

**Montile Andrey Iosipovich** – Ural State Forest Engineering University; e-mail: amontile@gmail.com; 182-188, Lunacharskogo street, Ekaterinburg, 620075, Russia; phone: +73432629606; cand. of eng. sci.; associate professor.

**Marchuk Yuri Vladimirovich** – Scientific and Practical Center «Bonum»; e-mail: yuramak@yandex.ru; 26-333, Opalikhinskaya street, Ekaterinburg, 620034, Russia; phone: +79045447578; head of information and analytical department; cand. of phys.-math. sci.

**Montile Andrei Andreevich** – Botanical Garden-Institute, Ural Division of the Russian Academy of Sciences; e-mail: org17@mail.ru; 182-188, Lunacharskogo, street, Ekaterinburg, 620075, Russia; phone: +73432608604; research assistant.

УДК 616-071.2

**О.В. Баулина, Т.В. Истомина, Е.В. Снопкова**

### **ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДИКИ БИОЛОГИЧЕСКОЙ ОБРАТНОЙ СВЯЗИ НА ОСНОВЕ СТАБИЛОМЕТРИИ В СПОРТИВНОЙ ГИМНАСТИКЕ**

*В современных условиях жизни и производства от человека требуется высокое мастерство быстрого, точного и экономичного управления сложными двигательными действиями. Поэтому одним из важнейших условий жизнедеятельности человека является высокий уровень развития координационных способностей. Предложена методика применения биологической обратной связи на основе стабилومتрии в спортивной гимнастике. Определено значение функции равновесия в выполнении гимнастических упражнений. Рассмотрены возможности применения методики биологической обратной связи на основе стабيلографии в спортивной гимнастике. Разработаны алгоритмы формирования групповых и индивидуальных норм спортсменов по различным видам гимнастических снарядов и элементов, а также алгоритм отбора наиболее перспективных спортсменов на различных этапах спортивной подготовки. Предложены некоторые модификации диагностического оборудования под гимнастические снаряды с целью повышения эффективности тренировки и мотивации спортсменов, а также намечены перспективы дальнейших исследований в данной области.*

*Спортивная гимнастика; функция равновесия; методика стабилографии; БОС-тренинг гимнастов.*

**O.V. Baulina, T.V. Istomina, E.V. Snopkova**

### **APPLICATION OF METHODS BIOFEEDBACK BASED ON STABILOMETRY IN THE SPORTS GYMNASTICS**

*The great skill of fast, accurate and economical managements of complex motor actions requires from a person in the modern conditions of life and production. Thus, one of the most important conditions of human life is the high level of coordination abilities. In this article the technique of biofeedback application based on the stabilometry gymnastics are described. The value of the equilibrium function in performing gymnastic exercises is defined. The possibilities of biofeedback application based on stabilometry gymnastics are considered. Algorithms for creating individual and group norms athletes during exercise at various gymnastic apparatus, and algorithm of selection the most promising athletes in various stages of athletic training are developed. Some modifications of diagnostic equipment for gymnastic apparatus to improve the fitness efficiency and athletes' motivation are offered, and the prospects for the further research in this area are scheduled.*

*Gymnastics; balance function; technique stabilography; biofeedback-training of gymnasts.*

Спортивная деятельность требует от человека широкого диапазона пространственно-двигательной ориентировки, точности, быстроты, устойчивости и разносторонней координации движений во времени и пространстве. Сохранение равновесия

тела и координации движений является одним из важнейших условий жизнедеятельности человека, которое позволяет ему активно взаимодействовать с внешней средой. Изучение точности движений человека представляет интерес во многих областях. В настоящий момент интерес к регуляции координации движений проявляют в основном травматологи и ортопеды, работники детских реабилитационных центров, реже специалисты в области спорта. Играя важную роль в протезостроении, клинике, психологии и физиологии труда, методика стабилотрии (стабилометрия – метод исследования функции равновесия организма, являющийся объективным методом оценки характеристик баланса тела) приобрела актуальное значение в измерении и оценке статического и динамического равновесий в спорте. Особенно в тех видах, где умения и навыки сохранения устойчивости при выполнении равновесий различной координационной сложности определяют спортивный результат: спортивная и художественная гимнастика, фигурное катание на коньках, спортивная акробатика, прыжки в воду, фристайл, горные лыжи и пр.

Во многих видах спорта способность сохранять равновесие является важным слагаемым успеха. В поддержании состояния равновесия тела принимает участие целый ряд сложных систем: вестибулярная, двигательная, зрительная и, в определенной мере, тактильная, которые представляют единый механизм сохранения позы. Поэтому с целью совершенствования функций органов равновесия на занятиях спортивной гимнастикой уделяют огромное внимание упражнениям в равновесии. В спортивной гимнастике под равновесием понимают не фиксацию позы, а согласование в движении. Чтобы гимнастка могла выполнить сложное равновесие, она должна не замереть в принимаемой форме, а наоборот, производить движение с небольшим отклонением от заданной формы равновесия, чтобы пребывать в состоянии равновесия сколько угодно, необходимо не просто хаотически колебаться около принимаемой формы, а производить движения по определенным траекториям. Поэтому наибольший интерес в использовании методики стабилографии представляет спортивная гимнастика [1–4].

На сегодняшний день расширяется количество средств и методов для оценки координации движений и функции равновесия человека, основанных на применении компьютерных технологий. В этой связи устраняются недостатки ранее возникших методов оценки координации движений человека и производится комплексирование различных подходов с использованием мультипараметрической биологической обратной связи. Так, равновесие тела исследуется многочисленными методами, к числу которых принадлежит и метод стабилографии – регистрация перемещений проекции общего центра тяжести по площади опоры. Так, чтобы гимнастка могла пребывать в состоянии равновесия сколько угодно долго, ей необходимо не просто колебаться около принимаемой позы с выполнением движений по определенным траекториям. Эти траектории не так уж сложно почувствовать, а с использованием метода биологической обратной связи на основе стабилографии можно будет визуализировать процесс борьбы за равновесие (рис. 1).

Актуальность работы определяется недостаточной теоретической и методической разработкой вопросов оценки вестибулярной нагрузки и инструментария для оперативного контроля функции равновесия у гимнастов. Но следует надеяться, что дальнейшее изучение и развитие как теоретических обоснований, так и практических схем и приемов применения метода БОС на основе стабилографии позволит повысить профессионализм и результативность спортсменов на всех этапах спортивной подготовки. Современные комплексы позволяют контролировать работу всех органов и систем с учетом физических нагрузок. Так, стабилографический контроль в рамках комплексного обследования спортсменов позволяет своевременно оценивать функциональную подготовленность спортсменов, проводить коррекцию тренировочного процесса и реабилитационных мероприятий, а также может высту-

пать инструментом селекции на начальном этапе спортивной подготовки посредством тренажеров (рис. 1). К таким тренажерам относятся сложные стабиллографические игры, выполняемые методом биологической обратной связи (БОС).

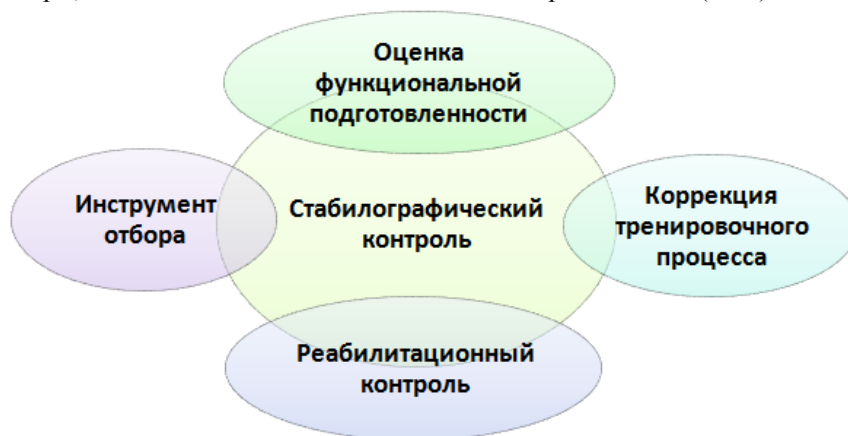


Рис. 1. Возможности применения стабиллографического контроля в спортивной гимнастике

Из рисунка видно, что стабиллографический контроль функционального состояния гимнастов можно разделить на следующие виды:

1. Отбор как на первоначальном этапе, так и на определенных этапах многолетнего тренировочного процесса (от отбора малышей в секцию спортивной гимнастики до комплектации сборной команды мастеров спорта).
2. Текущее обследование состояния различных систем организма гимнаста: сердечно-сосудистой, дыхательной, различных систем ЦНС, мышечной, а также психологического состояния спортсмена.
3. Оценка общего состояния гимнаста, его готовности к сложнокоординационной деятельности в ходе тренировочного процесса, а также оценка воздействия различной нагрузки на адаптационные процессы спортсмена.
4. Этапное обследование позволяет оценивать состояние спортсменов после выполнения тренировочных нагрузок определенного временного периода.
5. Комплексное медицинское обследование спортсмена.
6. Коррекция тренировочного процесса во время отработки сложных, а также при разучивания новых гимнастических элементов.
7. Реабилитационные мероприятия по восстановлению двигательной активности после различных спортивных травм.

Определив важное значение функции равновесия в спортивной гимнастике и сравнив преимущества/недостатки существующих методов оценки функции равновесия, мы выбрали современный и перспективный метод стабиллометрии, на основе которого разработали методику применения биологической обратной связи в спортивной гимнастике. По разработанной методике нами были проведены исследования на гимнастах с использованием оборудования кафедры ИТММБС – стабиллоанализатор компьютерный с биологической обратной связью «Стабилан-01», полностью удовлетворяющим требованиям спортивной гимнастики. В исследовании принимали участие гимнасты четвертого года обучения. В результате исследования были сформированы групповые нормированные показатели стабиллографического теста Ромберга в заданной стойке для гимнастов младшей возрастной группы 8–10 лет.

Уделяя особое внимание отбору и ориентации детей младшей возрастной группы и отбору гимнастов в сборные/олимпийские команды, был разработан алгоритм отбора и целенаправленной подготовки гимнастов на различных этапах спортивной подготовки (рис. 2).

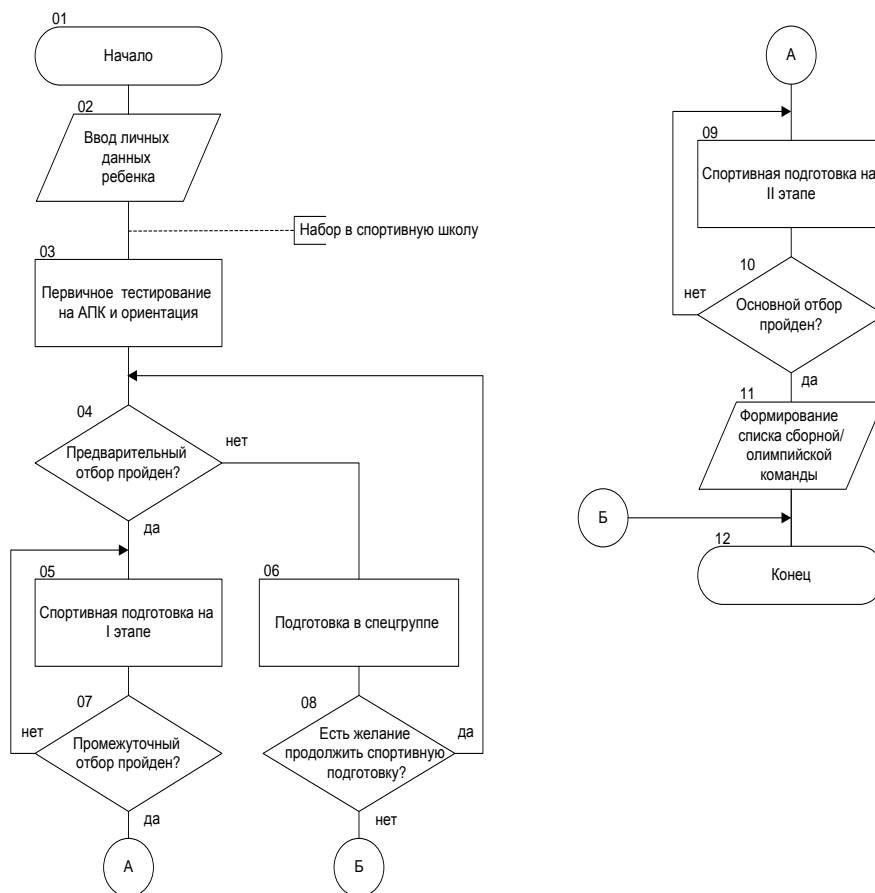


Рис. 2. Схема алгоритма селекции гимнастов на различных этапах спортивной подготовки

Из алгоритма видно, что спортивный отбор может быть осуществлен как на первоначальном этапе, так и на определенных этапах многолетней тренировки (от отбора малышей в секцию спортивной гимнастики до комплектации сборной команды мастеров спорта).

Далее рассмотрим обобщенные этапы методики применения БОС на основе стабилотрии в спортивной гимнастике с примерами из нашего исследования.

1) Определение группы упражнений для исследования функции равновесия гимнаста. Нами были проведены исследования на базовом гимнастическом элементе – «ласточка» (рис. 3).

2) Исследование функции равновесия каждого упражнения из этой группы с помощью компьютерного стабиланализатора «Стабилан-01». Использование в компьютерных стабильграфах биологических обратных связей различных модальностей позволяет корректировать функцию равновесия во время исследования.

Так как в своем исследовании мы использовали один гимнастический элемент для определенной возрастной группы, то для каждого объекта тест был проведен на правой и левой ноге поочередно.

3) Просмотр и анализ результатов сразу по окончании обследования. На этом этапе выделяют упражнения из группы с наибольшим отклонением параметром функции равновесия от нормы, на которых нужно будет акцентировать внимание в дальнейшем тренировочном процессе.



*Рис. 3. Выполнение гимнасткой стабิโลграфического теста Ромберга в заданной стойке («ласточка»)*

В нашем случае, при непосредственном просмотре результатов по окончании каждого из проведенных тестов совместно с тренером мы давали оценку координационным способностям гимнаста и определяли «опорную» ногу.

4) Сохранение результатов в базу данных (БД). Данная операция предусмотрена с целью анализа динамики развития способности к сохранению равновесия гимнастов.

При полном завершении обследования группы спортсменов результаты были сохранены в общую БД для дальнейшей статистической обработки.

5) Формирование базы индивидуальных норм по каждому спортсмену (рис. 5), чтобы в случае долгих перерывов в спортивной деятельности, например, связанных с болезнью, была возможность наработки навыков по собственным нормативам. Кроме того такая база необходима при разучивании новых элементов для сохранения навыков поддержания равновесия на пике своих возможностей. На завершающем этапе методики нами были разработаны алгоритмы формирования групповых и индивидуальных норм (рис. 4, 5), по одному из которых нами были сформированы групповые нормы для гимнастов исследуемой возрастной группы 8–10 лет.

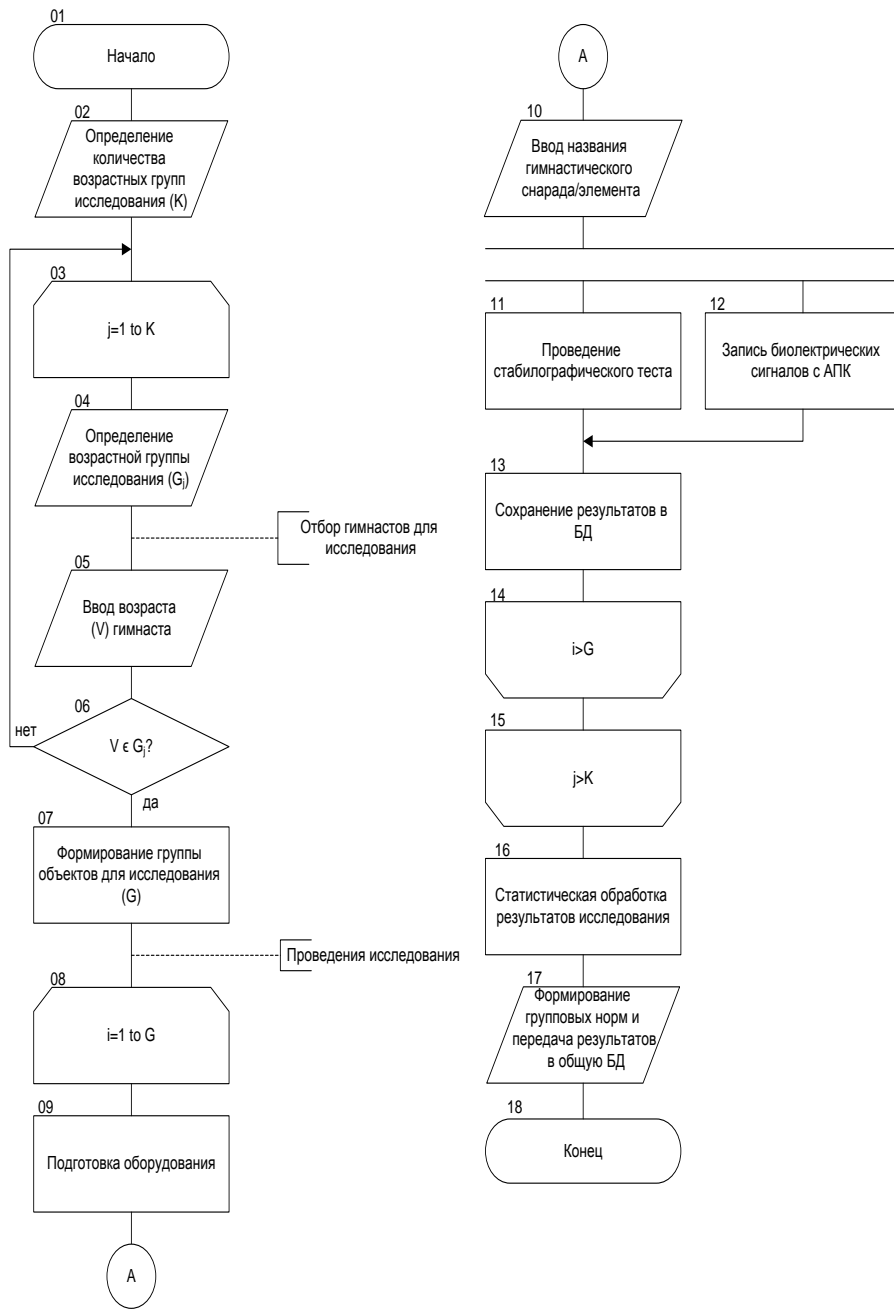


Рис. 4. Алгоритм формирования групповых норм

Следующим этапом нашей работы станет формирование индивидуальных норм для этой группы гимнастов.

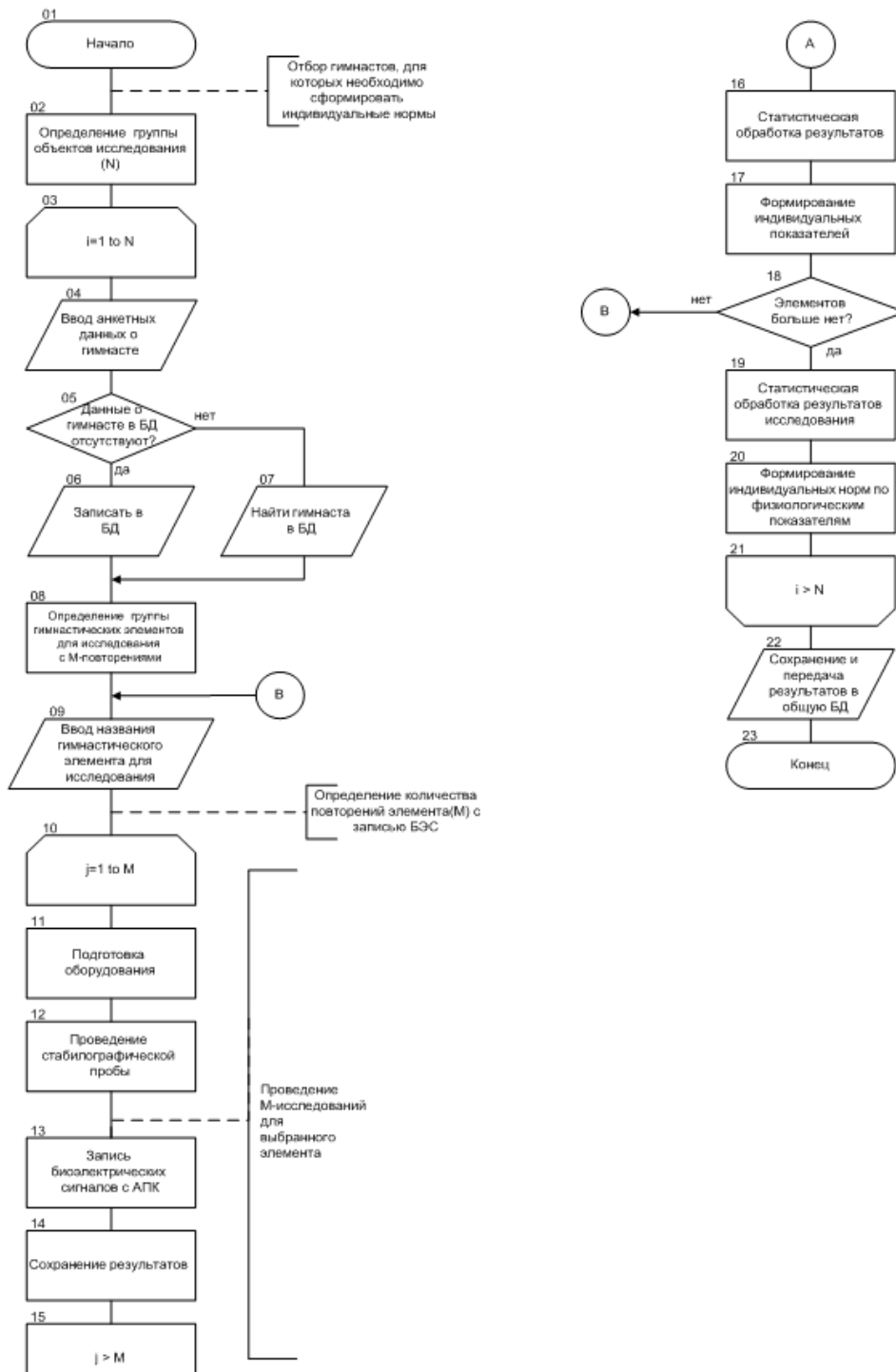


Рис. 5. Алгоритм формирования индивидуальных норм

Данная методика, разработанная на основе методов и средств компьютерной стабилографии, сегодня не имеет альтернатив по комфортности и времени обследования гимнастов, высокой чувствительности к отклонениям функции равновесия, возможности формирования индивидуальных нормативов, а также мониторингу текущего состояния спортсменов. Однако такая методика это всего лишь начало работы в данной области и уже на этом этапе возникает ряд предложений к разработчикам оборудования как то, например, разработать платформу, которая могла бы фиксировать высоту гимнастических снарядов и площадь опоры, либо «очувствить» существующее гимнастическое оборудование тензометрическими датчиками [5, 6].

Чтобы не ограничивать спортсменов в двигательных действиях, в перспективе исследований планируется разработать беспроводной стабилографический комплекс для реализации методики биологической обратной связи на основе стабилографии в спортивной гимнастике. А с учетом выездных тренировок (спортивные сборы) предлагается разработка мобильного устройства для мониторинга функционального состояния гимнастов с дистанционной передачей данных (рис. 5). Предлагаемое устройство ориентировано на профессиональной подготовке спортсменов с целью повышения эффективности тренировочного процесса и мотивации спортсменов, а также для предотвращения критических ситуаций, внезапных смертей и перегрузок. Принцип действия устройства основан на том, что на каждом личном мобильном устройстве врача, тренера и спортсмена установлено специализированное программное обеспечение посредством чего осуществляется передача данных с беспроводных датчиков, установленных на теле спортсмена, между участниками спортивно-тренировочного процесса.

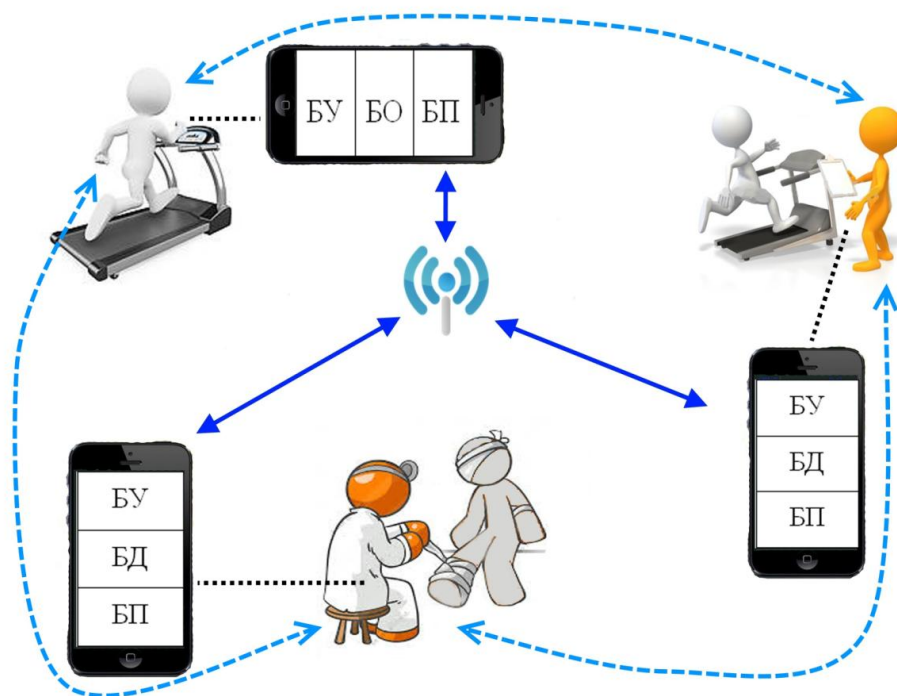


Рис. 6. Мобильное устройство для мониторинга функционального состояния гимнастов с дистанционной передачей данных



На рисунке приведены пути передачи медицинской информации по беспроводным каналам передачи данных мобильных устройств, здесь: БУ – блок управления, БП – блок передачи информации, БО – блок обработки данных, БД – база данных. С таким устройством спортсмены окажутся под постоянным наблюдением тренера и спортивного врача.

Таким образом, овладение равновесием заключается в воспитании специальных умений и формировании навыков, позволяющих сознательно управлять равновесием своего тела. Изучение упражнений в равновесии также содействует совершенствованию органов равновесия, главным образом вестибулярного, зрительного и двигательного анализаторов. Применение биологической обратной связи на основе стабิโลграфии в спортивной гимнастике поможет сформировать умения быстро выполнять необходимые движения для сохранения равновесия. А частный подход к каждому спортсмену позволит повысить эффективность тренировок и мотивацию спортсменов, от чего будет зависеть дальнейший спортивный результат.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Слива С.С.* Применение стабילוграфии в спорте // Первая Всероссийская научно-практическая конференция "Мониторинг физического развития, физической подготовленности различных возрастных групп населения. Сборник докладов. – Нальчик, 2003.
2. *Мистулова Т., Слива С., Миленькая С.* Использование методики стабילוграфии в спортивной тренировке и реабилитации // Педагогіка, психологія та медико-біологічні проблеми фізичного виховання і спорту: Зб. наук. пр. / Під ред. Ермакова С.С. – Харків:ХДАДМ (ХХІІІ), 2004. – № 24.
3. *Мистулова Т.Е.* Методика стабילוграфии в научно-методическом обеспечении подготовки сборных команд Украины // Вестник спортивной науки. – 2008. – № 4.
4. *Васильев О.* Убрать «эффект бабочки» // Гимнастика. – 2013. – № 1. – С. 30-36.
5. *Баулина О.В., Истомина Т.В.* Применение мультипараметрической биологической обратной связи в спортивной медицине // Биотехносфера. – 2014. – № 3 (33). – С. 50-52.
6. *Baulina O.V.* Technique of application of biological feedback on the basis of stabilography in gymnastics // Innovative Information Technologies: Materials of the International scientific-practical conference. Part 2. / Ed. Uvaysov S. U. –M.: HSE, 2014. – 736 p.

#### REFERENCES

1. *Sliva S.S.* Primenenie stabilografii v sporte [The use of stabilography in sports], *Pervaya Vserossiyskaya nauchno-prakticheskaya konferentsiya "Monitoring fizicheskogo razvitiya, fizicheskoy podgotovlennosti razlichnykh vozrastnykh grupp naseleniya* [The first all-Russian scientific-practical conference "Monitoring of physical development, physical preparedness of various age groups"]. Sbornik докладov. Nal'chik, 2003.
2. *Mistulova T., Sliva S., Milen'kaya S.* Ispol'zovanie metodiki stabilografii v sportivnoy trenirovke i reabilitatsii [Using methods of stabilography in sports training and rehabilitation], *Pedagogika, psikhologiya ta mediko-biologichni problemi fizichnogo vikhovannya i sportu: Zb. nauk. pr., Pid red. Ermakova S.S.* Kharkiv:KhDADM (KhKhPI), 2004, No. 24.
3. *Mistulova T.E.* Metodika stabilografii v nauchno-metodicheskom obespechenii podgotovki sbornykh komand Ukrainy [The method of stabilography in scientific and methodological support of training of national teams of Ukraine], *Vestnik sportivnoy nauki* [Herald sports science], 2008, No. 4.
4. *Vasil'ev O.* Ubrat' «effekt babochki» [Remove the "butterfly effect"], *Gimnastika* [gymnastics], 2013, No. 1, pp. 30-36.
5. *Baulina O.V., Istomina T.V.* Primenenie multiparametricheskoy biologicheskoy obratnoy svyazi v sportivnoy meditsine [The use of multiparameter biological feedback in sports medicine], *Biotekhnosfera* [Biotechnosfera], 2014, No. 3 (33), pp. 50-52.
6. *Baulina O.V.* Technique of application of biological feedback on the basis of stabilografiya in gymnastics, *Innovative Information Technologies: Materials of the International scientific-practical conference. Part 2. Ed. Uvaysov S. U.* Moscow: HSE, 2014, 736 p.

Статью рекомендовал к опубликованию к.т.н., доцент Л.Ю. Кривоногов.

**Баулина Ольга Владимировна** – ФГБОУ ВПО Пензенский государственный технологический университет; e-mail: o.v.baulina@mail.ru; 440039, г. Пенза, ул. Гагарина, 11; тел.: +79085209670; студентка.

**Снопкова Елена Валерьевна** – e-mail: snopkova@mail.ru; тел.: +79374371142; студентка.

**Истомина Татьяна Викторовна** – e-mail: istom@mail.ru; тел.: 89603258751; зав. кафедрой ИТММБС; д.т.н.; профессор.

**Baulina Olga Vladimirovna** – Penza State Technological University; e-mail: o.v.baulina@mail.ru; 11, Gagarina street, Penza, 440039, Russia; phone: +79085209670; student.

**Snopkova Elena Valeryevna** – e-mail: snopkova@mail.ru; phone: +79374371142; student.

**Istomina Tatiana Victorovna** – e-mail: istom@mail.ru; phone: +79603258751; head of the department ITMMBS; dr. of eng. sc.; professor.

УДК 612.886

**А.А. Мельников, Е.А. Макаренкова, М.В. Малахов, С.А. Ершов**

### **АНАЛИЗ УСТОЙЧИВОСТИ ВЕРТИКАЛЬНОЙ ПОЗЫ В УСЛОВИЯХ ГИПЕРВЕНТИЛЯЦИИ И ОГРАНИЧЕНИЯ ПОДВИЖНОСТИ ОСНОВНЫХ СУСТАВОВ ТЕЛА ЧЕЛОВЕКА**

*Исследован эффект ограничения подвижности основных суставов тела на показатели устойчивости вертикальной позы при гипервентиляции у молодых испытуемых (n=50). Показатели устойчивости вертикальной позы определялись с помощью стабилографии («Стабилан-1-02», ОКБ «Ритм»). Ограничение подвижности коленных суставов осуществлялось с помощью ортезов, а тазобедренного сустава и всего позвоночника – фиксацией деревянных планок ремнями к бедрам, туловищу и голове. Гипервентиляция стандартизировалась по частоте дыхания (30 циклов\*мин<sup>-1</sup>). Установлено, что ограничение подвижности тела увеличивало амплитуду колебаний по сагиттали и среднюю линейную скорость колебаний тела в условиях свободного дыхания. Фиксация суставов не оказывала значительного эффекта на прирост амплитуды колебаний тела, вызванные гипервентиляцией, однако разброс колебаний тела в сагиттальной плоскости был выше, а во фронтальной плоскости – ниже в условиях ограничения подвижности суставов тела. Фиксация суставов не оказывала дополнительного прироста линейной скорости колебаний при гипервентиляции. Таким образом, наличие подвижных суставов создает механизмы уменьшения амплитуды колебаний общего центра давления и повышения устойчивости вертикальной позы в сагиттальной плоскости.*

*Устойчивость позы; стабилография; ограничение подвижности; гипервентиляция.*

**A.A. Melnikov, E.A. Makarenkova, M.V. Malakhov, S.A. Erschov**

### **VERTICAL POSTURE STABILITY ANALYSIS DURING HYPERVENTILATION AND RESTRICTED MOBILITY OF MAIN BODY JOINTS IN HUMAN**

*The restricted mobility effect of main body joints on the posture stability during hyperventilation in young subjects (n = 50) was investigated. Vertical posture stability indexes were determined with the help of stabilography ("Stabilan-1-02", experimental design bureau "Rhythm"). The knee joint mobility limitation was performed using orthoses. Restriction of hip and spine mobility was made using attachment of wooden planks to hips, torso and head. Hyperventilation was standardized on respiratory rate (30 cycles\*min<sup>-1</sup>). It is established that the restriction of the body mobility increased the amplitude and the average linear velocity of the oscillations in sagittal plane of the body in a free breathing. Fixation of joints has no considerable effect on increase of*