

УДК [616.831-009.1:616.7-009.1]-053.2-085.825

## **БИОЛОГИЧЕСКАЯ ОБРАТНАЯ СВЯЗЬ ПО СТАБИЛОГРАММЕ КАК ФИЗИОЛОГИЧЕСКИЙ МЕТОД ФОРМИРОВАНИЯ ДВИГАТЕЛЬНОЙ ФУНКЦИИ У ДЕТЕЙ С ПЕРИНАТАЛЬНОЙ ПАТОЛОГИЕЙ ЦЕНТРАЛЬНОЙ НЕРВНОЙ СИСТЕМЫ**

© 2006 г. М. Ю. Савельев, С. Е. Зиновьева, С. Л. Совершаева

Северный государственный медицинский университет, г. Архангельск

Физиологические методы коррекции играют важную роль в абилитации-реабилитации детей с двигательными нарушениями, в частности вызванными детским церебральным параличом (ДЦП). Проведены тренировки ортостатического равновесия с использованием биологической обратной связи по стабิโลграмме у 25 детей 7—9 лет, имеющих двигательные нарушения легкой степени вследствие ДЦП. Оценка результатов тренировочных курсов производилась сравнительным анализом стабילוграмм. У 13 пациентов после тренировок отмечалось увеличение вертикальной устойчивости. Повторные измерения в срок от 1 до 3 месяцев после тренировок не выявили значимых изменений. Данная методика может использоваться в программах абилитации детей с двигательными нарушениями вследствие ДЦП.

**Ключевые слова:** стабилметрия, биологическая обратная связь, детский церебральный паралич.

В области абилитации-реабилитации детей с ограниченными возможностями, в частности детским церебральным параличом (ДЦП), ведущая роль принадлежит физическим методам коррекции, которые в сочетании с другими методами позволяют в значительной степени повысить двигательные возможности детей, страдающих ДЦП.

На базе муниципального учреждения «Опорно-экспериментальный центр для детей с ограниченными возможностями» города Архангельска в течение пяти лет проводится научно-практическая работа по внедрению в практику тренажеров равновесия, использующих принцип биологической обратной связи (БОС, биоуправление, biofeedback) по стабילוграмме.

Биоуправление — это современный метод неспецифической терапии, в котором предоставление пациенту информации об активности восстанавливаемой функции оказывает стимулирующее влияние на процессы компенсации и активизации резервных возможностей организма. Создание внешней обратной связи обеспечивает дополнительный сенсорный контроль над физиологическими процессами, способствует активизации создания навыков ассоциативного регулирования [2].

Методы терапии с использованием биологической обратной связи распространены достаточно широко. Так, по данным А. Sikand [7], анкетный опрос 860 педиатров США, проведенный в 1998 году, определил, что 83,5 % из них в своей практике используют альтернативные методики лечения, среди которых на первом месте (23,6 %) по популярности находятся методики с использованием биологической обратной связи.

Биоуправление позволяет корректировать имеющиеся двигательные навыки и реализовать потенциально возможные. В некоторых случаях возможно формирование ранее не существовавших навыков и умений.

Основные противопоказания к применению данного метода связаны с трудностями восприятия пациентом внешних сигналов об активности контролируемой функции, обусловленными особенностями нервной деятельности. Проведение сеансов БОС, равно как и занятий лечебной физкультурой, предполагает активное участие пациентов в лечебном процессе, в связи с этим необходимо учитывать уровень интеллектуального развития и психоэмоционального состояния, возраст пациента, наличие у него психических расстройств [5].

Специфичными элементами биоуправления являются средства сигнализации. Наиболее распространенные сигналы — зрительные (разноцветные лампочки, бегущие дорожки) и слуховые (различной тональности) [2].

Используются в качестве средств сигнализации и игровые сюжеты. Эффективность биоуправления определяется интенсивностью мотивации, «настройкой» пациента на достижение устойчивого уровня саморегуля-

ции функции. Компьютерные мультимедийные игры повышают интерес пациента к процедуре, ее сценарию, придают происходящему эмоциональную окраску, что особенно важно в педиатрической практике [2].

Одной из характеристик двигательных возможностей субъекта является вертикальная устойчивость. Согласно современным представлениям, система поддержания равновесия в ортостатическом положении базируется на двух двигательных стратегиях и проприорецептивной регуляции.

В сагиттальной плоскости равновесие поддерживают в основном мышцы голени, а движения осуществляются в голеностопных суставах, при этом в норме коленные и тазобедренные суставы находятся в состоянии пассивного разгибания и в поддержании равновесия не участвуют. Вместе эти компоненты составляют голеностопную стратегию поддержания равновесия в сагиттальной плоскости, которая является наиболее значимой, поскольку в ней происходит основная работа, колебания имеют наибольшую амплитуду [6].

Во фронтальной плоскости равновесие поддерживается содружественными движениями в тазобедренных и подтаранных суставах мышцами бедра и голени. Эта схема более устойчива, амплитуда колебаний во фронтальной плоскости меньше, чем в сагиттальной.

Управляющая обратная связь осуществляется за счет проприорецепторов мышц и суставов, а также, в меньшей степени, зрительного и вестибулярного анализаторов.

Количественным показателем вертикальной устойчивости являются величина и динамика перемещения общего центра масс (ЦМ) тела, регистрируемые с помощью стабилметрической платформы. Оперативное представление пациенту визуальной информации о параметрах вертикального равновесия дает ему возможность динамической коррекции и получения таким образом тренировочного эффекта.

В современной литературе недостаточно информации о применении БОС по стабилограмме, так как немногие стабилметрические установки позволяют реализовать функцию тренажеров равновесия. Из отечественных установок это предусмотрено в платформах МБН [6].

В стабилметрической платформе МБН используется визуальная и звуковая обратная связь — информация выводится на монитор и динамики, установленные перед пациентом. Программно реализованы шесть видов тренажеров: три варианта тренажеров равновесия во фронтальной плоскости на поддержание центра масс на «нулевой» отметке с ограничением и без ограничения амплитуды колебаний и активное изменение положения ЦМ по заданной программе, а также три варианта игровых тренажеров: «стрелок» — необходимо перемещать курсор, стремясь удержать его на активной мишени, «мишень» — требуется удержать курсор в центре

мишени и «ZAR» — компьютерная игра, отображающая виртуальное пространство, передвигаться в котором можно, перемещая ЦМ.

Использование тренажеров равновесия в реабилитационных мероприятиях у детей, страдающих ДЦП, представляется весьма актуальным, поскольку одним из основных клинических признаков данного заболевания является нарушение развития локомоторных актов, в первую очередь перехода в ортостатическое положение и удержания равновесия в нем. Как следствие, страдает развитие других локомоций, таких, как ходьба и выполнение движений верхними конечностями.

Механизм поддержания равновесия у детей с последствиями ДЦП в общих чертах схож с таковым у здоровых детей и основан на тех же стратегиях и механизмах. Основные отличия состоят в значительно больших амплитудах колебаний ЦМ, вызванных: а) меньшим запасом устойчивости ввиду трехсуставного сгибания нижних конечностей, обуславливающего разнос масс тела относительно ЦМ, и, соответственно, требующего большего количества и амплитуды стабилизирующих движений; б) отсутствием достаточно развитого двигательного навыка поддержания равновесия в ортостатическом положении [3].

Применение тренажеров равновесия, использующих БОС по стабилограмме в абилитации-реабилитации детей с последствиями ДЦП, как, впрочем, и других методик двигательной реабилитации, использующих БОС, имеет сложности, ограничивающие их потенциальные возможности.

Использование данной методики предполагает активное участие и партнерство со стороны пациента, возраст которого должен быть не менее 4 лет, чтобы он мог понять данное ему задание. В этом возрасте ДЦП переходит в резидуальную стадию, характеризующуюся отсутствием у ребенка сформировавшихся двигательных стереотипов либо наличием их патологических форм, поэтому стоит задача коррекции имеющихся и создания новых двигательных навыков, что требует комплексного подхода — БОС должна применяться в сочетании с другими методами реабилитации [5].

Данный подход реализован в практике работы Опорно-экспериментального центра для детей с ограниченными возможностями, где под контролем со стороны врачей различных специальностей создаются индивидуальные программы реабилитации, включающие в себя методы лечебной физкультуры, физиотерапии, БОС [1].

Методика тренировки вертикального равновесия с использованием БОС по стабилограмме применяется в центре с 1999 года.

Тренировки проводились 32 детям в возрасте 7—15 лет, имеющим двигательные нарушения легкой степени и способным самостоятельно, без посторонней помощи удерживать вертикальное положение на стабилметрической платформе. Режим тренировок: курсами от 8 до 25 (в среднем 12) тренировок, повторные курсы проводились у 12 человек.

Эффективность тренировок оценивалась сравнением результатов стабилметрического исследования до и после проведения тренировочного курса, рассматривались следующие параметры, характеризующие вертикальную устойчивость:

- 1) площадь стабилграммы S, представляющая собой математически обработанный эллипс, в пределах которого осуществляется перемещение проекции общего ЦМ;
- 2) длина стабилграммы L, которая представляет собой путь перемещения проекции общего ЦМ за время измерения и характеризует уровень мышечной активности при поддержании равновесия;
- 3) амплитуда колебаний ЦМ в сагитальной (Y) плоскости, поскольку в ней осуществляются основные балансирующие движения при поддержании вертикального равновесия;
- 4) амплитуда колебаний ЦМ во фронтальной (X) плоскости;
- 5) 60 % EY — частота колебаний ЦМ по оси Y, на которую приходится 60 % энергии;
- 6) 60 % EX — частота колебаний ЦМ по оси X, на которую приходится 60 % энергии.

Проведена выборочная оценка 25 курсов в воз-

растной группе 7—9 лет. Поскольку в рамках исследования нами не выявлены половые и возрастные различия показателей стабилграмм в группе детей младшего школьного возраста, в дальнейшем эти факторы не учитывались [4]. Во всех стабилграммах наблюдалось превышение амплитуд колебаний и площади относительно нормы. В процессе работы были внесены изменения в методику проведения измерений: установка детей на измерительной платформе по нанесенным на верхнюю панель шаблонам ввиду наглядности оказалась предпочтительнее, чем по реперным линиям (рис. 1).



Рис. 1. Поверхность стабилметрической платформы с шаблонами

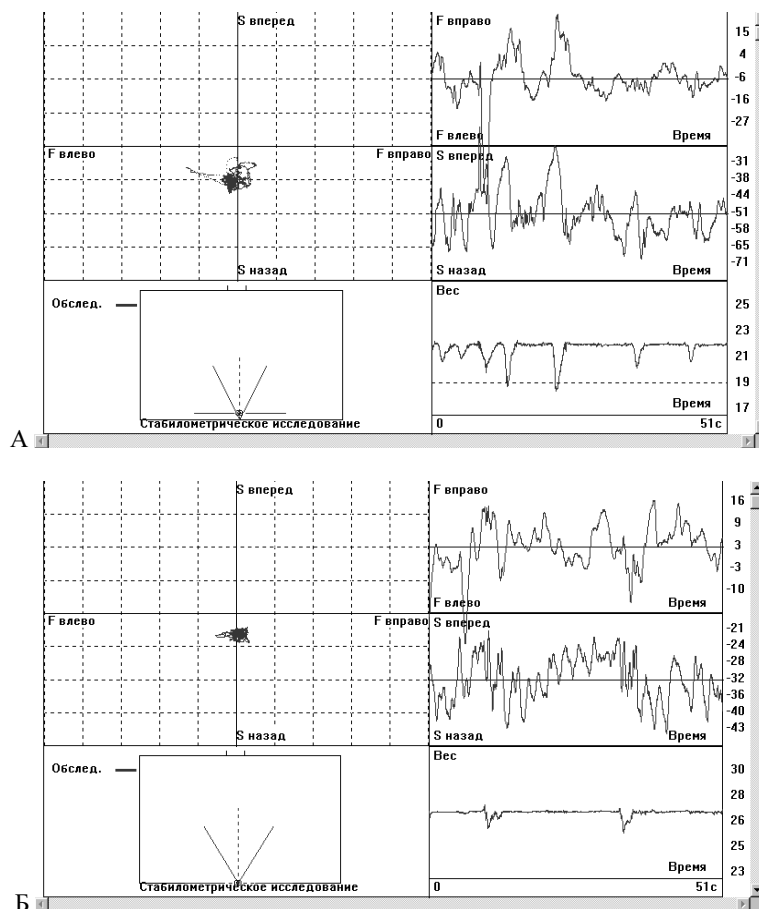


Рис. 2. Стабилметрические исследования до (А) и после (Б) проведения тренировок с использованием БОС по стабилграмме. Отмечается уменьшение площади стабилграммы, снижение амплитуд колебаний общего ЦМ, уменьшение количества артефактов (пациентка Д., 8 лет, DS: ДЦП, спастическая диплегия, сгибательно-приводящие контрактуры бедер)

Сравнение площадей стабิโลграмм S и амплитуд колебаний ЦМ (X, Y) до и после тренировок показало, что положительные и отрицательные результаты наблюдаются приблизительно в равной пропорции (рис. 2 и 3).

Рассмотрев относительное изменение площади стабิโลграммы dS до и после тренировок ( $dS = S_{\text{кон.}} / S_{\text{исх.}} \times 100$ ), были выделены две группы: а) 12 наблюдений, характеризующихся увеличением площади стабิโลграммы S; б) 13 наблюдений, при которых площадь стабิโลграммы S уменьшалась. Различия dS в данных группах подтверждены с помощью критерия Манна — Уитни:  $dS_a = 153,99$ ;  $dS_b = 64,07$ ;  $T = 234,00$  ( $p < 0,001$ ).

Сравнение относительных изменений других параметров с использованием t-критерия и критерия Манна — Уитни показало достоверное различие изменений амплитуд колебаний во фронтальной плоскости:  $dX_a = 134,06$ ;  $dX_b = 74,47$ ;  $T = 220,00$  ( $p < 0,001$ ) и в сагиттальной плоскости ( $M \pm \sigma$ ):  $dY_a = 111,47 \pm 28,08$ ;  $dY_b = 77,91 \pm 20,08$ ,  $T = 3,459$  ( $p = 0,002$ ). Различия в изменениях длины и частотных параметров стабิโลграммы в обеих группах были статистически незначимы ( $p > 0,05$ ).

В числе отличий параметров необходимо отметить более низкие начальные показатели баланса

в группе б ( $M \pm \sigma$ ):  $S_a = 826,14 \pm 466,570$ ;  $S_b = 1622,69 \pm 677,70$ ;  $X_a = 14,89 \pm 7,51$ ;  $X_b = 23,29 \pm 9,83$ ;  $L_a = 1029,86 \pm 203,25$ ;  $L_b = 1148,63 \pm 316,58$  ( $p < 0,05$ ), при этом достоверных различий в длине стабิโลграммы L и амплитудно-частотных характеристиках 60 % X и 60 % Y до и после тренировок выявлено не было ( $p > 0,05$ ).

Сравнительный анализ параметров баланса после тренировок в обеих группах показал отсутствие статистически значимых различий как в амплитудных, так и в частотных характеристиках колебаний ЦМ ( $p > 0,05$ ).

Статистически достоверная обратная связь между относительным изменением площади стабิโลграммы dS и амплитудой колебания ЦМ во фронтальной плоскости X, выявленная с применением коэффициента Спирмена ( $kSp = -0,50$ ;  $p = 0,01$ ), позволяет сделать вывод о зависимости эффективности тренировок от первоначальной ортостатической устойчивости, зависящей, в свою очередь, от тяжести двигательных нарушений.

Анализ зависимости изменений амплитуды колебаний ЦМ от продолжительности тренировочного курса с использованием коэффициента Пирсона не показал достаточно достоверной корреляции ( $p > 0,05$ ). Воз-

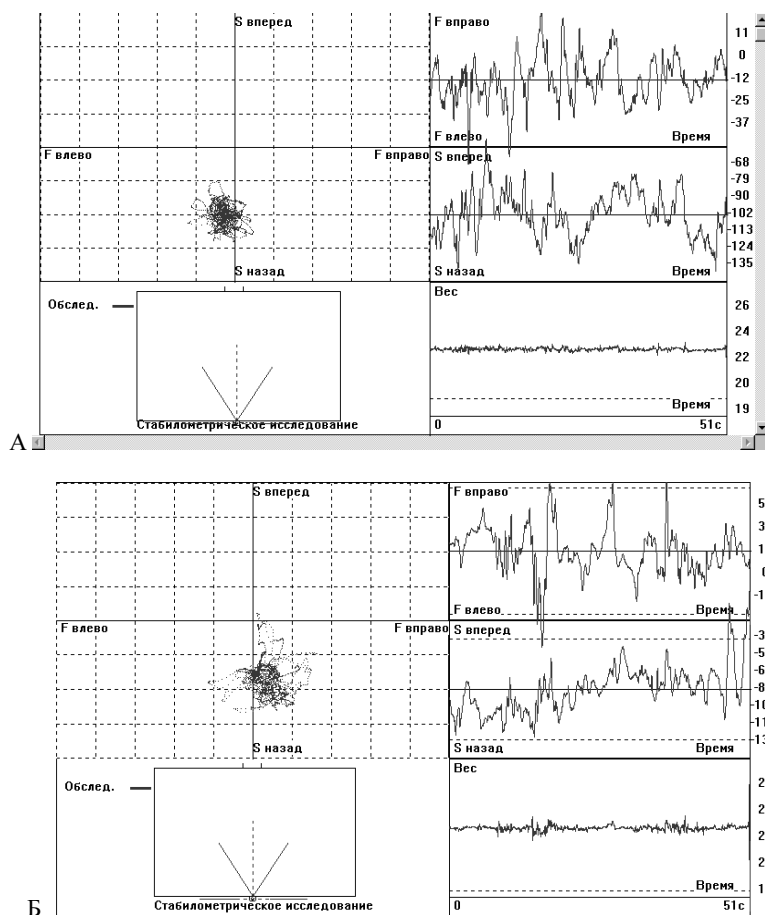


Рис. 3. Стабилометрические исследования до (А) и после (Б) проведения тренировок с использованием БОС по стабิโลграмме. Изменения практически отсутствуют, отмечается уменьшение количества высокоамплитудных колебаний, обусловленных гиперкинезами (пациент Г., 7 лет, DS: ДЦП, гиперкинетическая форма, легкая степень)

возможные причины — малое количество наблюдений, большой часто наблюдаемый при стабилметрическом исследовании у детей с наличием гиперкинезов разброс значений, недостаточно выраженный эффект при данной длительности курсов.

Анализ частотных характеристик колебаний показывает, что энергетический максимум (60 % ЕХ, 60 % ЕУ) приходится на диапазон 0,97 Нз для фронтальной и 1,1—1,2 Нз — для сагиттальной плоскости. На основании этого можно утверждать, что, хотя в результате тренировок в 50 % случаев мы получаем положительный результат, он достигается за счет реализации патологического механизма поддержания равновесия, определяемого характером изменений опорно-двигательного аппарата при ДЦП.

Повторные стабилметрические исследования, проведенные у 7 детей в срок от 1 до 3 месяцев после тренировок, не показали достоверных изменений вертикального баланса, что позволяет судить о стойкости полученного результата.

На основании полученных результатов можно сделать вывод об эффективности БОС по стабилграмме в реабилитации детей с последствиями ДЦП в виде нарушений в двигательной сфере и необходимости дальнейшего совершенствования методов ее применения.

#### Список литературы

1. *Зиновьева С. Е.* Состояние здоровья и физическое развитие детей с перинатальными нарушениями нервной системы : автореф. дис. ... канд. мед. наук / Зиновьева Светлана Евгеньевна. — Архангельск : Издательский центр СГМУ, 2002. — 20 с.
2. *Миронов С. П.* Использование биологической обратной связи биоэлектрической активности мышц при коррекции двигательных нарушений / С. П. Миронов, М. Б. Цыкунов, И. С. Косов // Российский медицинский журнал. — 2001. — № 6. — С. 29—31.
3. *Перхурова И. С.* Регуляция позы и ходьбы при детском церебральном параличе и некоторые способы коррекции / И. С. Перхурова, В. М. Лузинович, Е. Г. Сологубов. — М., 1996. — 248 с.

4. *Савельев М. Ю.* Физиологическое обоснование стабилметрии в оценке статического равновесия у детей младшего школьного возраста в норме и при нарушениях двигательной функции : автореф. дис. ... канд. мед. наук / Савельев Михаил Юрьевич. — Архангельск : Издательский центр СГМУ, 2005. — 20 с.

5. *Семенова К. А.* Восстановительное лечение больных с резидуальной стадией детского церебрального паралича / К. А. Семенова. — М. : АОЗТ Антидор, 1999. — 384 с.

6. *Скворцов Д. В.* Клинический анализ движений. Стабилметрия / Д. В. Скворцов. — М. : АОЗТ Антидор, 2000. — 192 с.

7. *Sikand A.* Pediatricians' experience with and attitudes toward complementary alternative medicine / A. Sikand, M. Laken // Arch. Pediatr. Adolesc. Med. — 1998. — Vol. 152, N 11. — P. 1059—1064.

#### BIOLOGICAL FEEDBACK ACCORDING TO STABILOGRAM AS PHYSIOLOGICAL METHOD OF MOTOR FUNCTION FORMATION IN CHILDREN WITH PERINATAL PATHOLOGY OF CENTRAL NERVOUS SYSTEM

**M. Yu. Savelyev, S. E. Zinovyeva, S. L. Sovershaeva**

*Northern State Medical University, Arkhangelsk*

Physiological methods of correction play an important role in abilitation-rehabilitation of children with motor disturbances, in particular infantile cerebral paralysis (ICP). Trainings of orthostatic equilibrium have been carried out with use of biological feedback according to stabilograms in 25 children at the age 7—9 y.o. having light motor disturbances owing to infantile cerebral paralysis. Evaluation of the results of the training courses was done by comparative analysis of stabilograms. After the trainings, an increase in vertical stability of 13 patients was registered. The repeated measurements in the period 1—3 months after the trainings have not determined significant changes. This method can be used in programs of abilitation of children with motor disturbances owing to ICP.

**Key words:** stabilometry, biological feedback, infantile cerebral paralysis.