

<https://doi.org/10.17116/kurort20199603141>

## Обоснование методики коррекции свойств двигательных способностей человека с использованием биологической обратной связи по опорной реакции

© Р.М. ГИМАЗОВ

БУ ВО ХМАО — ЮГРЫ «Сургутский государственный педагогический университет», Сургут, Россия

### Резюме

**Обоснование.** Постурологическая тренировка, включая реабилитационную, с использованием принципа биологической обратной связи по опорной реакции на стабилометрической платформе применяется в медицине для восстановления функций сохранения равновесия, в спорте — для увеличения вертикальной устойчивости у спортсменов и т. д.

**Цель исследования** — обосновать методики коррекции свойств двигательных способностей человека при стабилотренинге, основывающиеся на учете последовательно вовлекаемых уровней нервной системы в построение движений в играх с использованием биологической обратной связи по опорной реакции.

**Материал и методы.** Проведен анализ концепции многоуровневого построения движений Н.А. Бернштейна (1947). Для объективной инструментальной оценки постральной функции использовали компьютерную стабилometriю, включающую пробы Ромберга с открытыми и закрытыми глазами в европейской стойке (51 с). В исследование вошли 7 студентов университета, относящиеся по состоянию здоровья к специальной медицинской группе. Тренировка заканчивалась по ухудшению самочувствия студента, при его усталости, нежелании продолжать игру. Длительность тренировки составляла от 12 до 22 мин. Для получения достоверных результатов все стабилотметрические обследования проводили утром с 8 до 9 ч. Статистический анализ результатов исследования проводили с помощью критерия согласия частот Z-статистика (равенство наблюдаемых частот появления двух событий), критерий смещения медиан W Вилкоксона (при сравнении зависимых выборок).

**Результаты.** В статье излагаются связь положений многоуровневой концепции построения движений Н.А. Бернштейна со сведениями об уровне организации движений в играх с биологической обратной связью по опорной реакции, методические рекомендации по их применению и экспериментальное подтверждение повышения уровня функционирования свойств двигательных способностей — мышечной синергии и кинестетической чувствительности.

**Заключение.** Доказаны положительное тренирующее воздействие на функционирование свойств двигательных способностей таламопаллидарного уровня нервной системы в играх с биологической обратной связью по опорной реакции, их информативность по сравнению с другими стабилотметрическими показателями.

**Ключевые слова:** стабилотметрия, построение движений, биологическая обратная связь, мышечная синергия, кинестетическая чувствительность, методика коррекции свойств двигательных способностей.

### ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРЕ:

Гимазов Р.М. — к.п.н., доцент; <https://orcid.org/0000-0001-5200-2321>; e-mail: [rmgi@mail.ru](mailto:rmgi@mail.ru)

### АВТОР, ОТВЕТСТВЕННЫЙ ЗА ПЕРЕПИСКУ:

Гимазов Ринат Маратович — <https://orcid.org/0000-0001-5200-2321>; e-mail: [rmgi@mail.ru](mailto:rmgi@mail.ru)

### КАК ЦИТИРОВАТЬ:

Гимазов Р.М. Обоснование методики коррекции свойств двигательных способностей человека с использованием биологической обратной связи по опорной реакции. *Вопросы курортологии, физиотерапии и лечебной физической культуры*. 2019;96(3):41-49. <https://doi.org/10.17116/kurort20199603141>

## Substantiation of a procedure for correction of the properties of human motor abilities via biofeedback for support reaction

© R.M. GIMAZOV

Surgut State Pedagogical University, Surgut, Khanty-Mansi Autonomous District — Yugra, Russia

### Abstract

**Background.** Stability training, including rehabilitation, using the principle of biofeedback for support reaction on the stabilometric platform, is used to restore the functions of maintaining balance in medicine and to increase vertical stability in athletes, etc. in sports.

**Aim.** To substantiate a procedure to correct the properties of human motor abilities during stability training, which are based on the consideration of the consistently involved levels of the nervous system in the construction of movements during games using biofeedback for support reaction.

**Material and methods.** The multilevel motion construction concept proposed by N.A. Bernstein (1947) was analyzed. Computer-assisted stabilometry, including Romberg's test with the eyes open and closed in the European standing (for 51 sec), was used for objective instrumental assessment of postural function. The study included 7 university students who belonged to a special medical

group for their health status. The training was stopped when the student felt worse, tired, and unwilling to continue the game. The training duration was 12 to 22 minutes. To obtain reliable results, all stabilometric examinations were made from 8 to 9 o'clock in the morning. The study results were statistically analyzed using the goodness-of-fit test: Z-test (equality of the observed frequencies of two events), Wilcoxon signed rank test (when comparing dependent samples).

**Results.** The paper describes a relationship between the provisions of the multilevel motion construction concept proposed by N.A. Bernstein and the information about the levelled organization of movements during games via biofeedback for support reaction; guidelines for their use and experimental confirmation for the higher function of motor abilities: muscle synergy and kinesthetic sensitivity.

**Conclusion.** There is evidence for the positive training effect on the function of motor ability properties of the pallidothalamic level of the nervous system during games via biological feedback for support reaction, their informative value compared with other stabilometric indicators.

**Keywords:** *stabilometry; construction of movements; biofeedback; muscular synergy; kinesthetic sensitivity; procedure for correction of motor ability properties.*

#### INFORMATION ABOUT AUTHOR:

Gimazov R.M. — PhD, Associate professor; <https://orcid.org/0000-0001-5200-2321>; e-mail: [rngi@mail.ru](mailto:rngi@mail.ru)

#### CORRESPONDING AUTHOR:

Gimazov R.M. — <https://orcid.org/0000-0001-5200-2321>; e-mail: [rngi@mail.ru](mailto:rngi@mail.ru)

#### TO CITE THIS ARTICLE:

Gimazov R.M. Substantiation of a procedure for correction of the properties of human motor abilities via biofeedback for support reaction. *Problems of balneology, physiotherapy, and exercise therapy.* 2019;96(3):41-49. (In Russ.). <https://doi.org/10.17116/kurort20199603141>

## Обоснование

В середине XX века Николай Александрович Бернштейн опубликовал свою авторскую концепцию построения движений человека [1]. До сих пор, за редким исключением, гениальные взгляды ученого остаются в своей теоретической части. Работникам здравоохранения и спорта приходится учитывать разрозненные, а иногда и противоречивые сведения о возникающих эффектах при удержании вертикальной стойки (О.В. Кубряк) [2]. Исследуя двигательную функцию человека с помощью компьютерной стабилометрии, проводя реабилитационную тренировку при стабилометрическом тренинге, необходимо ясно понимать и осознавать процесс построения движений при удержании вертикальной стойки. В научно-методической литературе возникающие при стабилотренинге явления и эффекты объясняются с самых различных позиций [3–6].

Нахождению взаимосвязи возникающих явлений при стабилотренинге с положениями многоуровневой концепции построения движений Н.А. Бернштейна уделяется недостаточное внимание.

Цель исследования — обосновать методики коррекции свойств двигательных способностей человека при стабилотренинге, основывающиеся на учете последовательно вовлекаемых уровней нервной системы в построение движений в играх с использованием биологической обратной связи по опорной реакции.

## Материал и методы

### Условия проведения

Данное исследование проводили на базе научной лаборатории проблем физического воспитания и этнопедагогике БУ ВО ХМАО — Югры «Сургутский государственный педагогический университет».

### Дизайн исследования

Экспериментальное исследование с участием одной группы из 7 человек.

### Критерии соответствия

Критерии включения:

- возраст 18—20 лет;
- наличие противопоказаний к повышенной физической нагрузке, включение в специальную медицинскую группу (СМГ) по состоянию здоровья;
- наличие постуральной устойчивости, объективно подтвержденной при стабилометрическом обследовании.

### Описание медицинского вмешательства

В группе проводили стабилотренинг с использованием биологической обратной связи по опорной реакции с помощью тренажера «Стабило-МБН» (комплекс стабилометрический компьютеризированный для диагностики состояния функции равновесия, заболеваний двигательной сферы и проведения активной реабилитации, произведенный ООО «Научно-медицинская фирма МБН», Москва), используя мультимедийную игру продолжительностью от 12 до 22 мин 2 раза в неделю. Методика регулирования физической нагрузки при стабилотренинге включала в себя следующую процедуру — предъявление скорости движений центра давления (ЦД) по осям X и Y, которая была для студента выше (не более 20%) его текущего уровня функционирования свойств двигательных способностей таламопаллидарного уровня системы управления движениями. Стабилотренинг заканчивался по ухудшению самочувствия студента, при его усталости, нежелании продолжать игру. Для получения достоверных результатов все стабилометрические обследования проводили утром, в проме-

жутке с 8 до 9 ч, чтобы на организм исследуемых не влияла дневная нагрузка.

### Метод диагностики и оценки полученных результатов

Для объективной инструментальной оценки постральной функции использовали компьютерную стабилometriю, включающую пробы Ромберга с открытыми и закрытыми глазами в европейской стойке (51 с). Оценку полученных результатов проводили на основе способа стабилметрического исследования мышечной координации при регуляции вертикальной стойки человека, изложенного в патенте на изобретение РФ №2547991 [7].

### Продолжительность исследования

Исследование проводили с марта по апрель 2015 г.

### Этическая экспертиза

Экспериментальное исследование было одобрено кафедрой теории и методики физического воспитания БУ ВО ХМАО — Югры «Сургутский государственный педагогический университет» (протокол заседания от 20.10.14). Все студенты подписали добровольное информированное согласие на участие в исследовании. Статистический анализ результатов исследования проводили в диалоговой системе STADIA версия 8 proofs for Windows для персонального компьютера. Данные представлены в виде среднего значения переменной и стандартного отклонения выборки ( $x_{cp} \pm \sigma$ ). В анализе данных применялся критерий согласия частот Z-статистика (равенство наблюдаемых частот появления двух событий), критерий смещения медиан W Вилкоксона (при сравнении зависимых выборок). Статистически значимыми считались различия при уровне значимости  $p < 0,05$ . Визуализация данных представлена с помощью диалоговой системы STADIA и MO Excel 2016.

### Результаты

*Анализ концепции многоуровневого построения движений Н.А. Бернштейна (1947) и ее связь с построением движений в играх с биологической обратной связью по опорной реакции*

Учет последовательно вовлекаемых уровней нервной системы в построение движений человека [8] и ее адаптация для анализа процессов построения движений, обеспечивающих постральную функцию в играх с биологической обратной связью по опорной реакции, позволяют развить существующие взгляды на связи между возникающими явлениями при стабилотренинге и положениями многоуровневой концепции построения движений Н.А. Бернштейна [1]. В учении Н.А. Бернштейна говорится, что самый верхний уровень построения движений приходится на уровень E — уровень тончайших двигательных ре-

гулировок. Решение двигательных задач на этом уровне позволяет человеку демонстрировать свою высшую двигательную культуру построения движений. Но, как правило, виртуальная игровая деятельность запрограммирована разработчиком компьютерной игры и в ней нет места для двигательных проявлений такого рода.

Уровень D — это уровень регулирования действий, обеспечивающих достижение предметного результата с учетом временных условий. Предметным результатом в играх с биологической обратной связью по опорной реакции являются призовые баллы, которые может набрать пациент за время стабилотренинга. Учет свойств двигательных способностей уровня D необходим в случаях привлечения к играм с биологической обратной связью по опорной реакции пациентов с невроно-психическими заболеваниями и расстройствами (неврозы, невротения, депрессивные состояния и др.), когда призовые баллы виртуальной игры выступают в качестве маркеров процесса реабилитации (лечения, коррекции состояния). Методические рекомендации по совершенствованию функционирования свойств двигательных способностей в играх с биологической обратной связью по опорной реакции, подконтрольных нервному уровню D: если целенаправленно увеличивать или уменьшать скорость перемещения ЦД на первом (рабочем) мониторе врача в виртуальном мире, то для пациентов возникают новые временные условия для принятия решений — развитие чувства времени. Увеличивая скорость перемещений ЦД для пациента, мы добиваемся кратного увеличения значений невроно-психического напряжения, что может являться тем процессом, который в контролируемых условиях может формировать у пациентов стрессоустойчивость к сбивающим факторам внешней среды.

Уровень C — уровень пространственного поля. Вовлекаемый в процесс построения движения пирамидно-стриальный уровень нервной системы решает задачи адекватности построения движения по его составу (подготовительная, основная и завершающая фазы), точности проявления в пространстве — необходимая «дифференциальность» создаваемого движения (по кинематическим, динамическим, энергетическим характеристикам, координатам) и ее стабильности в моторной части для постурологической устойчивости системы телодвижений и движений человека (темп, ритм движения, учет смещения центра тяжести тела и т.д.). Высокий уровень функционирования свойств двигательных способностей уровня C позволяет пациенту умело преодолевать возникающие препятствия (движимые и недвижимые) в виртуальной игре, что определяется отсутствием либо малым количеством штрафных баллов. Учет свойств двигательных способностей пирамидно-стриального уровня нервной системы при стабилотренинге в реабилитации пациентов с нервными заболеваниями и травмами опорно-двигательного аппарата может производиться врачом (инструктором)

по лечебной физической культуре, например по динамике изменения количества штрафных баллов в виртуальной игре. Методические рекомендации по совершенствованию функционирования свойств двигательных способностей в играх с биологической обратной связью по опорной реакции, подконтрольных нервному уровню С: если увеличивать либо уменьшать скорость перемещения ЦД по ординате и/или абсциссе, а также смещать нулевое значение ЦД в процессе игры, то можно воздействовать на точность выполняемых движений пациентов в виртуальной игре. Устраняя или предоставляя пациентам дополнительные точки опоры для создаваемых движений (поручни и т. д.) при стабилотренинге, врач целенаправленно может добиваться необходимой адекватности построения движений.

Уровень В — «уровень синергий и штампов» [1], воспринимающих текущую информацию от всего тела кроме раздражителей, предоставляемых зрением и слухом. Этот уровень нервной системы определяет состояние подготовленности нервно-мышечной системы решать следующие двигательные задачи: 1) согласование деятельности скелетных мышц друг с другом, что отражает мышечную синергию при построении движений, например при отклонении туловища в сторону для того, чтобы «обойти» препятствие во время игры; 2) экономность через «включение—выключение» скелетных мышц в необходимый момент времени, что отражает кинестетическую чувствительность человека, его способность по условиям двигательной задачи тонко регулировать положение тела и/или движения тела (частей тела) для выполнения необходимых отклонений при внезапно возникающих препятствиях в виртуальной игре и достижения призовых баллов; 3) быстрота принятия нервной системой решений и отправка скелетным мышцам «дозы» нервных импульсов по частоте, амплитуде, напряжению по условиям двигательной задачи при построении движений для необходимой силы напряжения или релаксации, количеству вовлекаемых в работу мышц, фиксации суставного угла и т.д. (точные значения решения третьей двигательной задачи можно регистрировать способом, изложенным в патенте на изобретение РФ №2547992). Основное воздействие при стабилотренинге сказывается на результатах решений двигательных задач уровня В «экономно», «согласованно», «быстро» при построении движений для удержания всего тела в вертикальной стойке. Для лабораторного обследования это удобно не только в целях проведения контроля, но и для выполнения процедур тем, что пациент не перемещается в пространстве, а стоит на месте, его покачивания регламентированы виртуальной игрой, ему не приходится решать дополнительные задачи (воздействие зрителей, соперников, учет погодных условий и т.д.). Это также удобно для воспроизводства результатов, потому что процедура стабилотренинга метрологически стандартизирована. Мысль о косвенной оценке успешности построения движений данным уровнем можно отслеживать либо по сумме

штрафных и призовых баллов, либо по их соотношению друг с другом, это заслуживает внимания и требует дополнительных подтверждений. Точные значения функционирования свойств двигательных способностей таламо-паллидарного уровня (мышечной синергии и кинестетической чувствительности) можно регистрировать способом, изложенным в данной работе. Методические рекомендации по совершенствованию функционирования свойств двигательных способностей в играх с биологической обратной связью по опорной реакции, подконтрольных нервному уровню В: для того чтобы повысить значения функционирования свойств двигательных способностей таламо-паллидарного уровня нервной системы во время стабилотренинга и таким образом добиться улучшения управляемости данным уровнем нервной системы телом человека, необходимо предъявлять физические нагрузки, немного превышающие его текущий уровень; для совершенствования — соответствующие уровню функционирования свойств двигательных способностей. Например, при выявлении по классификации проявления свойств двигательных способностей таламо-паллидарного уровня на уровне ниже среднего [9] следует организовывать нагрузки не выше среднего уровня, т.е. выставлять скорость перемещений ЦД, не превышая средний уровень по 10-балльной шкале.

Уровень А — уровень тонуса и осанки. Решения данного уровня нервной системы соответствуют одной двигательной задаче, но масштабной и сложной. Главное, чтобы двигательные задачи решались максимально приспособительно к предстоящим задачам вышележащих уровней нервной системы. На этом уровне нервной системы в каждый момент времени для каждой степени свободы движений человека решаются уравнения с двумя неизвестными — расчет исходной длины каждой мышцы и определение ее состояния (водного и энергетического). Первая переменная связана с постоянными изменениями пассивной части опорно-двигательного аппарата в пространстве, а вторая — с произведенной ранее работой, чтобы с учетом этих данных создавалось напряжение в мышцах, которое необходимо по условиям двигательных задач вышележащих уровней нервной системы. Таким образом, свойство двигательных способностей руброспинального уровня нервной системы (мышечный тонус) — это не только характеристика вязко-упругих свойств мышечной ткани. Методические рекомендации по совершенствованию функционирования свойств двигательных способностей в играх с биологической обратной связью по опорной реакции, подконтрольных нервному уровню А: как правило, общее время тренировки не превышает 10—20—30 мин в зависимости от состояния пациента, и в это время ему желательно не сходить со стабилотрической платформы. Но, чтобы снимать излишние возникающие напряжения в конечностях, рекомен-



дуется периодически расслаблять мышцы во время стабилотренинга.

## Основные результаты исследования

Для описания и качественного анализа результатов стабилотренинга стабилометрические показатели были разделены на пять групп в соответствии со способом получения числового значения при измерении (прямые, косвенные, совместные и совокупные) [10]. В 1-ю группу вошли стабилометрические показатели, получаемые при прямом измерении; 2-ю группу образовали производные от 1-й группы; 3-я группа представлена индексом устойчивости человека; 4-я группа состоит из показателя функции равновесия; 5-я (новая) группа стабилометрических показателей отражает составные части двигательной

функции человека — порог кинестетической чувствительности и мышечную синергию.

После проведения серии занятий со студентами СМГ с использованием мультимедийных игр тренера Стабило мы получили следующие результаты. Из 8 стабилометрических показателей 1—4-й групп (**см. таблицу**) не обнаружены статистически значимые изменения смещения медиан при парном сравнении с помощью критерия W Вилкоксона (критические значения 4—24 при 7 степенях свободы) в пробе Ромберга с открытыми глазами. В пробе Ромберга с закрытыми глазами отмечаются статистически значимое улучшение значений стабильности вертикальной стойки, снижение скорости ЦД отдельно в сагиттальной плоскости и результирующей скорости ЦД.

В основе 5-й группы стабилометрических показателей лежат численные значения составляющих дви-

Динамика поструральной функции 7 студентов СМГ на фоне стабилотренинга

Группа стабилометрических показателей	Проба Ромберга с открытыми глазами		W-критерий Вилкоксона; <i>p</i> (уровень значимости)	Проба Ромберга с закрытыми глазами		W-критерий Вилкоксона; <i>p</i> (уровень значимости)
	до тренинга, $x_{cp} \pm \sigma$	после тренинга, $x_{cp} \pm \sigma$		до тренинга, $x_{cp} \pm \sigma$	после тренинга, $x_{cp} \pm \sigma$	
1-я группа:						
среднеквадратическое отклонение ЦД:						
во фронтальной плоскости, <i>x</i> (мм)	10,67429±5,908194	8,564286±3,548	20; <i>p</i> >0,05	10,25143±9,729593	9,117143±7,976628	16; <i>p</i> >0,05
в сагиттальной плоскости, <i>y</i> (мм)	32,08286±18,89967	69,89429±124,942	15; <i>p</i> >0,05	50,28571±74,21998	23,91286±14,72707	19; <i>p</i> >0,05
2-я группа:						
скорость ЦД, <i>V</i> (мм/с)	12,48143±3,864054	10,26714±1,133515	21; <i>p</i> >0,05	16,93143±8,040911	11,55±2,017829	25; <i>p</i> <0,05
скорость ЦД во фронтальной плоскости, <i>Vf</i> (мм/с)	5,614286±1,478466	5,4±0,980986	16; <i>p</i> >0,05	6,744286±2,652086	5,672857±1,61698	23; <i>p</i> >0,05
скорость ЦД в сагиттальной плоскости, <i>Vs</i> (мм/с)	8,987143±3,994236	6,647143±0,922383	22; <i>p</i> >0,05	13,16571±8,509242	7,977143±1,548824	27; <i>p</i> <0,05
площадь статокинезиограммы, <i>s95</i> (мм <sup>2</sup> )	179,3114±75,09745	192,4214±170,9489	15; <i>p</i> >0,05	182,59±100,421	141,91±93,53966	19; <i>p</i> >0,05
3-я группа:						
индекс устойчивости (ед)	35,32714±13,08767	39,38857±4,561357	8; <i>p</i> >0,05	27,82571±11,18414	35,46±5,62573	4; <i>p</i> <0,05
4-я группа:						
показатель функции равновесия (усл. ед.)	62,25022±44,84691	65,83822±13,26899	6; <i>p</i> >0,05	41,63379±23,50272	55,94562±13,49361	5; <i>p</i> >0,05
5-я группа:						
порог кинестетической чувствительности, среднее кросс-АЧХ <sub>3max vertical</sub> (кг×Гц) <sup>1/2</sup>	1,211646±0,422484	0,794938±0,385057	24; <i>p</i> <0,05	0,790425±0,415668	0,631604±0,619686	20; <i>p</i> >0,05
мышечная синергия, ПФР, усл. ед./среднее кросс-АЧХ <sub>3max vertical</sub> (кг×Гц) <sup>1/2</sup>	111,7779±86,28668	201,4642±111,3392	1; <i>p</i> <0,05	144,3851±138,6422	301,823±181,3327	1; <i>p</i> <0,05

Примечание. АЧХ — амплитудно-частотные характеристики; ПФР — показатели функции равновесия.

## Dynamics in the postural function of 7 students from the special medial group during stability training

Groups of stabilometric indicators	Romberg's test with the eyes open		W in Wilcoxon test; <i>p</i> (significance level)	Romberg's test with the eyes closed		W in Wilcoxon test; <i>p</i> (significance level)
	pretraining, $\bar{x}_{\text{mean}} \pm \sigma$	posttraining, $\bar{x}_{\text{mean}} \pm \sigma$		pretraining, $\bar{x}_{\text{mean}} \pm \sigma$	posttraining, $\bar{x}_{\text{mean}} \pm \sigma$	
Group 1:						
root mean square of center of pressure:						
in the frontal plane, <i>x</i> (mm)	10.67429±5.908194	8.564286±3.548	20; <i>p</i> >0.05	10.25143±9.729593	9.117143±7.976628	16; <i>p</i> >0.05
in the sagittal plane, <i>y</i> (mm)	32.08286±18.89967	69.89429±124.942	15; <i>p</i> >0.05	50.28571±74.21998	23.91286±14.72707	19; <i>p</i> >0.05
Group 2:						
velocity of center of pressure, <i>V</i> (mm/sec)	12.48143±3.864054	10.26714±1.133515	21; <i>p</i> >0.05	16.93143±8.040911	11.55±2.017829	25; <i>p</i> <0.05
velocity of center of pressure in the frontal plane, <i>V<sub>f</sub></i> (mm/sec)	5.614286±1.478466	5.4±0.980986	16; <i>p</i> >0.05	6.744286±2.652086	5.672857±1.61698	23; <i>p</i> >0.05
velocity of center of pressure in the sagittal plane, <i>V<sub>s</sub></i> (mm/sec)	8.987143±3.994236	6.647143±0.922383	22; <i>p</i> >0.05	13.16571±8.509242	7.977143±1.548824	27; <i>p</i> <0.05
area of statokinesio-gram, <i>s<sub>95</sub></i> (mm <sup>2</sup> )	179.3114±75.09745	192.4214±170.9489	15; <i>p</i> >0.05	182.59±100.421	141.91±93.53966	19; <i>p</i> >0.05
Group 3:						
stability index ( <i>U</i> )	35.32714±13.08767	39.38857±4.561357	8; <i>p</i> >0.05	27.82571±11.18414	35.46±5.62573	4; <i>p</i> <0.05
Group 4:						
equilibrium function index (arbitrary units)	62.25022±44.84691	65.83822±13.26899	6; <i>p</i> >0.05	41.63379±23.50272	55.94562±13.49361	5; <i>p</i> >0.05
Group 5:						
kinesthetic sensitivity threshold, mean cross-AFC <sub>3max vertical</sub> (kg×Hz) <sup>1/2</sup>	1.211646±0.422484	0.794938±0.385057	24; <i>p</i> <0.05	0.790425±0.415668	0.631604±0.619686	20; <i>p</i> >0.05
muscle synergy, EFI, arbitrary units/mean cross-AFC <sub>3max vertical</sub> (kg×Hz) <sup>1/2</sup>	111.7779±86.28668	201.4642±111.3392	1; <i>p</i> <0.05	144.3851±138.6422	301.823±181.3327	1; <i>p</i> <0.5

Note. AFC — amplitude-frequency characteristics; EFI — equilibrium function indices.

гательной функции человека — свойств двигательных способностей таламопаллидарного уровня построения движений: кинестетической чувствительности и мышечной синергии. В пробе Ромберга с открытыми глазами отмечен положительный эффект в снижении значений порога кинестетической чувствительности в 1,5 раза по сравнению со средним значением до проведения стабилотренинга и в 1,8 раза увеличение значений мышечной синергии. В пробе Ромберга с закрытыми глазами отмечено статистически значимое увеличение значений мышечной синергии — 2-кратное увеличение среднего значения, но улучшения кинестетической чувствительности не обнаружено.

Визуализация данных, представленных на рис. 1 и 2, позволяет наглядно убедиться в индивидуализации адаптационных процессов нейродинамики у студентов СМГ построения движений, обеспечивающих постуральную функцию по значениям порога кинестетической чувствительности и мышечной синергии, смещение медиан в выборках до и после тренинга в играх с биологической обратной связью по опорной реакции.

Результаты распределения студентов СМГ по уровням мышечной синергии до и после стабилотренинга, зарегистрированным в пробе Ромберга с открытыми глазами, демонстрируют явный переход от низкого уровня к среднему (рис. 3).

Если в начале эксперимента в пробе Ромберга с открытыми глазами уровень мышечной синергии у студентов СМГ находился на низком и ниже среднего уровнях у 6 человек и лишь у 1 студента — на среднем уровне, то в конце эксперимента эти показатели были сдвинуты в сторону среднего (*n*=3) и ниже среднего уровня (*n*=4). Изменение числа студентов по уровням мышечной синергии имеет статистически значимое различие в их распределении до и после эксперимента для низкого уровня (согласие частот  $Z = -2,605$ ;  $p = 0,009196$ ).

Уровень мышечной синергии у студентов СМГ, определяемый в пробе Ромберга с закрытыми глазами, находился на среднем (*n*=2), ниже среднего (*n*=4) и низком (*n*=1) уровнях. В конце эксперимента уровень мышечной синергии значительно повысился: вы-

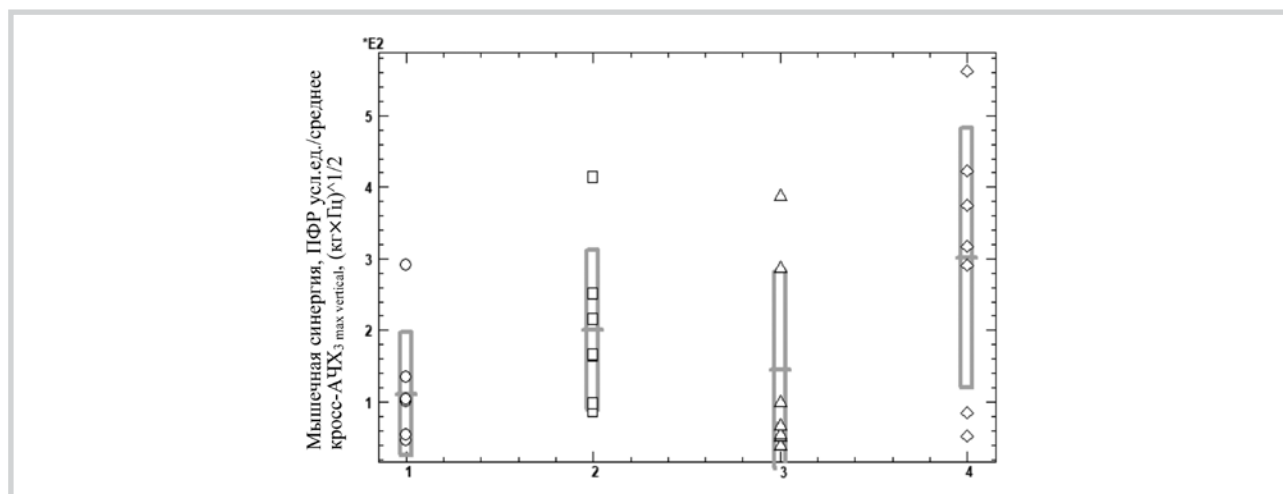


Рис. 1. Показатели мышечной синергии в пробе Ромберга.

1 — глаза открыты до стабилотренинга; 2 — глаза открыты после стабилотренинга; 3 — глаза закрыты до стабилотренинга; 4 — глаза закрыты после стабилотренинга.

Fig. 1. Muscle synergy values in Romberg's test.

1 — with the eyes open before stability training; 2 — with the eyes open after stability training; 3 — with the eyes closed before stability training; 4 — with the eyes closed after stability training.

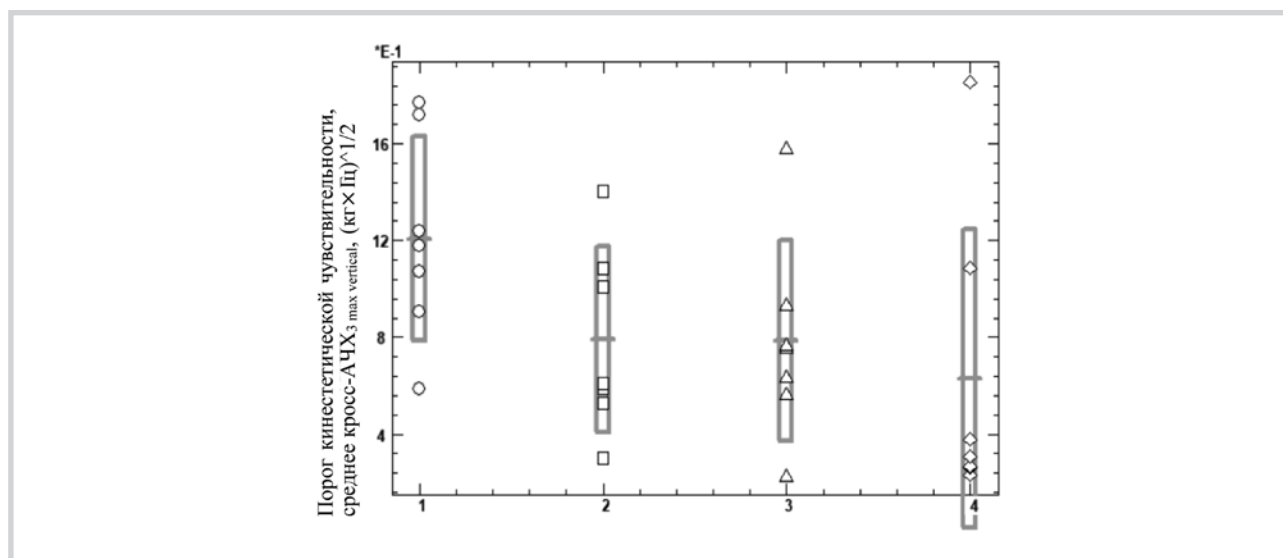


Рис. 2. Показатели кинестетической чувствительности в пробе Ромберга.

1 — глаза открыты до стабилотренинга; 2 — глаза открыты после стабилотренинга; 3 — глаза закрыты до стабилотренинга; 4 — глаза закрыты после стабилотренинга.

Fig. 2. Kinesthetic sensitivity values in Romberg's test.

1 — with the eyes open before stability training; 2 — with the eyes open after stability training; 3 — with the eyes closed before stability training; 4 — with the eyes closed after stability training.

ше среднего уровня достигли 2 человека (согласие частот  $Z=2,291$ ;  $p=0,02197$ ), среднего — 3 (различия не обнаружены), у 1 был зарегистрирован уровень ниже среднего, и у 1 уровень снизился до значений ниже низкого (согласие частот  $Z=2,075$ ;  $p=0,03796$ ) (рис. 4).

В пробе Ромберга с открытыми глазами кинестетическая чувствительность у 6 студентов СМГ находилась на уровне ниже низкого и у 1 студента — на низком уровне. В конце эксперимента уровень кинестетической чувствительности повысился: на уровне ниже низкого остались 3 человека (согласие частот  $Z=-2,231$ ;  $p=0,0257$ ), число студентов с низким уровнем увеличилось с 1 до 3 человек (согласие частот  $Z=1,775$ ;  $p=0,07593$ ), и у 1 был зарегистрирован уровень ниже среднего (согласие частот  $Z=2,075$ ;  $p=0,03796$ ) (рис. 5).

Кинестетическая чувствительность у студентов СМГ, определяемая в пробе Ромберга с закрытыми глазами, в основном находилась на уровне ниже низ-

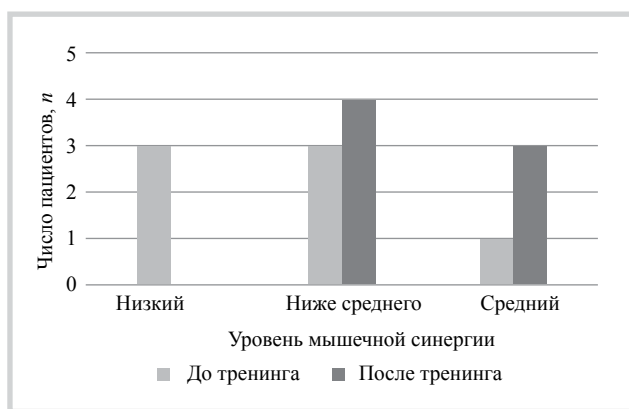


Рис. 3. Распределение 7 студентов СМГ по уровням мышечной синергии в пробе Ромберга с открытыми глазами до и после стабилотренинга.

Fig. 3. Distribution of 7 students from the special medical group by the levels of muscle synergy in Romberg's test with the eyes open before and after stability training.

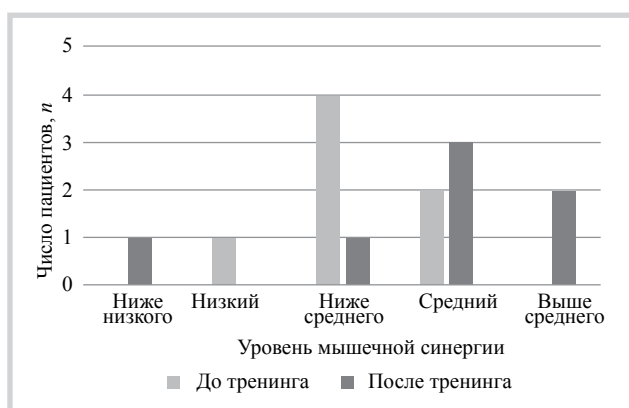


Рис. 4. Распределение студентов СМГ по уровням мышечной синергии в пробе Ромберга с закрытыми глазами до и после стабилотренинга.

Fig. 4. Distribution of the students from the special medical group by the levels of muscle synergy in Romberg's test with the eyes closed before and after stability training.

кого ( $n=4$ ), у 2 — на низком уровне и у 1 — на среднем уровне (рис. 6).

В конце эксперимента уровень кинестетической чувствительности повысился: на уровне ниже низкого остались 2 человека (согласие частот  $Z=-1,62$ ;  $p=0,1052$ ), число студентов со средним уровнем увеличилось с 1 до 3 человек (согласие частот  $Z=1,775$ ;  $p=0,07593$ ). Статистически значимые изменения произошли на низком и ниже среднего уровнях (согласие частот  $Z=2,291$ ;  $p=0,02197$ ), т.е. когда было выявлено 2 случая перехода с низкого уровня на уровень ниже среднего.

#### Нежелательные явления

Нежелательным явлением было снижение уровня мышечной синергии, зафиксированное у 1 сту-

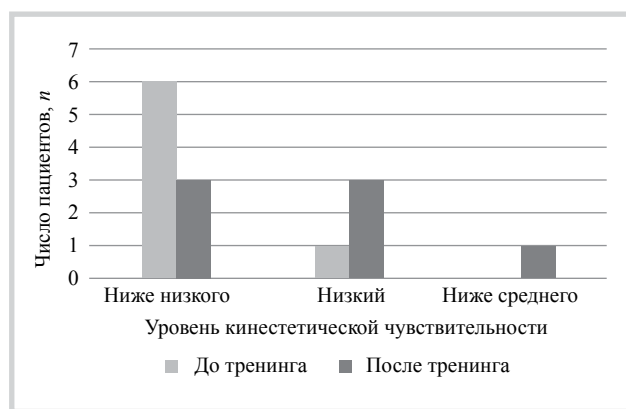


Рис. 5. Распределение студентов СМГ по уровням кинестетической чувствительности в пробе Ромберга с открытыми глазами до и после стабилотренинга.

Fig. 5. Distribution of the students from the special medical group by the levels of kinesthetic sensitivity in Romberg's test with the eyes open before and after stability training.

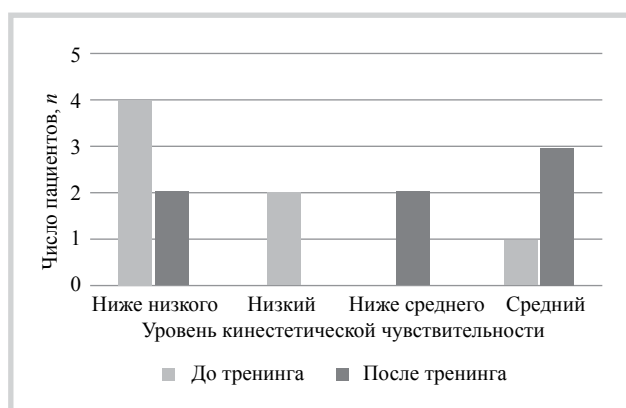


Рис. 6. Распределение студентов СМГ по уровням кинестетической чувствительности в пробе Ромберга с закрытыми глазами до и после стабилотренинга.

Fig. 6. Distribution of the students from the special medical group by the levels of kinesthetic sensitivity in Romberg's test with the eyes closed before and after stability training.

дента в пробе Ромберга с закрытыми глазами после стабилотренинга. Анализ данного факта показал, что причиной стало невыполнение требований методических рекомендаций по совершенствованию функционирования свойств двигательных способностей в играх с биологической обратной связью по опорной реакции, подконтрольных нервному уровню В, из-за превышения адаптационных возможностей у данного пациента предъявляемым нагрузкам во время стабилотренинга, что привело к снижению уровня мышечной синергии.

#### Обсуждение

Необходимо отметить, что теоретическая база построения движений, описывающая постуральную



функцию в играх с биологической обратной связью по опорной реакции, целостно была сформирована после проведенного стабилотметрического тренинга. Ретроспективный анализ результатов находит свое теоретическое обоснование организации движений у пациентов во время стабилотренинга (что не совсем было возможно прежде), выявления и перечисления новых маркеров процесса реабилитации (лечения, коррекции состояния) двигательной функции. Теоретические положения экспериментально подтвердились в увеличении уровня функционирования кинестетической чувствительности и мышечной синергии у пациентов с наличием постуральной устойчивости, объективно подтвержденного при стабилотметрическом обследовании. Использование принятых в настоящее время стабилотметрических показателей, отражающих пространственно-временные характеристики девиаций ЦД (1—3-я группа стабилотметрических показателей), и даже функциональных показателей, таких как показатель функции равновесия (4-я группа стабилотметрических показателей), не всегда могут дать ясное и полное представление об изменениях в двигательной функции, необходимых для сохранения вертикальной позы.

## Заключение

Результаты исследования демонстрируют положительные изменения в уровне функционирования

свойств двигательных способностей таламопаллидарного уровня построения движений. Хотя учет и определение характера изменения других свойств двигательных способностей на уровнях нервной системы не входили в задачи исследования, данные, изложенные в статье, предоставляют обоснование для методик коррекции свойств двигательных способностей человека при стабилотренинге. Учет последовательно вовлекаемых уровней нервной системы в построение движений в играх с использованием биологической обратной связи по опорной реакции позволил улучшить мышечную координацию как в глобальных (благодаря мышечной синергии), так и в региональных и локальных (благодаря кинестетической чувствительности) движениях по регуляции вертикальной стойки человека. Результаты исследования позволяют скорректировать методические подходы к проведению процедур стабилотренинга с использованием биологической обратной связи по опорной реакции в комплексных программах медицинской реабилитации пациентов с заболеваниями и травмами нервной системы, опорно-двигательного аппарата.

## Дополнительная информация

**Конфликт интересов.** Автор декларирует отсутствие конфликта интересов, связанных с публикацией настоящей статьи.

**The author declare no conflicts of interest.**

## ЛИТЕРАТУРА/REFERENCES

- Бернштейн Н.А. *О построении движений*. М.: Медгиз; 1947. Bernstein NA. *On the construction of movements*. М.: Medgiz; 1947. (In Russ.).
- Кубряк О.В. *Стабилотметрия, вертикальная поза человека в современных исследованиях: обзор*. Б.м.: Издательские решения; 2016. Kubryak OV. *Stabilometry, vertical posture of the person in modern Researches: review*. Without seat: Publishing Solutions; 2016. (In Russ.).
- Мельникова Е.А., Рудь И.М., Разумов А.Н. Прогностические факторы эффективности стабилотренинга у пациентов с заболеваниями опорно-двигательного аппарата. *Вопросы курортологии, физиотерапии и лечебной физической культуры*. 2018;95:4:10-16. Mel'nikova EA, Rud' IM, Razumov AN. The prognostic factors of the effectiveness of the stability training in the patients presenting with musculoskeletal system diseases. *Problems of Balneology, Physiotherapy, and Exercise Therapy*. 2018;95(4):10-16. (In Russ.). <https://doi.org/10.17116/kurort20189504110>
- Скворцов Д.В. *Стабилотметрическое исследование*. М.: Маска; 2010. Skvorcov DV. *Stabilometricheeskoe issledovanie*. М.: Maska; 2010. (In Russ.).
- Слива С.С. *Биологическая обратная связь на основе методов и средств компьютерной стабильности*. Биоправление-4: Теория и практика. Новосибирск. 2002. Sliva SS. *Biological feedback on the basis of methods and means of computer stabilography*. Biomanagement-4: Theory and Practice. Novosibirsk. 2002. (In Russ.).
- Усачев В.И., Мохов Д.Е. *Стабилотметрия в постурологии*. Учебное пособие. СПб. 2004. Usachev VI, Mokhov DE. *Stabilometrija in Posturologii*. SPb. 2004. (In Russ.).
- Гимазов Р.М. *Способ стабилотметрического исследования мышечной координации при регуляции вертикальной стойки человека*. Патент РФ на изобретение №2547991/10.04.2015. Бюл. №10. Gimazov RM. *Sposob stabilometricheeskogo issledovaniya myshechnoi koordinacii pri reguljacii vertikal'noi stoiki cheloveka*. Patent RUS №2547991/10.04.2015. Byul. №10. (In Russ.). Доступно по: <http://www.freepatent.ru/patents/2547991>
- Гимазов Р.М. Построение движений: от теории к практике. *Физическая культура: воспитание, образование, тренировка*. 2018;9(2):8-10. Gimazov RM. Building movements: From theory to Practice. *Physical Culture: Upbringing, Education, Training*. 2018;9(2):8-10. (In Russ.).
- Гимазов Р.М., Булатова Г.А. Уровни мышечной регуляции вертикальной позы у спортсменов. *Вестник Сургутского государственного педагогического университета*. 2015;1(34):205-209. Gimazov RM, Bulatova GA. Levels of muscular regulation of vertical posture in athletes. *Bulletin of the Surgut State Pedagogical University*. 2015;1(34):205-209. (In Russ.).
- Гимазов Р.М., Булатова Г.А. Биомеханический подход к классификации стабилотметрических показателей. *Ученые записки Университета им. П.Ф. Лесгафта*. 2014;12(118):51-57. Gimazov RM, Bulatova GA. Biomechanical approach to the classification of stabilometric indicators. *Scientific Notes of the University P.F. Lesgafta*. 2014;12(118):51-57. (In Russ.).

Получена 12.10.18

Received 12.10.18

Принята в печать 24.02.19

Accepted 24.02.19