

СТАБИЛОМЕТРИЧЕСКИЙ МЕТОД ОЦЕНКИ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ЛЕЧЕНИЯ ДЕТЕЙ С ВРОЖДЕННОЙ КОСОЛАПОСТЬЮ

© *Никитюк И. Е., Клычкова И. Ю.*

ФГБУ «НИДОИ им. Г.И. Турнера» Минздрава России, Санкт Петербург

■ Было проведено стабилметрическое исследование 58 пациентов с врожденной косолапостью в возрасте от 5 до 16 лет как перед консервативным и оперативным лечением, так и в отдаленные сроки после исправления деформаций стоп — от 2 до 10 лет. Из них у 39 были поражены обе стопы, у 8 — только правая стопа и у 11 — только левая. Наиболее выраженные нарушения баланса тела наблюдались у пациентов при одностороннем поражении стоп, при этом корреляционные закономерности отклонения центра давления тела выявлены во фронтальной плоскости: смещение влево — при правосторонней косолапости и вправо — при левосторонней. Функциональное состояние опорно-двигательного аппарата пациентов с односторонней косолапостью зависит от стороны поражения, при этом статокINETические нарушения более выражены при правосторонней косолапости. В результате лечения пациентов с разными формами косолапости наблюдалась отчетливая положительная динамика биомеханических изменений в виде увеличения функциональной активности оперированных стоп и нижних конечностей в целом.

■ **Ключевые слова:** врожденная косолапость; стабилметрия; постуральные нарушения.

Введение

Врожденная косолапость — один из наиболее сложных пороков развития стопы у детей. Данная деформация наиболее часто склонна к рецидивированию, несмотря на тщательно проводимое восстановительное лечение. Развитие рецидивов деформации в процессе роста ребенка пагубно влияет на опороспособность стопы, функцию голеностопного сустава и приводит к неадекватной нагрузке на остальные суставы пораженной и контралатеральной конечностей. Основной задачей врача при лечении врожденной косолапости является сохранение функции и опороспособности деформированной конечности. При восстановительных вмешательствах на стопах следует принимать во внимание возможные последствия, а именно, неизбежные изменения распределения нагрузки как под стопой, так и между обеими стопами. Это не должно значительно нарушать сбалансированных взаимоотношений, иначе может произойти перегрузка того или иного отдела стопы, приводящая к усугублению асимметричного распределения веса тела на нижние конечности. Поэтому обследование функционального состояния стоп, имеет важное значение.

Единственным методом оценки функционального состояния нижних конечностей у детей с врож-

денной косолапостью, кроме клинического, является биомеханический [6, 7], в частности стабилметрия [1]. Принцип его действия основан на регистрации текущих координат и колебаний проекции общего центра массы человека в вертикальной позе на площадь опоры [2]. Стабилметрические исследования позволяют выявить асимметрии опорно-двигательного аппарата и нарушение функции суставов, определить функциональное состояние пораженных нижних конечностей, определить опороспособность конечности [3, 4].

Цель исследования

Стабилметрическое изучение нарушения функции стоп у детей с врожденной косолапостью и определение эффективности ее восстановления после консервативного и хирургического лечения.

Материалы и методы

Методом стабилметрии выявляли особенности распределения статической нагрузки на нижние конечности. При этом определяли координаты X (мм) и Y (мм) проекции общего центра давления (ЦД), девиации ЦД во фронтальной x (мм) и сагитальной — y (мм) плоскостях (рис. 1), скорость его перемещения V (мм/с), длину L (мм) и площадь S

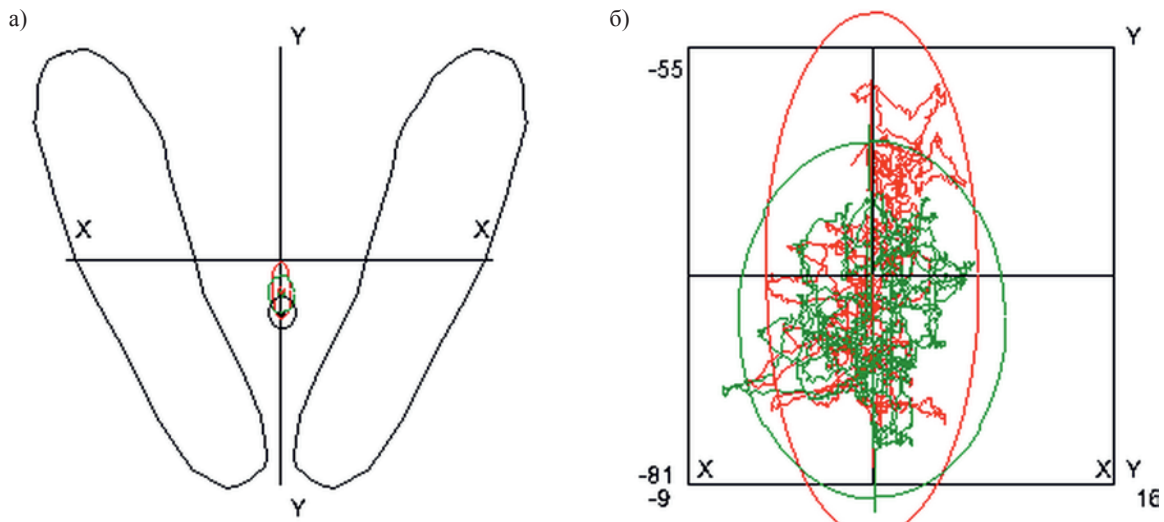


Рис. 1. Компьютерная стахокинезиограмма здорового ребенка:

Физиологическая девиация колебаний центра давления в форме эллипса, более вытянутого в переднезаднем направлении с открытыми глазами, чем с закрытыми: а) реальный ЦД ребенка проецируется в одной сагиттальной плоскости вместе с абсолютным ЦД и смещен несколько кпереди; б) графическое изображение реальной стахокинезиограммы

(мм²) стахокинезиограммы (СКГ) [4]. Исследования проводились при спокойном стоянии на стабилметрической платформе при различных сенсорных условиях: при открытых и закрытых глазах, что позволяло рассчитать коэффициент Ромберга (КР) (%). Для оценки состояния вертикальной устойчивости применялся компьютерный стабилметрический комплекс «МБН — Биомеханика» (Москва).

Стабилметрическое исследование проведено 58 пациентам с врожденной косолапостью в возрасте от 5 до 16 лет как перед лечением, так и в отдаленные сроки после исправления деформаций стоп (от 2 до 10 лет). Из них у 39 были поражены обе стопы, у 8 — только правая стопа и у 11 — только левая. Для объективизации исследования предварительно провели обследование контрольной группы из 28 детей такой же возрастной группы без признаков ортопедической патологии, которые считались здоровыми. Таким образом, основная и контрольная группы были сопоставимы по полу, возрасту и антропометрическим показателям, которые по стандарту учитываются при проведении стабилметрии [4]. Полученные результаты подвергались статистической обработке по стандартной методике [5].

Результаты и обсуждение

В таблицах 1 и 2 представлены те основные показатели баланса вертикальной стойки пациентов с врожденной косолапостью при двухстороннем и одностороннем поражении, которые имеют статистически достоверные отклонения от нормативных показателей.

До лечения

Анализ стабилметрических данных таблиц 1 и 2 показал, что у больных с врожденной косолапостью до лечения наиболее выраженные и закономерные нарушения устойчивости во фронтальной плоскости отмечаются при односторонней косолапости. Статистически достоверно выявлена четкая закономерность смещения проекции реального ЦД от абсолютного ЦД: влево — при правостороннем поражении, вправо — при левостороннем. При этом в обеих группах боковое смещение ЦД варьирует от 4 до 9 мм. Такой характер асимметричного распределения веса тела на нижние конечности у пациентов с односторонней косолапостью может свидетельствовать о компенсаторном перераспределении статической нагрузки при стоянии в пользу здоровой нижней конечности вследствие снижения опорной функции нижней конечности на стороне поражения стопы. Таким образом, наиболее выраженные нарушения баланса тела наблюдались при одностороннем поражении стоп.

В сагиттальной плоскости отмечалась иная зависимость смещения реального ЦД перед операцией у пациентов с односторонней косолапостью. При правосторонней косолапости реальный ЦД проецировался кзади от абсолютного ЦД, в среднем на 12,8 мм. Характерным для пациентов с правосторонней косолапостью являлось отсутствие так называемой «голеностопной стратегии» сохранения баланса тела, которая хорошо проявляется у здоровых детей. Голеностопная стратегия наиболее физиологически выгодна и характеризуется направленностью колебаний центра масс в передне-

Таблица 1

Стабилометрические показатели у пациентов с врожденной косолапостью при двухстороннем поражении

Параметры		Клинические группы		
		Контрольная группа — здоровые дети (M ± m)	Пациенты до лечения (M ± m)	Пациенты после лечения (M ± m)
X, мм	О	-0,49±0,07	0,36±2,2	0,13±1,1
	З	-0,39±0,06	1,35±3,1	1,5±1,1
Y, мм	О	11,25±0,92	19,2±2,7*	17,6±2,5
	З	8,26±0,78	19,0±3,2*	16,7±2,4
x, мм	О	11,5±0,43	16,9±1,2*	17,4±0,8
	З	13,8±0,5	14,4±1,4	14,9±1,1
y, мм	О	16,5±0,6	23,6±0,6*	23,2±1,1
	З	17,6±0,4	17,7±1,6	23,2±1,0

Примечание: О — проба с открытыми глазами, З — проба с закрытыми глазами
Символом * обозначены достоверно изменяющиеся показатели с достоверностью не менее $p < 0,05$ (95%)

Таблица 2

Стабилометрические показатели у пациентов с врожденной косолапостью при одностороннем поражении

Параметры		Клинические группы			
		Пациенты с правосторонней косолапостью		Пациенты с левосторонней косолапостью	
		до лечения (M ± m)	после лечения (M ± m)	до лечения (M ± m)	после лечения (M ± m)
X, мм	О	-3,6±1,3*	-1,2±0,9	8,6±2,1*	5,0±2,2
	З	-2,2±1,1	-1,0±0,4	6,8±2,4*	7,5±0,9
Y, мм	О	-1,6±1,7*	12,9±2,9*	20,7±3,3*	2,2±2,6
	З	2,2±3,1	16,1±2,1	19,6±3,8*	4,5±2,8
x, мм	О	15,5±1,1	14,7±2,2	8,7±0,4*	13,6±0,9
	З	19,2±1,4	15,0±0,9*	9,9±0,5*	16,2±0,8
y, мм	О	17,5±1,0	18,9±1,5	12,4±0,6*	15,5±0,9
	З	18,8±1,1	20,6±1,3*	14,5±0,7*	19,1±0,8

Примечание: О — проба с открытыми глазами, З — проба с закрытыми глазами
Символом * обозначены достоверно изменяющиеся показатели с достоверностью не менее $p < 0,05$ (95%)

заднем направлении — в сагиттальной плоскости. При этом фигура проекции ЦД представлена эллипсом, соотношение осей которого y/x в норме составляет величину: $16,5 \text{ мм}/11,5 \text{ мм} = 1,43$. При правосторонней косолапости сложный механизм голеностопной стратегии управления вертикальной стойкой был нарушен, что свидетельствует о невысоком адаптивном потенциале опорно-двигательного аппарата. Хотя в этой группе пациентов усредненная фигура проекции колебаний ЦД с открытыми глазами подразумевает эллипсоид, несколько вытянутый вдоль сагиттальной плоскости, соотношение y/x составляет небольшую величину: $17,5 \text{ мм}/15,5 \text{ мм} = 1,12$, которое из-за большого раз-

броса значений не является статистически достоверным ($p > 0,05$). А при закрытых глазах усредненная фигура проекции ЦД фактически представляет окружность ($y/x = 1,0$) (рис. 2).

Противоположная направленность смещения ЦД в сагиттальной плоскости наблюдалась перед лечением у пациентов с левосторонней косолапостью. При этом статистически достоверно происходило смещение реального ЦД кпереди относительно ЦД здоровых детей в среднем на 9,2 мм. Характерной особенностью статокинезиограмм пациентов с левосторонней формой косолапости являлась хорошо выраженная физиологическая голеностопная стратегия сохранения вертикальной стойки, что свиде-

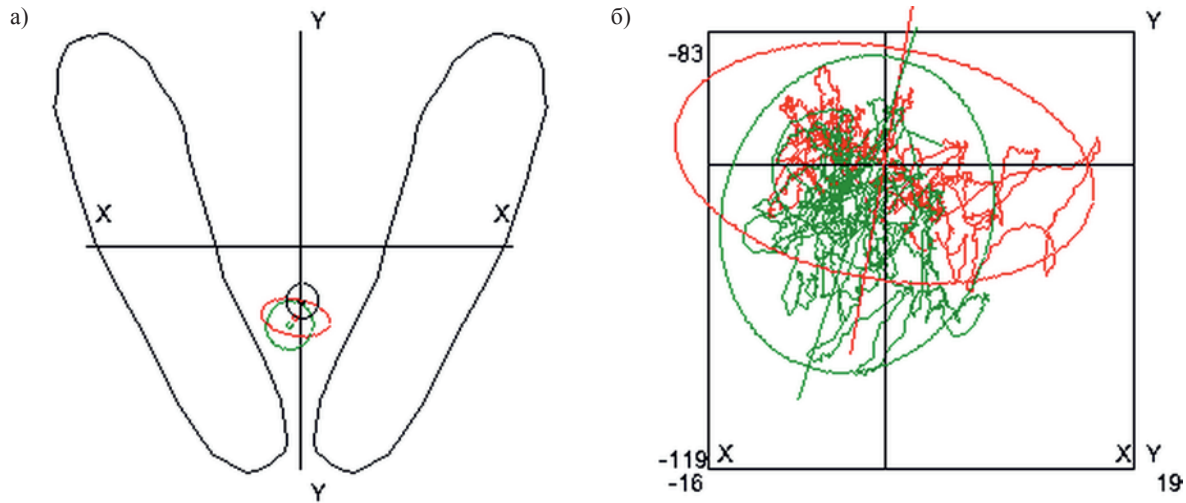


Рис. 2. Компьютерная статокинезиограмма пациента с правосторонней косолапостью:

Снижение эксцентриситета девиации центра давления при открытых глазах, при закрытых глазах — направленность колебаний во фронтальной плоскости: а) смещение реального ЦД ребенка влево и дорзально от положения абсолютного ЦД; б) графическое изображение реальной статокинезиограммы

тествовало о сохранности адаптивного потенциала опорно-двигательного аппарата, несмотря на деформацию левой стопы.

В этой группе детей проекция колебаний ЦД образовывала эллипс со средним соотношением сторон y/x : $12,4 \text{ мм}/8,7 \text{ мм} = 1,63 > 1,43$ — с открытыми глазами и $14,5 \text{ мм}/9,9 \text{ мм} = 1,46 > 1,43$ — с закрытыми (рис. 3). То есть помимо всего прочего в указанных случаях наблюдалось нормальное физиологическое явление: пациенты с открытыми глазами лучше поддерживают вертикальное положение тела, чем без зрительного контроля. Все это может свидетельствовать о том, что смещение реального ЦД кпереди при левосторонней косолапости является выраженным компенсаторным ответом физио-

логической голеностопной стратегии на смещение ЦД во фронтальной плоскости. Это, в свою очередь, позволяет предположить при данной форме косолапости сохранность механизма сохранения баланса вертикальной стойки в сагиттальной плоскости.

Таким образом, использование математического аппарата анализа статокинезиограмм перед лечением у пациентов с односторонней косолапостью выявило следующее. Во-первых, нарушен механизм поддержания баланса тела во фронтальной плоскости, при этом статистически достоверно смещение реального ЦД влево при правосторонней косолапости и вправо — при левосторонней. Во-вторых, состояние статокинетической системы зависит от стороны поражения стоп. Гипотетически можно

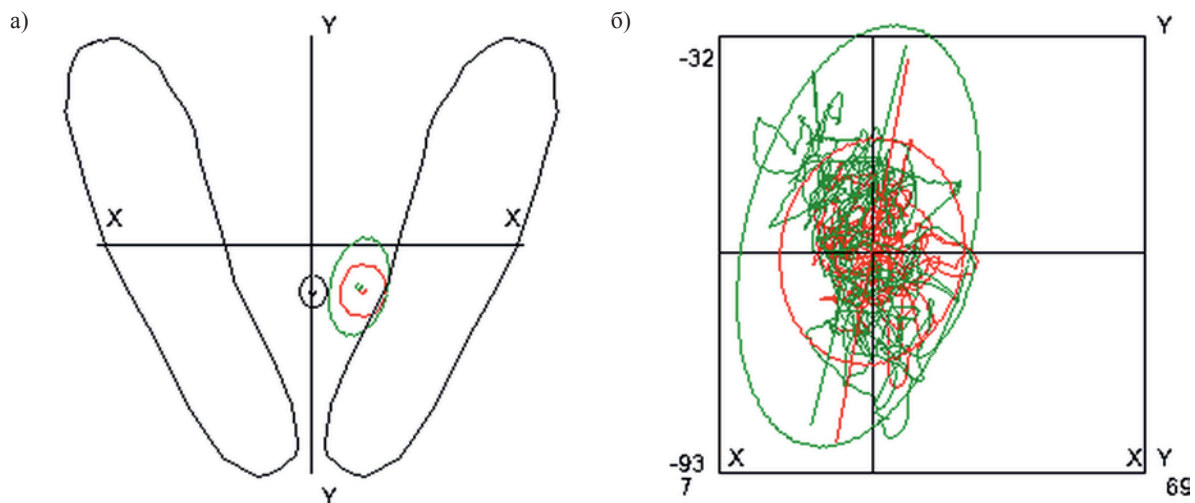


Рис. 3. Компьютерная статокинезиограмма пациента с левосторонней косолапостью:

Физиологическая девиация колебаний центров давления в форме эллипсов, вытянутых в переднезаднем направлении: а) смещение реального ЦД ребенка вправо от положения абсолютного ЦД; б) графическое изображение реальной статокинезиограммы

предположить, что при врожденном правостороннем поражении стопы могут происходить более выраженные отклонения в опорно-двигательном аппарате ребенка, чем при левостороннем, так как правая сторона у подавляющего большинства людей является ведущей. Врожденная патология на этой стороне может приводить к напряженности компенсаторных механизмов синхронной функции обеих нижних конечностей, вплоть до субкомпенсации.

Анализ представленных в таблице 1 стабилметрических показателей у пациентов с двухсторонней косолапостью показал принципиально иную картину баланса тела. Статистически достоверно отсутствует смещение проекции реального ЦД во фронтальной плоскости. То есть у детей с двухсторонним поражением перед лечением центр тяжести во фронтальной плоскости проецируется на линии, проведенной через середину расстояния между стопами, что соответствует норме [4]. При этом хорошо выражена физиологическая голеностопная стратегия поддержания вертикального баланса, что проявляется отчетливой эллипсовидностью фигуры проекции колебаний ЦД, вытянутой в сагиттальной плоскости, особенно выраженной при открытых глазах. Соотношение y/x при этом составляет $23,6 \text{ мм}/16,9 \text{ мм} = 1,39 > 1,0$ и приближается к норме ($y/x = 1,43$). Однако статистически достоверно выявлено умеренное смещение проекции реального ЦД кпереди в среднем на 8 мм, по сравнению со здоровыми детьми. Хотя это свидетельствует о некоторой напряженности механизма сохранения баланса вертикальной стойки у пациентов с двухсторонней косолапостью перед лечением, однако энергозатраты по обеспечению стабилизации центра масс тела при двустороннем поражении стоп гораздо ниже, чем при одностороннем.

После лечения

Сравнительная характеристика показателей баланса вертикальной стойки пациентов с различными сторонами поражения при врожденной косолапости до и после лечения, представленная в таблицах 1 и 2, свидетельствует об улучшении степени стабильности вертикальной стойки пациентов в отдаленные сроки наблюдения.

Как при лево-, так и при правосторонней косолапости после лечения наметилась тенденция к возвращению проекции ЦД во фронтальной плоскости к нормальному положению. При правосторонней косолапости реальный центр давления сместился к среднестатистической норме, в среднем, на 2,4 мм, при левосторонней — на 3,6 мм. Однако полного восстановления положения ЦД во фронтальной плоскости после лечебных мероприятий односторонней косолапости не произошло.

В сагиттальной плоскости положение реального ЦД после лечения у пациентов с односторонней косолапостью стало более стабильным при правосторонней косолапости: заднесмещенный ЦД переместился кпереди в зону значений, характерных для здоровых детей (от $-1,6 \text{ мм}$ к $12,9 \text{ мм}$). При левосторонней косолапости манипуляции на стопах способствовали “маятникообразному” переходу реального ЦД относительно ЦД, характерного для здоровых детей. Если до лечения у этих пациентов центр давления был смещен в среднем на 9 см вперед, то после лечения — на такое же расстояние назад.

Важным результатом лечебных мероприятий при односторонней косолапости является восстановление физиологической голеностопной стратегии поддержания баланса тела при правостороннем поражении. Это выражается в формировании проекцией колебаний ЦД фигуры эллипса, вытянутого в сагиттальной плоскости, причем в тесте без участия зрительного анализатора среднее соотношение y/x доходило до значений, близких к нормальным — до 1,37. После лечения при левосторонней косолапости голеностопная стратегия поддержания баланса, хотя и не столь выражено, но сохранялась, при этом среднее соотношение y/x составляло $1,14 > 1,0$.

После лечебных манипуляций при двухсторонней косолапости наметилась тенденция возврата реального ЦД в сагиттальной плоскости к среднему положению, характерному для здоровых детей. Несмотря на то, что среднее значение координаты ЦД в сагиттальной плоскости было несколько смещено кпереди от нормального значения — на 6,5 мм, статистических различий положения реального ЦД между пролеченными и здоровыми детьми не выявлено. Это свидетельствует об оптимизации механизма стабилизации вертикального положения тела после восстановительных вмешательств на стопах, что благоприятно сказывается на функциональной активности не только стоп, но и в целом конечностей. После лечения у данной категории пациентов величина девиаций колебаний ЦД не увеличилась ни во фронтальной, ни в сагиттальной плоскостях, по сравнению с долеченными показателями: в среднем, соотношение осей $y/x = 3,2 \text{ мм}/17,4 \text{ мм} = 1,33$. Это является дополнительным фактором, свидетельствующим в пользу того, что использованные методы коррекции деформаций стоп не нарушили механизм поддержания баланса тела пациентов.

Следует отметить, что не было выявлено достоверных отличий в величинах остальных показателей статокинезиограмм (длина L , площадь S , скорость V , коэффициент Ромберга), как в контрольной группе здоровых детей, так и в группе па-

циентов до и после лечения. Стабилометрические данные не показали картину наличия постуральных нарушений с дисфункцией стаатокинетической системы. Соотношение стабиллометрических показателей при стоянии с открытыми и закрытыми глазами у пациентов до и после лечения статистически достоверно не отличалось от здоровых детей. Это свидетельствует не только об отсутствии грубых постурологических нарушений у пациентов с разными формами косолапости, но и о наличии возможностей сохранения ими баланса после лечебных манипуляций.

Выводы

1. Наиболее выраженные нарушения баланса тела наблюдаются у пациентов при одностороннем поражении стоп.
2. Наиболее закономерные отклонения центра давления тела выявлены во фронтальной плоскости: влево — при правосторонней косолапости и вправо — при левосторонней.
3. Функциональное состояние опорно-двигательного аппарата пациентов с односторонней косолапостью зависит от стороны поражения, при этом стаатокинетические нарушения более выражены при правосторонней косолапости.
4. В результате консервативного и оперативного лечения пациентов с разными формами косолапости наблюдается отчетливая положительная динамика биомеханических изменений в виде увеличения функциональной активности оперированных стоп и всей нижних конечностей в целом.

Литература

1. Батышева Т.Т., Скворцов Д.В., Труханов А.И. Современные технологии диагностики и реабилитации в неврологии и ортопедии. М.: Медика, 2005. 256 с.
2. Гурфинкель В.С., Коц Я.М., Шик М.Л. Регуляция позы человека. М.: Наука, 1965. 255 с.
3. Погосян И.А. Ранняя диагностика и коррекция функциональных нарушений опорно-двигательной системы у детей с врожденной челюстно-лицевой патологией. Дисс. канд. мед. наук. Екатеринбург, 1998. 154 с.

Сведения об авторах:

Никитюк Игорь Евгеньевич — к.м.н., ведущий научный сотрудник лаборатории физиологических и биомеханических исследований. ФГБУ «НИДОИ им. Г.И. Турнера» Минздрава России. 196603. СПб., г. Пушкин, ул. Парковая, д. 64–68. E-mail: femtotech@mail.ru

Клычкова Ирина Юрьевна — к.м.н., заведующая отделением патологии стопы, нейроортопедии и системных заболеваний. ФГБУ «НИДОИ им. Г.И. Турнера» Минздрава России. 196603. СПб., г. Пушкин, ул. Парковая, д. 64–68. E-mail: klychkova@yandex.ru

4. Скворцов Д.В. Клинический анализ движений. Стабилометрия. М.: Антидор, 2000. 190 с.
5. Стрелков Р.Б. Статистические таблицы для экспресс обработки экспериментального и клинического материала. Обнинск: Издательство АМН СССР, НИИ Медицинской Радиологии, 1980. 18 с.
6. Alkjaer T., Pedersen E.N.G., Simonsen E.B. Evaluation of the walking pattern in clubfoot patients who received early intensive treatment // *J Pediatr Orthop.* 2000. № 20. P. 642–647.
7. Carson M.C., Harrington M.E., Thompson N. et al. Kinematic analysis of a multi-segment foot model for research and clinical applications: a repeatability analysis // *J Biomechanics.* 2001. № 34. P. 1299–1307.

STABILOMETRICAL ESTIMATING METHOD OF FUNCTIONAL RESULTS OF TREATMENT IN CHILDREN WITH CONGENITAL CLUBFOOT

Nikityuk I.E., Klychkova I.Y.

✧ **Summary.** Stabilometrical study was performed in 58 patients with congenital clubfoot aged from 5 to 16 years old not only before the conservative and surgical treatment, but also in the long-term period after correction of foot deformities — from 2 to 10 years. Among them 39 patients had both affected feet, 8 - only the right foot and 11 — only the left one. The most significant imbalance of the body was observed in patients with unilateral lesions of the feet, while the correlation patterns of deviation of body pressure center were detected in the frontal plane: the dislocation to the left — in right-side clubfoot and to the right — in left-side clubfoot. The functional state of musculoskeletal system of patients with unilateral clubfoot depends on the affected side; herewith statokinetic abnormalities are more marked in right-side clubfoot. As a result of the treatment of patients with different forms of clubfoot, a clearly positive dynamics of biomechanical changes was observed, e.g. increased functional activity of the operated feet and lower limbs as a whole.

✧ **Key words:** congenital clubfoot; stabilometrics; postural disorders.

Nikityuk Igor Evgenjevich — Ph.D, leading research associate of the laboratory of physiological and biomechanical research. FSBI «Turner Scientific and Research Institute for Children's Orthopedics» of Health Ministry of Russia. 196603. Saint-Petersburg, Pushkin, Parkovaya str., 64-68. E-mail: femtotech@mail.ru

Klychkova Irina Yurjevna — Ph.D, chief of the department of foot pathology, neuroorthopedics and systemic diseases. FSBI «Turner Scientific and Research Institute for Children's Orthopedics» of Health Ministry of Russia. 196603. Saint-Petersburg, Pushkin, Parkovaya str., 64-68. E-mail: klychkova@yandex.ru