

ВОССТАНОВЛЕНИЕ ВЕРТИКАЛЬНОГО БАЛАНСА ТЕЛА У ДЕТЕЙ С ОДНОСТОРОННЕЙ ГИПЕРТРОФИЕЙ БОЛЬШОГО ВЕРТЕЛА ПОСЛЕ ЕГО ТРАНСПОЗИЦИИ ПО ОРИГИНАЛЬНОЙ АВТОРСКОЙ МЕТОДИКЕ

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 исследования – изучить степень восстановления вертикального баланса тела у детей с односторонней гипертрофией большого вертела после его транспозиции по оригинальной авторской методике. Проведено двухплатформенное стабилметрическое исследование 15 пациентов, в возрасте от 10 до 16 лет ($13,2 \pm 0,35$), с односторонней гипертрофией большого вертела бедренной кости, у которых было выявлено смещение общего центра давления (ЦД) тела в сторону интактной нижней конечности. Для сравнения оценивали вертикальный баланс 15 здоровых детей такого же возраста. У пациентов перед хирургическим лечением выявлено нарушение фронтально-сагиттального баланса тела и контралатеральных нижних конечностей. Через 2-3 года после транспозиции большого вертела по авторской методике выявлена положительная динамика вертикального баланса пациентов. Патологическое отклонение общего ЦД тела уменьшилось с 25[16 – 41] до 7[4 – 13] мм во фронтальной плоскости (координата X), с 14[5 – 50] до 10[3 – 16] мм – в сагиттальной плоскости (координата Y). Уменьшилась разница в смещении ЦД между контралатеральными конечностями ΔY с 57[44 – 86] до 14[-4 – 32] мм вследствие дрейфа ЦД поражённой нижней конечности назад с 63[45 – 86] до 17[3 – 34] мм. На интактной нижней конечности отмечалось значительное снижение показателей площади статокинезиограмм S в сторону нормализации с 89[53 – 125] до 19[10 – 33] мм². Улучшение показателей вертикального баланса пациентов после операции указывает на оптимизацию локомоторной функции как поражённой, так и интактной нижней конечности.

Ключевые слова: билатеральный стабิโลграфический тест, гипертрофия большого вертела, бедренно-ацетабулярный импинджмент-синдром, фронтальный и сагиттальный баланс.

RESTORATION OF THE VERTICAL BALANCE OF THE BODY IN CHILDREN WITH UNILATERAL RELATIVE OVERGROWTH OF THE GREATER TROCHANTE AFTER ITS TRANSPOSITION ACCORDING TO THE ORIGINAL AUTHOR'S METHOD

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

¹H. Turner National Medical Research Center for Children's Orthopedics and Trauma Surgery, Saint Petersburg, e-mail: femtotech@mail.ru

The aim of the study was investigate the degree of restoration of the vertical balance of the body in children with unilateral relative overgrowth of the greater trochanter after its transposition according to the original author's method. A two-platform stabilometric study of 15 patients aged 10 to 16 years (13.2 ± 0.35) with unilateral relative overgrowth of the greater trochanter, in whom a displacement of the general center of pressure (COP) of the body towards the intact lower limb was revealed. For comparison, the vertical balance of 15 healthy children of the same age was evaluated. In patients before surgical treatment, a violation of the frontal-sagittal balance of the body and the contralateral lower extremities was revealed. 2-3 years after the transposition of the large spit, according to the author's method, a positive dynamics of the vertical balance of patients was revealed. The pathological deviation of the general COP of the body decreased from 25[16 – 41] to 7[4 – 13] mm in the frontal plane (X coordinate), from 14[5 – 50] to 10[3 – 16] mm – in the sagittal plane (Y coordinate). The difference in the displacement of the COP between the contralateral limbs decreased from 57[44 – 86] to 14[-4 – 32] mm due to the drift of the COP of the affected lower limb backwards from 63[45 – 86] to 17[3 – 34] mm. On the intact lower limb, there was a significant decrease in the area of statokinesiograms S towards normalization from 89[53 – 125] to 19[10 – 33] mm². The improvement of the vertical balance of patients after surgery indicates the optimization of the locomotor function of both the affected and intact lower limb.

Keywords: bilateral stabilographic test, relative overgrowth of the greater trochanter (ROGT); femoroacetabular impingement (FAI), frontal and sagittal balance.

В ортопедической практике нередкими причинами возникновения болевого синдрома и нарушения функции тазобедренного сустава у пациентов детского возраста являются

многоплоскостные деформации проксимального отдела бедренной кости, сопровождающиеся высоким стоянием (гипертрофией) большого вертела [1; 2]. Указанная патология проксимального отдела бедра часто приводит к внесуставному бедренно-ацетабулярному конфликту (импинджмент-синдрому) и определяется как патологическое экстракапсулярное прилегание большого вертела бедренной кости к супраацетабулярной части подвздошной кости [3-5]. Это приводит к нарушению биомеханики поражённой нижней конечности [6]. На этом фоне у пациентов формируются патологические компенсаторные отклонения во всей опорно-двигательной системе, наиболее изученными из которых являются нарушения позвоночно-тазовых соотношений – избыточная передняя ротация таза в сочетании с гиперлордозом поясничного отдела позвоночного столба [7]. Наиболее оптимальная тактика ведения пациентов с высоким стоянием большого вертела – хирургическая [8]. Широкое распространение получила классическая операция по Во-Лами, при которой осуществляется транспозиция в дистальном направлении большого вертела вместе с прикрепляющимися к нему ягодичными мышцами для улучшения их функции [9, с. 361]. Вопросы восстановления вертикального баланса тела после хирургического лечения больных с гипертрофией большого вертела практически не изучены. Однако их решение является необходимым, так как позволит оценивать динамику позвоночно-тазовых соотношений и оптимизировать тактику корригирующих оперативных вмешательств [7]. Для количественной оценки восстановления функции опорно-двигательной системы после оперативного лечения пациентов используются биомеханические методы, из которых наиболее доступным и информативным является стабилметрический метод [10]. Стабилметрия позволяет объективно оценить изменение состояния сагиттального и фронтального баланса тела после лечебных вмешательств.

Цель исследования – изучить степень восстановления вертикального баланса тела у детей с односторонней гипертрофией большого вертела после его транспозиции по оригинальной авторской методике.

Материал и методы исследования. Было осуществлено стабилметрическое исследование 15 пациентов, в возрасте от 10 до 16 лет ($13,2 \pm 0,35$), с односторонней гипертрофией большого вертела бедренной кости. При формировании группы пациентов соблюдался принцип клинической и анатомо-рентгенологической её однородности, поэтому из выборки были исключены больные с торсионными деформациями бедренной кости, которые нередко обнаруживаются при бедренно-ацетабулярном импинджмент-синдроме [11; 12]. Кроме того, общим для пациентов являлось смещение общего центра давления (ЦДО) тела в сторону интактной нижней конечности. При клинико-рентгенологическом обследовании у пациентов было выявлено укорочение поражённой нижней конечности величиной 1–3 см (в среднем $1,5 \pm 0,21$ мм), патологическое увеличение расстояния от верхушки большого вертела

до центра головки бедренной кости – артикуло-трохантерной дистанции (АТД) в среднем до $-16,1 \pm 4,6$ мм (рис. 2а). Всем пациентам было проведено хирургическое вмешательство по авторской методике, так как классическая операция по Во-Лами не могла полностью устранить взаимную травматизацию компонентов поражённого тазобедренного сустава (импинджмент-синдром) [13; 14]. Особенностью авторской операции являлось последовательное выполнение следующих манипуляций. Сначала авторы производили отсечение большого вертела по линии остеотомии (рис. 1а).

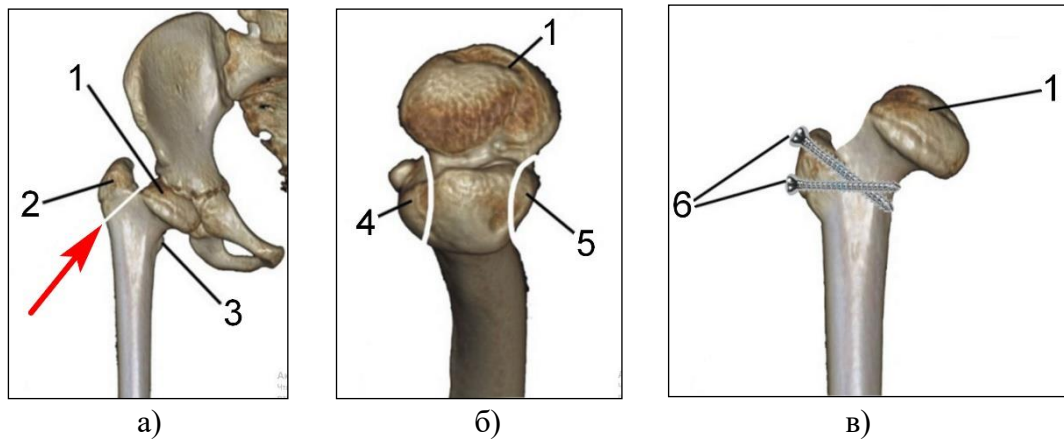


Рис. 1. Схема хирургического вмешательства по авторской методике:

а) тазобедренный сустав (вид спереди); б) проксимальный отдел бедренной кости (вид сверху); в) проксимальный отдел бедренной кости после операции (вид спереди). 1 – головка бедренной кости; 2 – большой вертел; 3 – малый вертел; 4 – моделирование шейки бедренной кости сзади; 5 – моделирование шейки бедренной кости спереди; 6 – кортикальные винты. Красная стрелка указывает на линию остеотомии большого вертела

Затем выполняли моделирование шейки бедренной кости путём удаления костно-хрящевых масс с её передней и задней поверхностями (рис. 1б). В дальнейшем осуществляли транспозицию большого вертела с прикрепляющимися к нему ягодичными мышцами в дистальном направлении до уровня центра головки бедренной кости с последующей его фиксацией к наружной поверхности бедренной кости винтами (рис. 1в; 2б). Выполнение операции по авторской методике не позволяло развиваться импинджмент-синдрому.

Стабилометрическое обследование больных осуществляли дважды: перед хирургическим вмешательством и через 2-3 года – после. Для определения нормативных показателей вертикального баланса исследовали 15 здоровых детей такого же возраста.

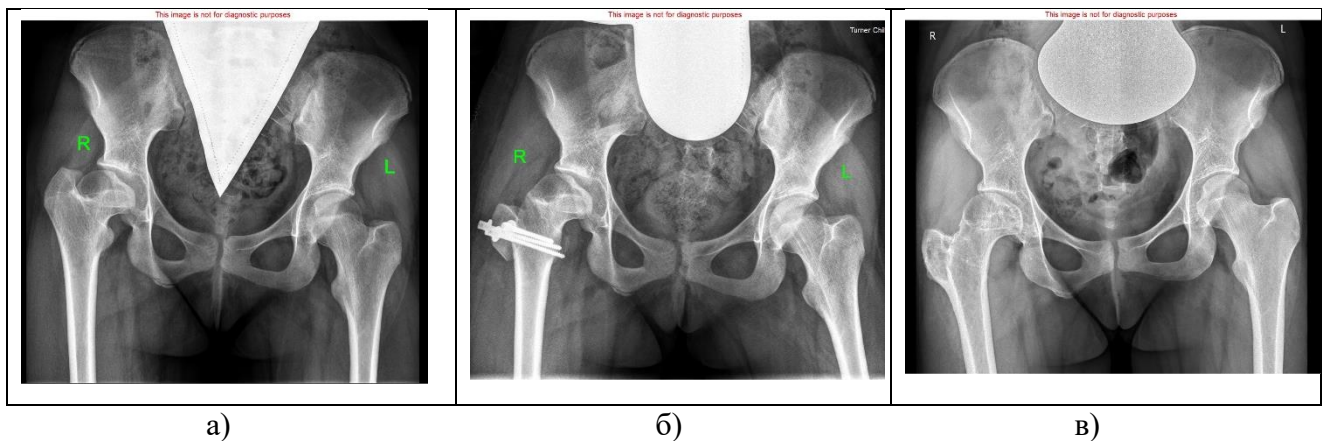


Рис. 2. Рентгенограммы пациентки Т., 14 лет: а) многоплоскостная деформация проксимального отдела правой бедренной кости с высоким стоянием большого вертела – до лечения; б) непосредственно после операции; в) через 3 года после оперативного лечения

При стабилметрическом исследовании детей определяли не только параметры движения общего ЦД тела, но также отдельно показатели ЦД контралатеральных конечностей в билатеральном тесте на двух платформах комплекса «Стабилан 01-2» (ОКБ «РИТМ», Россия). В норме ЦДО проецируется на среднюю сагитальную линию (ось Y), в то время как центры давления левой и правой нижних конечностей расположены на равных расстояниях от ЦДО примерно на одном уровне с проходящей через него фронтальной линией (ось X) (рис. 3а).

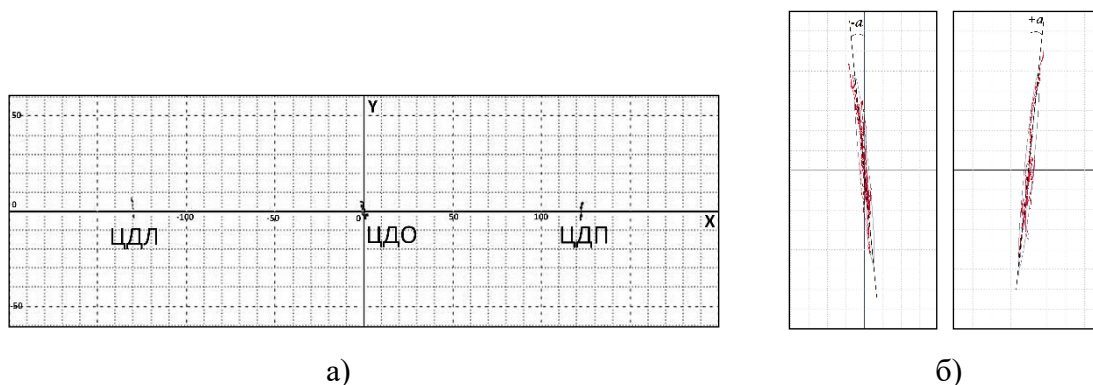


Рис. 3. Траектории движения центров давления здорового ребёнка:
 а) объединённая статокинезиограмма (ЦДЛ – центр давления левой нижней конечности, ЦДО – общий центр давления тела, ЦДП – центр давления правой нижней конечности);
 б) масштабированные статокинезиограммы центров давления контралатеральных нижних конечностей (α – угол среднего направления колебаний нижней конечности)

При расчёте основных параметров движений общего центра давления тела оценивали его смещение во фронтальной X (мм) и сагитальной Y_{общ} (мм) плоскостях, а также определяли параметры движения ЦД каждой из контралатеральных нижних конечностей:

индивидуальное смещение ЦД в сагиттальной плоскости Y (мм), разницу в смещении ЦД между контралатеральными конечностями ΔY (мм) (рис. 4а); площадь статокинезиограмм контралатеральных нижних конечностей S (мм²/с); угол направления колебаний статокинезиограмм нижних конечностей α (градусы) – отклонение её большой оси относительно сагиттальной оси. Во всех случаях при оценке движений ЦДО и ЦД нижних конечностей поворот большой оси по часовой стрелке указывал на положительное значение угла α , против часовой стрелки – на отрицательное значение (рис. 3б).

Статистические расчёты выполнены с использованием программ SPSS 11.5 (разработчик IBM, США) и Statgraphics Centurion 16.2 (разработчик Statpoint Technologies, Inc., США). Использовали критерий Вилкоксона для связанных выборок, критерий Манна-Уитни – для несвязанных, применяли корреляционный анализ с использованием коэффициента Спирмена r_s . Уровень для принятия различий составлял 0,05.

Результаты исследования и их обсуждение. Стабилометрическое обследование больных с односторонним высоким положением большого вертела перед хирургическим лечением выявило у них резко выраженные нарушения вертикального баланса. Во фронтальной плоскости (ось X) у пациентов было значительное смещение ($p < 0,05$) общего центра давления тела в сторону интактной нижней конечности, медианные показатели которого составляли 25[16 – 41] мм (норма – 0,9[0,7 – 1,8] мм) (рис. 4а).

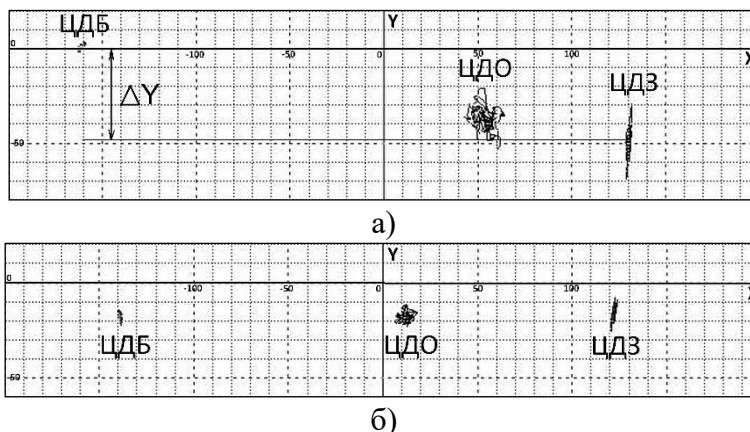


Рис. 4. Траектории движения центров давления пациентки К., 10 лет, с левосторонним высоким положением большого вертела: а) объединённая статокинезиограмма до операции; б) объединённая статокинезиограмма через 2 года после операции (ЦДБ – центр давления больной нижней конечности, ЦДО – общий центр давления тела, ЦДЗ – центр давления здоровой нижней конечности)

Такое существенное патологическое отклонение ЦДО во фронтальной плоскости является компенсаторным и может быть вызвано рефлекторной реакцией опорно-двигательной системы на болевую импульсацию из области поражённого тазобедренного сустава, обусловленную импинджмент-синдромом. Кроме того, фронтальный дисбаланс у

больных с односторонним высоким положением большого вертела является следствием снижения функциональности ягодичных мышц из-за нарушения точек их прикрепления, а также перекоса таза на фоне укорочения нижней конечности поражённой стороны [15]. При этом у пациентов наблюдаются значительные нарушения сагиттального баланса, что проявляется преимущественным отклонением ЦДО (координата $Y_{\text{общ}}$) вперёд по сравнению с нормой (3[1 – 5] мм) до величины 14[5 – 50] мм ($p=0,001$). Такое смещение ЦДО в сагиттальной плоскости обусловлено резко выраженной передней дислокацией ЦД поражённой нижней конечности (координата Y), в то время как на интактной нижней конечности наблюдается лёгкий дрейф ЦД назад (табл. 1, рис. 6б).

Таблица 1

Параметры движения центров давления нижних конечностей ($Me [Q_{25} - Q_{75}]$) здоровых детей и пациентов с односторонним высоким положением большого вертела до и после оперативного лечения

Параметры	Группы обследованных детей						p
	Здоровые дети, $n = 15$		Пациенты, $n = 15$				
			До операции		После операции		
	Левая НК	Правая НК	Поражённая НК (1)	Интактная НК (2)	Поражённая НК (3)	Интактная НК (4)	
Смещение Y , мм	3 [-1 – 4]	6 [3 – 7]	63 [45 – 86]	-1 [-13 – 15]	17 [3 – 34]	3 [-6 – 13]	$p^{1-2} = 0,000$ $p^{3-4} = 0,006$ $p^{1-3} = 0,000$ $p^{2-4} = 0,363$
Площадь S , мм ²	4 [3 – 7]	5 [3 – 8]	23 [13 – 51]	89 [53 – 125]	21 [13 – 43]	19 [10 – 33]	$p^{1-2} < 0,001$ $p^{3-4} = 0,589$ $p^{1-3} = 0,636$ $p^{2-4} = 0,000$
Угол α (град.)	-7 [-9 – -5]	6 [5 – 8]	36 [-8 – 55]	6 [1 – 11]	-6 [-10 – 2]	6 [3 – 8]	$p^{1-2} = 0,068$ $p^{3-4} < 0,001$ $p^{1-3} = 0,005$ $p^{2-4} = 0,361$

Примечание: $p^{1-2;3-4}$ – уровень значимости различий между поражённой и интактной нижней конечностью (НК) у пациентов (критерий Манна - Уитни); $p^{1-3;2-4}$ – уровень значимости различий между НК у пациентов до и после оперативного лечения (критерий Вилкоксона).

При этом отмечается резко выраженное разнесение по сагиттальной оси центров давления контралатеральных нижних конечностей ΔY (рис. 4а), медианное значение которого превышает норму (3[0 – 6] мм) и составляет 57[44 – 86] мм ($p=0,000$). Величина сагиттальной дислокации общего центра давления $Y_{\text{общ}}$ имеет обратную зависимость от его отклонения во фронтальной плоскости X . Хотя сила связи $Y_{\text{общ}} \sim X$ умеренная (-0,47), указанная корреляция является значимой ($p=0,011$), то есть при увеличении фронтального дисбаланса тела снижается его сагиттальный дисбаланс. В свою очередь показатели сагиттального баланса обследованных пациентов, в отличие от здоровых детей, зависят от величины угла

направления колебаний нижних конечностей α (табл. 2). У больных на поражённой конечности выявлена умеренная, но значимая ($p=0,032$) прямая зависимость смещения Y от α , в то время как на интактной конечности расстояние между контралатеральными центрами давления ΔY имеет более сильную, но обратную корреляцию с величиной угла α . Такие корреляционные связи значимо отличаются от нормальных величин, поэтому могут рассматриваться как патологические.

Таблица 2

Корреляционные связи между параметрами движения центров давления нижних конечностей у здоровых детей и пациентов с односторонним высоким положением большого вертела до и после оперативного лечения

Параметры	Коэффициент корреляции Спирмена r_s					
	Здоровые дети, $n = 15$		Пациенты, $n = 15$			
	Левая НК	Правая НК	До операции		После операции	
			Поражённая НК	Интактная НК	Поражённая НК	Интактная НК
$X \sim \alpha$	0,22	-0,12	0,17	0,32	0,11	0,24
$Y \sim \alpha$	0,27	0,09	0,39	0,05	0,09	-0,12
$\Delta Y \sim \alpha$	0,08	0,11	0,23	-0,54	-0,20	0,06

Значения угла α у пациентов перед операцией были резко увеличены по сравнению с нормой по медианному показателю и квартильному размаху только на статокинезиограммах поражённой нижней конечности. При этом на интактной нижней конечности была резко увеличена площадь S статокинезиограмм по сравнению с поражённой (рис. 5а).

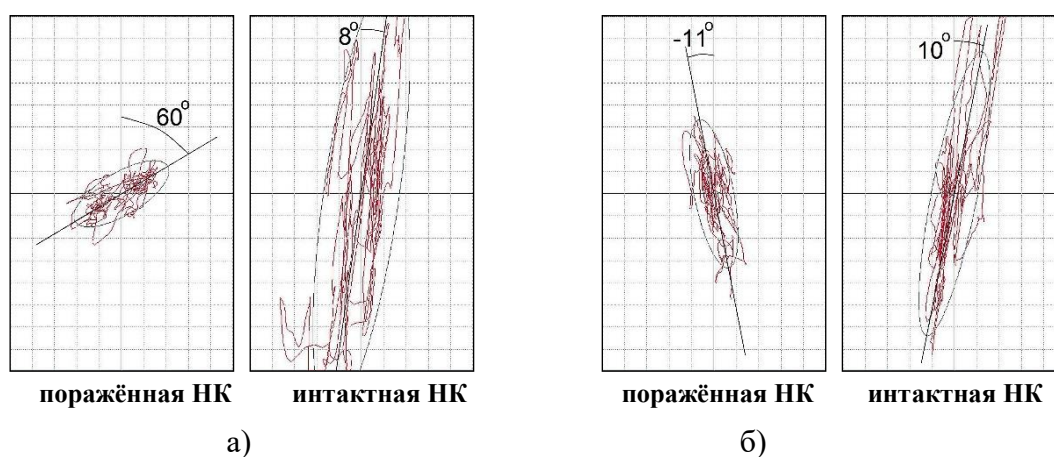


Рис. 5. Масштабированные статокинезиограммы контралатеральных нижних конечностей пациентки К., 10 лет, с левосторонним высоким положением большого вертела: а) до операции; б) через 2 года после операции

После операции транспозиции большого вертела средняя величина показателя АТД увеличилась с $-16,1 \pm 4,6$ мм до нормальной величины с положительным значением $20,1 \pm 4,9$ мм за счёт перемещения вертушки большого вертела до уровня центра головки бедра (рис. 2в). Хирургическое низведение большого вертела привело к улучшению функциональности ягодичных мышц за счёт восстановления точек их прикрепления, что способствовало нормализации баланса плеч рычагов, стабилизирующих комплекс «таз – позвоночник», который обеспечивает надёжность вертикального баланса тела [16]. Кроме того, была устранена болевая импульсация из области поражённого тазобедренного сустава, развившаяся вследствие феморо-ацетабулярного сдавливания. В целом это привело к улучшению стабильности общего ЦД тела пациентов, который во фронтальной плоскости (координата X) сместился в сторону нормальных значений до величины $7[4 - 13]$ мм ($p=0,000$) (рис. 6а). В сагиттальной плоскости диспозиция ЦДО тела больных (координата $Y_{общ}$) стала менее выраженной, по сравнению с предоперационной, и достигла величины $10[3 - 16]$ мм ($p=0,068$). Этот эффект был достигнут за счёт нормализации сагиттального положения ЦД поражённой нижней конечности, уровень которого стал соответствовать положению ЦД на интактной стороне (табл. 1, рис. 6б). При этом резко снизилась, нормализуясь, разница в смещении ЦД между контралатеральными конечностями ΔY до $14[-4 - 32]$ мм ($p=0,000$) (рис. 4б). После операции корреляционная связь между сагиттальной дислокацией общего центра давления $Y_{общ}$ и его отклонением во фронтальной плоскости X ($Y_{общ} \sim X$) несколько усилилась по сравнению с предоперационной, однако вместо обратной стала прямой: $0,53$ ($p=0,008$). Это означает, что при увеличении отклонения ЦДО тела пациентов во фронтальной плоскости увеличивается его отклонение в сагиттальной плоскости.

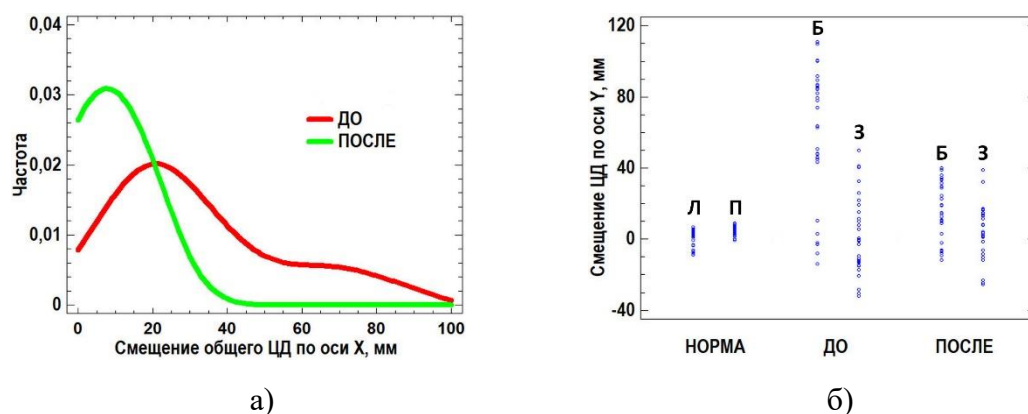


Рис. 6. Диаграммы смещения ЦД нижних конечностей обследованных детей: а) общего ЦД во фронтальной плоскости у пациентов; б) ЦД контралатеральных нижних конечностей в сагиттальной плоскости у здоровых детей и пациентов (ДО – до операции, ПОСЛЕ – после операции; Л и П – левая и правая нижние конечности у здоровых детей; Б – «больная» и З – «здоровая» нижние конечности у пациентов)

Улучшение фронтального и сагиттального баланса тела и контралатеральных нижних конечностей у пациентов после хирургического лечения привело к более симметричному распределению нагрузки между нижними конечностями, что способствовало восстановлению идентичности их двигательной активности на поражённой и интактной стороне. Это демонстрировалось возвращением к однотипности показателей статокинезиограмм контралатеральных нижних конечностей – их площадей S за счёт уменьшения на интактной стороне, а также углов направления колебаний α за счёт уменьшения на стороне поражения (табл. 1, рис. 5б). Восстановление угловых величин α у больных после операции привело к снижению в сторону нормализации патологически усиленных корреляционных связей $Y \sim \alpha$ и $\Delta Y \sim \alpha$ (табл. 2). Такое изменение соотношений между стабилметрическими параметрами, наряду с трансформацией связи $Y_{\text{общ}} \sim X$, может свидетельствовать об изменении поструральной стратегии после операции у пациентов с односторонним высоким положением большого вертела с формированием близкого к физиологическому двигательного стереотипа.

Заключение

1. Применение билатерального стабилографического теста продемонстрировало его высокую чувствительность при оценке функциональных результатов хирургического лечения детей с односторонней гипертрофией большого вертела.

2. Использование авторских методик хирургического лечения детей с односторонней гипертрофией большого вертела позволило улучшить у них фронтально-сагиттальный баланс тела и контралатеральных нижних конечностей.

3. Улучшение показателей вертикального баланса пациентов после операции указывает на оптимизацию локомоторной функции как поражённой, так и интактной нижних конечностей.

Список литературы

1. Ganz R., Slongo T., Turchetto L., Masse A., Whitehead D., Leunig M. The lesser trochanter as a cause of hip impingement: pathophysiology and treatment options // Hip Int. 2013. no. 23. P. 35-41. DOI: 10.5301/hipint.5000063.
2. Siebenrock K.A., Steppacher S.D., Haefeli P.C., Schwab J.M., Tannast M. Valgus hip with high antetorsion causes pain through posterior extraarticular FAI // Clin Orthop Relat Res. 2013. no. 471. P. 3774-3780. DOI: 10.1007/s11999-013-2895-9.
3. Tannast M., Hanke M., Ecker T.M., Murphy S.B., Albers C.E., Puls M. LCPD: reduced range of motion resulting from extra- and intraarticular impingement // Clin Orthop Relat Res. 2012. no. 470. P. 2431-2440. DOI: 10.1007/s11999-012-2344-1.

4. Lerch T.D., Antioco T., Boschung A., Meier M.K., Schmaranzer F., Novais E.N., Tannast M., Steppacher S.D. Hip Impingement Location in Maximal Hip Flexion in Patients With Femoroacetabular Impingement With and Without Femoral Retroversion // *Am J. Sports Med.* 2022. Vol. 50. no. 11. P. 2989-2997. DOI: 10.1177/03635465221110887.
5. Boschung A., Antioco T., Novais E.N., Kim Y.J., Kiapour A., Tannast M., Steppacher S.D., Lerch T.D. Large Hip Impingement Area and Subspine Hip Impingement in Patients With Absolute Femoral Retroversion or Decreased Combined Version // *Orthop J. Sports Med.* 2023. Vol. 11. no. 2. P. 23259671221148502. DOI: 10.1177/23259671221148502.
6. Albers C.E., Steppacher S.D., Schwab J.M., Tannast M., Siebenrock K.A. Relative femoral neck lengthening improves pain and hip function in proximal femoral deformities with a highriding trochanter // *Clin Orthop Relat Res.* 2015. Vol. 473. no. 4. P. 1378-1387. DOI: 10.1007/s11999-014-4032-9.
7. Бортулёв П.И., Виссарионов С.В., Басков В.Е., Поздникин И.Ю., Барсуков Д.Б. Оценка состояния позвоночно-тазовых соотношений у детей с двусторонним высоким стоянием большого вертела // *Современные проблемы науки и образования.* 2020. № 1. [Электронный ресурс]. URL: <https://science-education.ru/ru/article/view?id=29513> (дата обращения: 22.06.2023). DOI: 10.17513/spno.29513.
8. Leibold C.S., Vuillemin N., Buehler L., Siebenrock K.A., Steppacher S.D. Surgical hip dislocation with relative femoral neck lengthening and retinacular softtissue flap for sequela of Legg–Calve–Perthes disease // *Oper Orthop Traumatol.* 2022. no. 34. P. 352-360. DOI: 10.1007/s00064-022-00780-9.
9. Фридланд М.О. Ортопедия. М.: Медгиз, 1954. 508 с.
10. 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.
11. Wang C., Sun Y., Ding Z., Lin J., Luo Z., Chen J. Influence of Femoral Version on the Outcomes of Hip Arthroscopic Surgery for Femoroacetabular Impingement or Labral Tears: A Systematic Review and Meta-analysis // *Orthop J. Sports Med.* 2021. Vol. 9. no. 6. P. 23259671211009192. DOI: 10.1177/23259671211009192.
12. Meier M.K., Reche J., Schmaranzer F., von Tengg-Kobligk H., Steppacher S.D., Tannast M., Novais E.N., Lerch T.D. How frequent is absolute femoral retroversion in symptomatic patients with cam- and pincer-type femoroacetabular impingement? // *Bone Jt. Open.* 2022. Vol. 3. no. 7. P. 557-565. DOI: 10.1302/2633-1462.37.BJO-2022-0049.R1.

13. Бортулёв П.И., Виссарионов С.В., Познович М.С., Поздникин И.Ю. Устройство для определения уровня остеотомии и транспозиции большого вертела при его гипертрофии // Патент РФ № 2777431. Патентообладатель ФГБУ «НМИЦ ДТО им. Г.И. Турнера». 2022. Бюл. № 22.
14. Поздникин И.Ю., Барсуков Д.Б., Бортулев П.И. Способ хирургического лечения детей с высоким положением большого вертела // Патент РФ № 2734054. Патентообладатель ФГБУ «НМИЦ ДТО им. Г.И. Турнера». 2020. Бюл. № 45.
15. Bangerter C., Romkes J., Lorenzetti S., Krieg A.H., Hasler C.C., Brunner R., Schmid S. What are the biomechanical consequences of a structural leg length discrepancy on the adolescent spine during walking? // *Gait & Posture*. 2019. no. 68. P. 506-513. DOI: 10.1016/j.gaitpost.2018.12.040.
16. 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.