеков А.Н. Динамика показателей стабилотрии на втором этапе реабилитации пациентов после эндопротезирования тазобедренного сустава. Журнал медико-биологических исследований. 2020. Т. 8. № 3. С. 277–284. DOI: 10.37482/2687-1491-Z019.
9. Никитюк И.Е., Гаркавенко Ю.Е., Кононова Е.Л. Особенности опорной функции нижних конечностей у детей с последствиями поражения проксимального отдела бедра острым гематогенным остеомиелитом // Ортопедия, травматология и восстановительная хирургия детского возраста. 2018. Т. 6. № 1. С. 14-22. DOI: 10.17816/PTORS5349-57.
10. Abelin-Genevois K. Sagittal balance of the spine. Orthop Traumatol Surg Res. 2021. vol. 107. no. 1S. P. 102769. DOI: 10.1016/j.otsr.2020.102769.
11. Юсупов К.С., Барабаш Ю.А., Павленко Н.Н., Ромакина Н.А., Анисимова Е.А., Летов А.С., Сертакова А.В., Анисимов Д.И. Биомеханические показатели ортопедического статуса пациентов с диспластическим коксартрозом IV типа (Crowe) до и после лечения // Саратовский научно-медицинский журнал. 2017. Т. 13. № 3. С. 520-526.
12. Kreuz P.C., Fröhlich S., Lindner T., Olbertz D., Bader R., Mittelmeier W. Biomechanical evaluation of different abduction splints for the treatment of congenital hip dysplasia. Clinical Biomechanics. 2012. № 27. С. 899–902. DOI: 10.1016/j.clinbiomech.2012.06.001.
13. Никитюк И.Е., Кононова Е.Л., Гаркавенко Ю.Е. Особенности нарушения баланса тела у детей с односторонним укорочением нижней конечности // Ортопедия, травматология и восстановительная хирургия детского возраста. 2019. Т. 7. № 3. С. 45-54. DOI: 10.17816/PTORS7345-54.
14. Messer-Hannemann P., Bätz J., Lampe F., Klein A., Püschel K., Campbell G.M., Morlock M. The influence of cavity preparation and press-fit cup implantation on restoring the hip rotation center. Clin Biomech. 2019. vol. 20. no. 63. P. 185-192. DOI: 10.1016/j.clinbiomech.2019.03.006.
15. Бурцев А.В., Рябых С.О., Котельников А.О., Губин А.В. Клинические аспекты сагиттального баланса у взрослых // Гений ортопедии. 2017. Т. 23. № 2. С. 228-235. DOI: 10.18019/1028-4427-2017-23-2-228-235.