

ОРИГИНАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

Научная статья

УДК 616.728.2-001.6: 615.825.6

DOI: 10.17816/pmj4045-15

НАРУШЕНИЕ ВЕРТИКАЛЬНОГО БАЛАНСА ТЕЛА У ДЕТЕЙ С ОДНОСТОРОННИМ ВЫСОКИМ ПОЛОЖЕНИЕМ БОЛЬШОГО ВЕРТЕЛА

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

*Национальный медицинский исследовательский центр детской
травматологии и ортопедии имени Г.И. Турнера, г. Санкт-Петербург, Россия*

VIOLATION OF VERTICAL BALANCE OF THE BODY IN CHILDREN WITH ONE-SIDED HIGH RIDING TROCHANTER

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

*H. Turner National Medical Research Center for Children's Orthopedics and Trauma Surgery,
Saint-Petersburg, Russian Federation*

Цель. Изучение нарушения постурального баланса у детей с односторонним высоким стоянием большого вертела в зависимости от направленности смещения общего центра давления (ЦД) тела во фронтальной плоскости.

Материалы и методы. Проведено двухплатформенное стабилметрическое исследование 16 пациентов в возрасте от 11 до 16 лет ($M \pm m = 13,1 \pm 0,76$ г.) с односторонним высоким положением большого вертела бедренной кости, которые были распределены на две группы: I – 6 пациентов со смещением общего ЦД в сторону поражённой нижней конечности (33 [19–42] мм), II – 10 пациентов со смещением общего ЦД в сторону интактной нижней конечности (17 [8–36] мм). В группу контроля были включены 16 здоровых детей того же возраста.

Результаты. В зависимости от смещения общего ЦД в сторону поражённой или интактной нижней конечности у пациентов обеих групп наблюдались различные величины и соотношения стабилмет-

© Никитюк И.Е., Бортулёв П.И., Виссарионов С.В., 2023

тел. +7 951 641 24 54

e-mail: femtotech@mail.ru

[Никитюк И.Е. (*контактное лицо) – кандидат медицинских наук, ведущий научный сотрудник лаборатории физиологических и биомеханических исследований; Бортулёв П.И. – кандидат медицинских наук, руководитель отделения патологии тазобедренного сустава; Виссарионов С.В. – доктор медицинских наук, профессор, член-корреспондент РАН, директор].

© Nikityuk I.E., Bortulev P.I., Vissarionov S.V., 2023

tel. +7 951 641 24 54

e-mail: femtotech@mail.ru

[Nikityuk I.E. (*contact person) – Candidate of Medical Sciences, Leading Researcher, Laboratory of Physiological and Biomechanical Investigations; Bortulev P.I. – Candidate of Medical Sciences, Head of the Department of Hip Joint Pathology; Vissarionov S.V. – MD, PhD, Professor, Correspondent Member of RAS, Director].

рических параметров индивидуально под каждой из контралатеральных нижних конечностей. Наиболее выраженная асимметрия показателей постурального баланса нижних конечностей, по сравнению с нормой, выявлена во второй группе пациентов. У них разница медиан сагиттального смещения ЦД между контралатеральными конечностям ΔY составляла 45 мм, в то время как у пациентов первой группы медиана ΔY была 7 мм. Медианы угловых скоростей Ω между нижними конечностями соотносились как 36 к 23 град/с во II группе по сравнению с 27 к 29 град/с – в I. Также у пациентов II группы был выявлен наибольший показатель избыточного квартильного отклонения угла направления колебаний векторограмм α на поражённой нижней конечности – 62° по сравнению с интактной 11°.

Выводы. Значительная асимметрия показателей постурального баланса у пациентов II группы может быть обусловлена компенсаторными реакциями организма для предотвращения грубой дестабилизации всей системы постурального контроля, поэтому такой дисбаланс соответствует адекватной постуральной стратегии.

Ключевые слова. Высокое стояние большого вертела, биомеханика, билатеральный стабиллографический тест, фронтальный и сагиттальный баланс.

Objective. To study the postural balance disorders in children with a one-sided high riding trochanter, depending on the direction of displacement of the general center of pressure (COP) of the body in the frontal plane.

Material and methods. A two-platform stabilometric study of 16 patients aged 11 to 16 years ($M \pm m = 13.1 \pm 0.76$) with a one-sided high riding trochanter of the femur was conducted. The children were divided into two groups: group I – 6 patients with a shift of the general COP towards the affected lower limb (33[19 – 42] mm), group II – 10 patients with a displacement of the general COP towards the intact lower limb (17 [8–36] mm). The control group included 16 healthy children of the same age.

Results. Depending on the displacement of the general COP towards the affected or intact lower limb, different values and ratios of stabilometric parameters were observed in patients of both groups individually under each of the contralateral lower limbs. The most pronounced asymmetry of the indicators of the postural balance of the lower extremities compared with the norm was revealed in the second group of patients. Among them, the median difference of sagittal displacement of the COP between the contralateral limbs ΔY was 45 mm, while in patients of the first group, the median ΔY was 7 mm. The medians of angular velocities Ω between the lower extremities were correlated as 36 to 23 degrees/s in the second group compared with 27 to 29 degrees/s in the first. Also, in patients of the second group, the highest indicator of excessive quartile deviation of the angle of the direction of oscillations of the vector diagrams α on the affected lower limb was revealed – 62° compared with the intact 11°.

Conclusions. Significant asymmetry of postural balance indicators in patients of the second group may be due to compensatory reactions of the body to prevent gross destabilization of the entire postural control system, therefore, such an imbalance corresponds to an adequate postural strategy.

Keywords. High riding trochanter, biomechanics, bilateral stabilographic test, frontal and sagittal balance.

ВВЕДЕНИЕ

Довольно частым осложнением консервативного лечения детей с дисплазией тазобедренных суставов и врожденного вывиха бедра является гипертрофия большого вертела [1]. В процессе роста ребёнка происходит постепенное смещение большого вертела в сторону подвздошной кости вверх относительно головки бедра. При этом происходит уменьшение расстояния между точками прикрепления ягодичных мышц, что

вызывает значительное снижение силы их мышечного рычага. Это приводит к дисфункции тазобедренного сустава и всей нижней конечности [2]. Нарушение биомеханики поражённой нижней конечности усугубляется сопутствующим её укорочением [3], которое может провоцировать нарушение распределения нагрузки между конечностями [4]. Известно, что у здоровых людей сознательное латеральное смещение нагрузки приводит к адекватной биомеханической реакции нагружаемой конечности [5]. Одна-

ко у пациентов с односторонним высоким стоянием большого вертела смещение центра массы тела во фронтальной плоскости является произвольным. При подобном патологическом бессознательном латеральном смещении нагрузки опорно-двигательная система больных формирует компенсаторные адаптивные механизмы для минимизации нарушений биомеханики тела [6]. Во всяком случае особенности биомеханики пациентов с гипертрофией большого вертела полностью не изучены, поэтому развившиеся адаптивные реакции в их опорно-двигательной системе нуждаются во всестороннем исследовании.

Цель исследования – изучить нарушения постурального баланса у детей с односторонним высоким стоянием большого вертела в зависимости от направленности смещения общего центра давления тела во фронтальной плоскости.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

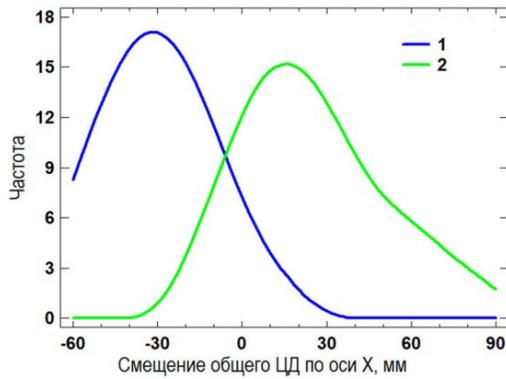
Проведено стабилметрическое исследование 16 пациентов в возрасте от 11 до 16 лет ($M \pm m = 13,1 \pm 0,76$) с односторонним высоким стоянием большого вертела бедренной кости. Так как у больных было выявлено смещение общего центра давления (ЦД) как в сторону поражённой, так и интактной нижних конечностей, пациенты были распределены на две группы: I – 6 пациентов со смещением общего ЦД в сторону поражённой нижней конечности, II – 10 пациентов со смещением общего ЦД в сторону интактной нижней конечности (рис. 1, а). В группу контроля были включены 16 здоровых детей того же возраста.

При клиническом исследовании у всех пациентов было выявлено укорочение нижней конечности от 1 до 3 см на стороне поражения, при этом у пациентов I группы среднее укорочение составило $M \pm m$ (здесь и

далее) $1,1 \pm 0,21$ мм, у пациентов II группы – $1,4 \pm 0,27$ мм ($p > 0,05$). При рентгенологическом обследовании у всех больных выявлены отклонения в показателях артикуло-трохантерной дистанции (*articulo-trochanteric distance* – ATD), которая оценивает расстояние от верхушки большого вертела до центра головки бедренной кости. У пациентов I группы среднее значение параметра ATD составляло $-15,1 \pm 5,7$ мм, у пациентов II группы – $-16,3 \pm 4,2$ мм ($p > 0,05$) (рис. 1, б). Обе группы можно считать однородными в связи с отсутствием значимых различий в анатомо-рентгенологических показателях.

При стабилметрическом исследовании детей определяли не только параметры общего ЦД тела, но также отдельно показатели ЦД контралатеральных конечностей в билатеральном тесте на двух платформах комплекса «Стабилан 01-2» (ОКБ «РИТМ», Россия).

При открытых и закрытых глазах регистрировали векторограммы (рис. 2, а) и статокинезиограммы (рис. 2, б), рассчитывали основные параметры движений общего центра давления тела: смещение во фронтальной (X , мм) и в сагитальной ($Y_{\text{общ}}$, мм) плоскостях. Также вычисляли параметры движения ЦД каждой из контралатеральных нижних конечностей; индивидуальное смещение ЦД в сагитальной плоскости (Y , мм), разницу в смещении ЦД между контралатеральными конечностями (ΔY , мм); нормированную площадь векторограмм нижних конечностей (S , мм²/с); линейную (V , мм/с) и угловую (Ω , град/с) скорости ЦД; коэффициент сжатия статокинезиограмм КС (соотношение величин осей эллипса); угол направления колебаний векторограммы (α , градусы) – отклонение большой оси векторограммы относительно сагитальной оси. При отклонении оси по часовой стрелке угол α трактовали положительным, при повороте против часовой стрелки – отрицательным (рис. 2, а).



а



б

Рис. 1. Графическое отображение смещения общего центра давления пациентов во фронтальной плоскости (а): 1 – пациенты первой группы, 2 – пациенты второй группы; пример рентгенограммы пациентки Ш., 11 лет, с многоплоскостной деформацией проксимального отдела правой бедренной кости, высоким положением большого вертела (б)

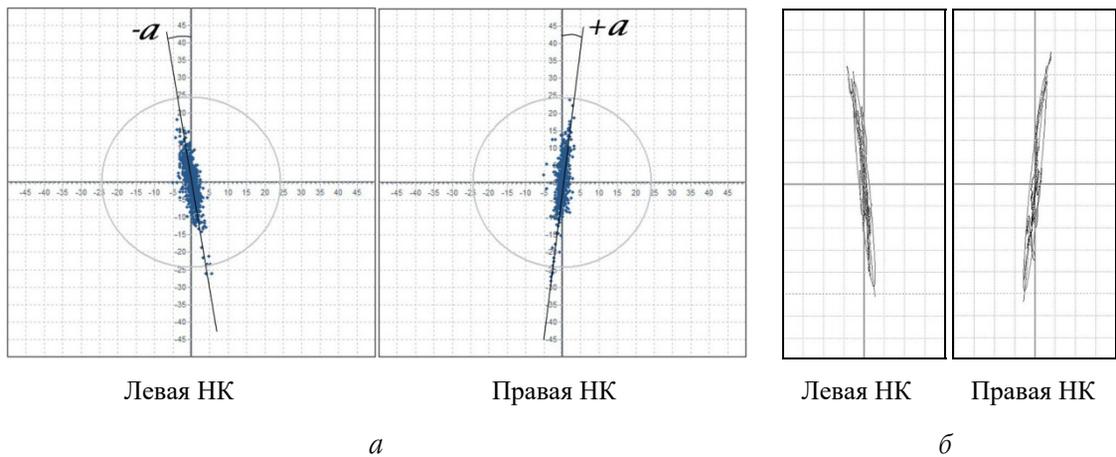


Рис. 2. Регистрация движений центров давления контралатеральных нижних конечностей: а – векторограммы здорового ребёнка (α – угол среднего направления колебаний); б – статокинезиограммы здорового ребёнка

Статистические расчёты выполнены с использованием программ SPSS 11.5 (разработчик IBM, США) и Statgraphics Centurion 16.2 (разработчик Statpoint Technologies, Inc., США). Использовали критерий Манна – Уитни, применяли корреляционный анализ с использованием коэффициента Спирмена r_s . Для сравнения дисперсий двух выборок использовали F -критерий Фишера (ANOVA). Уровень для принятия различий составлял 0,05.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Анализ статокинезиограмм и векторограмм продемонстрировал значительные отклонения от нормы пострурального баланса пациентов обеих групп с односторонним высоким положением большого вертела. В то время как у здоровых детей смещение общего центра давления по оси X было незначительным – 1,0 [0,7–1,8] мм, у пациентов

Таблица 1

Корреляционные связи между стабилметрическими и анатомическими параметрами поражённых нижних конечностей пациентов с односторонним высоким положением большого вертела

Соотношение	Коэффициент корреляции Спирмена r_s	
	Группа I, $n = 6$	Группа II, $n = 10$
$X \sim \text{ATD}$	-0,49 ($p = 0,054$)	-0,45 ($p = 0,047$)
$Y \sim \text{ATD}$	0,31 ($p = 0,324$)	0,32 ($p = 0,238$)
$X \sim Y$	0,66 ($p = 0,019$)	0,11 ($p = 0,631$)
$\text{КС} \sim \alpha$	-0,91 ($p < 0,001$)	0,03 ($p = 0,914$)

отклонение ЦД во фронтальной плоскости было резко выраженным: 33 [19–42] мм – в первой группе, 17 [8–36] мм – во второй ($p < 0,05$). Продемонстрированные нарушения фронтального баланса туловища у пациентов можно было бы объяснить перекосом у них таза, которое характерно для одностороннего укорочения нижней конечности [7; 8]. В таком случае логичным было бы ожидать компенсаторного смещения общего центра давления в сторону интактной нижней конечности. Однако в настоящем исследовании только у 62 % больных с односторонним высоким положением большого вертела наблюдалось смещение веса тела в здоровую сторону, в то время как у 38 % больных – в сторону поражённой конечности. Необходимо учитывать, что при такой патологии происходит прилегание большого вертела бедренной кости к супраацетабулярной части подвздошной кости [9], которое может приводить к непредсказуемому дисбалансу нагрузки на нижние конечности у пациентов.

Анализ зависимости величины отклонения общего ЦД во фронтальной плоскости X от артикуло-трохантерной дистанции (ATD) выявил умеренную обратную корреляцию

к $X \sim \text{ATD}$ как в I, так и во II группах пациентов. То есть, при уменьшении ATD увеличивается расстояние от верхушки большого вертела до центра головки бедренной кости, что приводит к увеличению латерального отклонения ЦД, независимо от стороны поражения (табл. 1).

При этом у обследованных больных выявляется разнонаправленное отклонение общего ЦД в сагиттальной плоскости (координата $Y_{\text{общ}}$) относительно нормальных значений (3 [1–5] мм) с тенденцией к переднему смещению (9 [-7–16] мм) у пациентов II группы и заднему смещению (-8 [-14–9] мм) у пациентов I группы ($p = 0,021$). Такие различия в сагиттальном дисбалансе общего ЦД между группами пациентов с односторонней гипертрофией большого вертела могут быть объяснены различной реакцией позвоночного столба на смещение веса тела во фронтальной плоскости либо в сторону поражённой, либо интактной нижней конечности. Необходимо учитывать, что хотя общий центр давления тела и центр масс тела взаимосвязаны [10], однако в сагиттальной плоскости направленность смещения их векторов может не совпадать даже у здоровых людей [11]. При отдельной регистрации ЦД на контралатеральных нижних конечностях у пациентов I группы выявлено его отклонение с обеих сторон как в переднем, так и в заднем направлении, при этом медианные сагиттальные значения ЦД приближены к нормальным (рис. 3, а). В то же время у пациентов II группы было более существенное нарушение сагиттального баланса тела, что проявлялось значимым смещением ЦД вперёд под поражённой нижней конечностью (27 [12–90] мм), и назад – под интактной нижней конечностью (-8 [-25 – -3] мм) ($p < 0,001$). Такой выраженный дисбаланс контралатеральных нижних конечностей у больных II группы может быть обусловлен тем, что при латеральном смещении общего

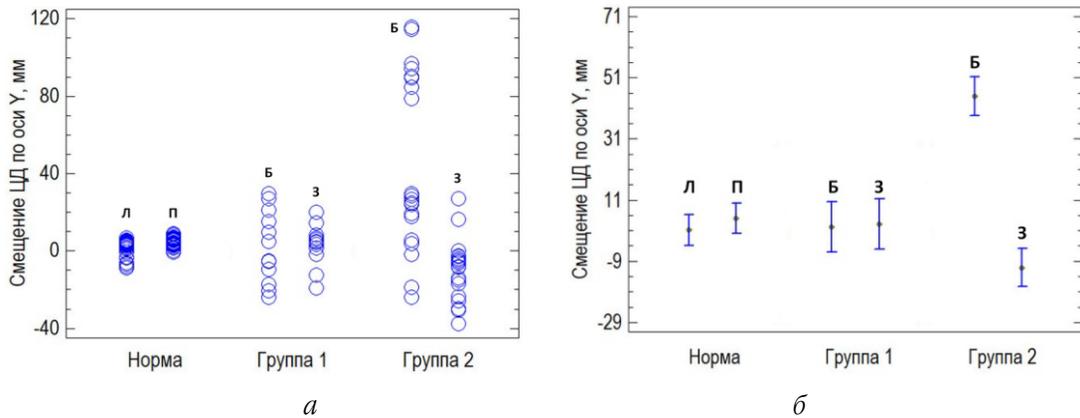


Рис. 3. Графическое отображение смещения центра давления контралатеральных нижних конечностей обследованных детей в сагиттальной плоскости: а – диаграмма точечная; б – диаграмма 95%-ных интервалов средних значений. Л и П – левая и правая нижние конечности у здоровых детей, Б – «больная» и З – «здоровая» нижние конечности у пациентов с высоким положением большого вертела

центра давления в сторону интактной нижней конечности последняя сохраняет функциональное доминирование, беря на себя основную биомеханическую нагрузку [12]. В этой группе в 95,0 % случаев интервалы средних значений сагиттальных координат ЦД поражённой и интактной нижних конечностей не пересекаются с соответствующими интервалами здоровых детей, что свидетельствует об их значимых различиях (рис. 3, б).

Разница в сагиттальном смещении ЦД между контралатеральными конечностям ΔY резко выражена у пациентов II группы – 45[21–102] мм, по сравнению с пациентами I группы – 7[-6–38] мм ($p = 0,019$), с учётом того, что в норме $\Delta Y = 3[0–6]$ мм.

Анализ зависимости величины сагиттального отклонения ЦД поражённой нижней конечности Y от АТД ни в одной из групп больных не выявил значимой корреляции $Y \sim \text{АТД}$ (см. табл. 1). То есть нарушение сагиттального баланса у пациентов с односторонним высоким положением большого вертела не связано со степенью его гипертрофии. Однако у пациентов I группы, в отличие от II, отклонение ЦД поражённой

нижней конечности в сагиттальной плоскости (Y) имеет сильную зависимость от смещения ЦД во фронтальной плоскости (X) (см. табл. 1). При этом во II группе практически отсутствует связь между параметрами X и Y , тем не менее переднее отклонение ЦД поражённой конечности у них более выраженное. Этот феномен может быть обусловлен тем, что на фоне перекоса таза у больных формируются адаптивные механизмы в кинематической цепи «таз – позвоночник», нарушающие сагиттальный баланс туловища [13], что в большей степени проявляется в условиях смещения ЦД в сторону интактной нижней конечности.

У пациентов обеих групп на нижних конечностях было выявлено значимое увеличение, по сравнению со здоровыми детьми, нормированной площади векторограмм S и линейной скорости V . При этом различия между контралатеральными конечностями и группами пациентов были незначимые.

Расчёт углов направления колебаний α векторограмм у здоровых детей показал на обеих нижних конечностях незначительное отклонение длинной оси облака векторов

от сагиттальной оси (см. рис. 2, а). Медианные и квартильные показатели отклонений угла на векторограммах интактных нижних конечностей не имели отличий между группами пациентов (см. табл. 2). Однако на поражённых нижних конечностях между группами больных выявлены выраженные различия в величинах квартильных интервалов показателей угла α . При этом были значимыми различия между дисперсиями величин угла α пациентов обеих групп ($p < 0,001$) (рис. 4).

Важным показателем функциональной асимметрии нижних конечностей является коэффициент сжатия статокинезиограмм. При сравнительной оценке параметров КС у здоровых детей не было обнаружено значимых различий между контралатеральными нижними конечностями ($p = 0,181$). У больных I группы на интактной НК выявлено значимое снижение КС по сравнению с нормой ($p = 0,002$), в то же время отсутствовали значимые различия с поражённой НК (см. табл. 2). У больных II группы наблюдалось обратное соотношение: резкое уменьшение величины КС на поражённой стороне при нормальных показателях – на интактной. Снижение значений коэффициентов

сжатия указывает на патологическое расширение фигуры статокинезиограммы от нормальной веретеновидной до патологической формы овала. Это свидетельствует о нарушении направленности колебаний ЦД соответствующих нижних конечностей пациентов, когда вместо преимущественно продольных движений ЦД появляются поперечные. Анализ зависимости КС от величины углов направления колебаний α выявил сильную связь $КС \sim \alpha$ на поражённой нижней конечности только у пациентов I группы, в то время во II группе указанная связь на стороне поражения была слабой (см. табл. 1).

Анализ векторограмм позволяет рассчитать угловую скорость Ω перемещения ЦД [14]. В норме различия в угловых скоростях ЦД контралатеральных нижних конечностей незначительные ($p = 0,436$) (см. табл. 2). У пациентов I группы также не было выявлено значимых различий между нижними конечностями в показателях Ω , однако эти показатели были снижены по сравнению со здоровыми детьми как на поражённой ($p = 0,001$), так и на интактной стороне ($p = 0,002$). Считается, что угловая скорость является показателем стабильности вертикального баланса, и при хорошей сбалансированности тела её показатели

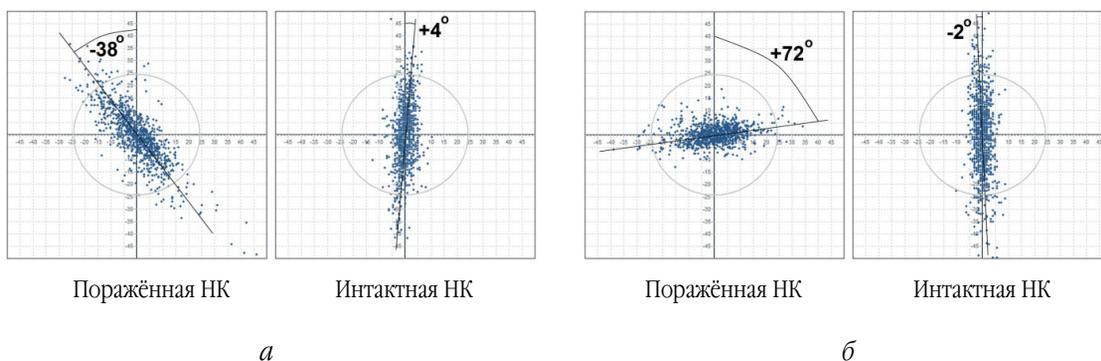


Рис. 4. Векторограммы контралатеральных нижних конечностей пациентов с левосторонним высоким положением вертела в тестах с открытыми глазами: а – пациент I группы (избыточное отрицательное значение угла α на стороне поражения); б – пациент II группы (выраженное патологическое положительное значение угла α на стороне поражения)

**Стабилометрические показатели контралатеральных нижних конечностей
(Me [Q₂₅ – Q₇₅]) здоровых детей и пациентов с односторонним высоким
положением большого вертела**

Параметры	Группа обследованных						p
	Здоровые дети		Пациенты				
			группа I		группа II		
	левая НК (1), n = 16	правая НК (2), n = 16	поражённая НК (3), n = 6	интактная НК (4), n = 6	поражённая НК (5), n = 10	интактная НК (6), n = 10	
α (град)	-7 [-9 – -5]	6 [5–8]	-15 [-34 – -11]	7 [4–12]	-5 [-38–62]	8 [2–11]	$p^{3-5} = 0,328$ $p^{4-6} = 0,712$
КС	17 [12–29]	14 [10–21]	13 [3–22]	7 [4–13]	3 [2–6]	11 [7–20]	$p^{3-4} = 0,846$ $p^{5-6} = 0,001$ $p^{3-5} = 0,048$ $p^{4-6} = 0,092$
Ω (град/с)	32 [30–34]	33 [31–36]	27 [21–29]	29 [27–31]	36 [30–40]	23 [20–28]	$p^{3-4} = 0,157$ $p^{5-6} < 0,001$ $p^{3-5} = 0,001$ $p^{4-6} = 0,031$

Примечание: $p^{3-4, 5-6}$ – уровень значимости различий между поражённой и интактной нижней конечностью (НК) у пациентов; $p^{3-5, 4-6}$ – уровень значимости различий между группами пациентов.

минимальны, так как не требуются резкие изменения направления движения ЦД тела для удержания его вертикального положения [14]. Исходя из величины параметра Ω, у пациентов I группы компенсация отклонений тела от вертикальной оси является своевременной и, следовательно, адекватной. У пациентов II группы угловая скорость ЦД на интактной нижней конечности резко снижена (см. табл. 2), в то время как Ω центра давления на поражённой конечности значимо превышает нормальные показатели ($p = 0,046$). Такая функциональная асимметрия контралатеральных нижних конечностей может быть обусловлена смещением общего ЦД тела в интактную сторону, что приводит к «функциональному перераспределению» – повышению стабильности интактной НК при снижении таковой у поражённой НК [5].

Таким образом, у больных с односторонней гипертрофией большого вертела

бедренной кости выявляются значительные нарушения механизмов удержания вертикального положения тела. В первую очередь это проявляется нарушением фронтального и сагиттального баланса. У больных I группы смещение общего центра давления в сторону поражённой нижней конечности приводит к её перегрузке, что создаёт угрозу провоцирования нарушения её опорной функции. У больных II группы с позиции законов статического перераспределения нагрузки смещение общего центра давления в сторону интактной нижней конечности должно быть более адекватным для организма. Однако при односторонней патологии проксимального отдела бедра на статические механизмы реализации стабильности опорно-двигательной системы пациента наслаивается дискоординация в кинематической цепи в системе «тазобедренные суставы – позвоночник». Это приводит к адаптивным компенсаторным реакциям организма для пре-

дотвращения грубой дестабилизации всей системы постурального баланса, чтобы создать условия для сохранения функциональности вертикального положения пациента и его ходьбы.

Выводы

1. У детей с односторонним высоким стоянием большого вертела опорно-двигательная система формирует различные постуральные стратегии в зависимости от направленности отклонения общего центра давления тела во фронтальной плоскости.

2. В зависимости от смещения общего центра давления в сторону поражённой или интактной нижней конечности у пациентов обеих групп наблюдаются различные величины и соотношения стабилметрических параметров индивидуально под каждой из контралатеральных нижних конечностей: угловой скорости центра давления, сагитального баланса, угла направления колебаний векторограмм α , коэффициента сжатия статокинезиограмм.

3. Наиболее выраженная асимметрия показателей постурального баланса нижних конечностей, выявленная у пациентов со смещением общего центра давления в интактную сторону, может объясняться компенсаторными реакциям организма для предотвращения грубой дестабилизации всей системы постурального контроля, поэтому такой дисбаланс соответствует адекватной постуральной стратегии.

4. Понимание сущности адаптивных механизмов вертикального баланса у детей с односторонним высоким стоянием большого вертела имеет большое значение для уточнения упорядоченности формирования нарушений в кинематических цепях опорно-двигательной системы, что следует принимать во внимание при хирургическом лечении.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Поздникин И.Ю., Басков В.Е., Барсуков Д.Б., Бортулёв П.И., Краснов А.И. Гипертрофия большого вертела и вертельно-тазовый импинджмент-синдром у детей (причины формирования, рентгеноанатомическая характеристика). Ортопедия, травматология и восстановительная хирургия детского возраста 2019; 7 (3): 15–24.

2. 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; 473 (4): 1378–1387.

3. Поздникин И.Ю., Бортулёв П.И., Барсуков Д.Б., Басков В.Е. Транспозиция большого вертела. Взгляд на проблему. Ортопедия, травматология и восстановительная хирургия детского возраста 2021; 9 (2): 195–202.

4. Pereiro-Buceta H., Becerro-de-Bengoa-Vallejo R., Losa-Iglesias M.E., López-López D., Navarro-Flores E., Martínez-Jiménez E.M., Martiniano J., Calvo-Lobo C. The Effect of Simulated Leg-Length Discrepancy on the Dynamic Parameters of the Feet during Gait-Cross-Sectional Research. Healthcare 2021; 9 (8): 932.

5. Казенников О.В., Куреева Т.Б., Шлыков В.Ю. Влияние структуры опорной поверхности под стопой на поддержание вертикальной позы при разном распределении нагрузки между ногами. Физиология человека 2016; 42 (4): 61–68.

6. Assogba T.F., Boulet S., Detrembleur C., Mabaudens P. The effects of real and artificial leg length discrepancy on mechanical work and energy cost during the gait. Gait Posture 2018; 59: 147–151.

7. Шеколова Н.Б., Лихачева Л.В. Динамика биомеханических и электромиографических изменений при консервативном лечении детей с идиопатическим укорочением

нижних конечностей. Пермский медицинский журнал 2013; 30 (1): 73–88.

8. *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; 68: 506–513.

9. *Tannast M., Hanke M., Ecker T.M., Murphy S.B., Albers C.E., Puls M.* LCPD: reduced range of motion resulting from extra- and intra-articular impingement. *Clin Orthop Relat Res.* 2012; 470: 2431–2440.

10. *Lu H.L., Lu T.W., Lin H.C., Hsieh H.J., Chan W.P.* Effects of belt speed on the body's center of mass motion relative to the center of pressure during treadmill walking. *Gait Posture* 2017; 51: 109–115.

11. *Vieira M.F., de Brito A.A. Junior, Lehen G.C., Rodrigues F.B.* Center of pressure and center of mass behavior during gait initiation on inclined surfaces: A statistical parametric mapping analysis. *J Biomech.* 2017; 3 (56): 10–18.

12. *Schorderet C., Hilfiker R., Allet L.* The role of the dominant leg while assessing balance performance. A systematic review and meta-analysis. *Gait Posture* 2021; 84: 66–78.

13. *Kim S.B., Lee G.S., Won Y.G., Jun J.B., Hwang C.M., Hong C.H.* Radiologic findings of pelvic parameters related to sagittal balance. *J Korean Soc. Spine Surg.* 2016; 23 (3): 197–205.

14. *Доценко В.И., Усачев В.И., Морозова С.В., Скедина М.А.* Современные алгоритмы стабилметрической диагностики постуральных нарушений в клинической практике. *Медицинский совет* 2017; 8: 116–122.

REFERENCES

1. *Pozdnykin I.Yu., Baskov V.E., Barsukov D.B., Bortulev P.I., Krasnov A.I.* Relative overgrowth of the greater trochanter and trochanteric-pelvic impingement syndrome in children: causes and x-ray anatomical charac-

teristics. *Pediatric Traumatology, Orthopaedics and Reconstructive Surgery* 2019; 7 (3): 15–24 (in Russian).

2. *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 high-riding trochanter. *Clin Orthop Relat Res.* 2015; 473 (4): 1378–1387.

3. *Pozdnykin I.Yu., Bortulev P.I., Barsukov D.B., Baskov V.E.* Transposition of the great trochanter: A look at the problem. *Pediatric Traumatology, Orthopaedics and Reconstructive Surgery* 2021; 9 (2): 195–202 (in Russian).

4. *Pereiro-Buceta H., Becerro-de-Bengoa-Vallejo R., Losa-Iglesias M.E., López-López D., Navarro-Flores E., Martínez-Jiménez E.M., Martiniano J., Calvo-Lobo C.* The Effect of Simulated Leg-Length Discrepancy on the Dynamic Parameters of the Feet during Gait-Cross-Sectional Research. *Healthcare* 2021; 9 (8): 932.

5. *Kazennikov O.V., Kireeva T.B., Shlykov V.Y.* Influence of structure of the support surface under the sole on vertical posture during standing with different body weight distribution between legs. *Human Physiology* 2016; 42 (4): 61–68 (in Russian).

6. *Assogba T.F., Boulet S., Detrembleur C., Mabaudens P.* The effects of real and artificial leg length discrepancy on mechanical work and energy cost during the gait. *Gait & Posture* 2018; 59: 147–151.

7. *Schekolova N.B., Likhacheva L.V.* Dynamics of biomechanical and electromyographic changes in conservative treatment of children with idiopathic low limb shortening. *Perm Medical Journal* 2013; 30 (1): 73–78 (in Russian).

8. *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; 68: 506–513.

9. 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; 470: 2431–2440.

10. Lu H.L., Lu T.W., Lin H.C., Hsieh H.J., Chan W.P. Effects of belt speed on the body's center of mass motion relative to the center of pressure during treadmill walking. *Gait Posture* 2017; 51: 109–115.

11. Vieira M.F., de Brito A.A. Junior, Lebben G.C., Rodrigues F.B. Center of pressure and center of mass behavior during gait initiation on inclined surfaces: A statistical parametric mapping analysis. *J Biomech*. 2017; 3 (56): 10–18.

12. Schorderet C., Hilfiker R., Allet L. The role of the dominant leg while assessing balance performance. A systematic review and meta-analysis. *Gait Posture* 2021; 84: 66–78.

13. Kim S.B., Lee G.S., Won Y.G., Jun J.B., Hwang C.M., Hong C.H. Radiologic findings of pelvic parameters related to sagittal balance. *J Korean Soc. Spine Surg*. 2016; 23 (3): 197–205.

14. Dotsenko V.I., Usachev V.I., Morozova S.V., Skedina M.A. Modern algorithms of postural disturbances in clinical practice. *Meditinskiy sovet* 2017; 8: 116–122 (in Russian).

Финансирование. Работа проведена в рамках выполнения Государственного задания Минздрава России.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Вклад авторов равноценен.

Поступила: 01.03.2023

Одобрена: 15.03.2023

Принята к публикации: 10.05.2023

Просьба ссылаться на эту статью в русскоязычных источниках следующим образом: Никитюк, И.Е., Нарушение вертикального баланса тела у детей с односторонним высоким положением большого вертела / И.Е. Никитюк, П.И. Бортулёв, С.В. Виссарионов // Пермский медицинский журнал. – 2023. – Т. 40, № 4. – С. 5–15. DOI: 10.17816/pmj4045-15

Please cite this article in English as: Nikityuk I.E., Bortulev P.I., Vissarionov S.V. Violation of vertical balance of the body in children with one-sided high riding trochanter *Perm Medical Journal*, 2023, vol. 40, no. 4, pp. 5-15. DOI: 10.17816/pmj4045-15