

вится существенно выше, чем у низкоквалифицированных спортсменов или не спортсменов. В практическом плане это может означать высокую способность поддерживать равновесие в условиях спортивного поединка, что будет способствовать достижению высокого спортивного результата.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Скворцов Д.В.* Клинический анализ движений. Стабилометрия. – М.: АОЗТ «Антидор», 2000. – 192 с.
2. *Шестаков М.П.* Использование стабилотрии в спорте. Монография. – М.: ТВТ Дивизион, 2007. – 112 с.
3. *Коц Я.М.* Спортивная физиология. Учебник для институтов физической культуры. – М.: Физкультура и спорт, 1986. – 240 с.

Савин Андрей Анатольевич

Емельянова Людмила Владимировна

Мельников Андрей Александрович

Ярославский государственный педагогический университет им. К.Д. Ушинского.

E-mail: a.melnikov@yspu.yar.ru.

150000, г. Ярославль, ул. Республиканская, 108.

Тел.: +79610254836.

Savin Andrey Anatolyevich

Emelyanova Ludmila Vladimirovna

Melnikov Andrey Alexandrovich

Ushinskii' State Pedagogical University.

E-mail: melnikov@yspu.yar.ru.

108, Republikanskaya street, Yaroslavl, 150000, Russia.

Phone: +79610254836.

УДК 612.76

А.С. Слива, И.Д. Войнов, С.С. Слива

РАЗВИТИЕ МЕТОДОВ И СРЕДСТВ КОМПЬЮТЕРНОЙ СТАБИЛОГРАФИИ

Рассмотрено развитие научно-технического направления «Методы и средства компьютерной стабилотрии» на основе анализа достоинств и преимуществ стабилотрических семейств «Стабилан», разработанных и серийно выпускаемых ЗАО «ОКБ «Ритм»».

Компьютерный стабилотрический анализатор; «Стабилан-01-2»; векторный анализ; статокинезиграмма; качество функции равновесия (КФР).

A.S. Sliva, I.D. Voynov, S.S. Sliva

COMPUTER STABILOGRAPHY METHODS AND FACILITIES DEVELOPMENT

The research considers the development of the sci-tech branch 'Computer Stabilography Methods and Facilities' by analyzing the benefits and advantages of the STABILAN family stabilotriometers developed, designed and series-produced by RITM OKB ZAO.

Computer stabilotriometer; Stabilan-01-2; vector analysis; statokinesigram; equilibrium function quality (EFQ).

В ЗАО «ОКБ «РИТМ»» разработка методов и средств компьютерной стабилографии началась в 1990 г. Только в 2000 г. компьютерный стабилограф 4-го поколения был передан на Государственные технические и медицинские испытания для сертификации. В 2001 г. впервые в России были выданы ЗАО «ОКБ «РИТМ»» сертификат на **компьютерный стабилоанализатор с биологической обратной связью «Стабилан-01-2»** и разрешение на его серийный выпуск. При этом удалось не только ликвидировать отставание от зарубежных аналогов на 10-15 лет, но по целому ряду показателей даже опередить их [1]. Прежде всего, по техническим показателям, по которым «Стабилан-01-2» отличается:

- ◆ самый большой диапазон оценки координат центра давления (ЦД): ± 200 мм от центра стабилоплатформы, что позволяет снять ограничения в установке стоп испытуемого;
- ◆ самый большой диапазон «центрирования» – совмещения математического ожидания ЦД с центром осей координат **по всему полю регистрации**;
- ◆ малая погрешность геометрической оценки координат, фактически **0,2-0,5%** при допуске в технических условиях 1 %;
- ◆ самый малый временной дрейф в оценке координат, **0,3 мм/ч**, что на порядок меньше в сравнении с большинством зарубежных аналогичных показателей;
- ◆ высокая собственная частота стабилоплатформы: **500 Гц** без присоединенной массы и **30 Гц** с присоединенной максимальной массой;
- ◆ самая высокая разрешающая способность: **0,01 мм**;
- ◆ возможность билатеральных стабилографических исследований при использовании двух стабилоплатформ;
- ◆ возможность встраивания в стабилоплатформу дополнительных каналов для синхронной регистрации со стабилотограммами: пульсограммы, периметрического дыхания, кистевой и становой силы, огибающих миограмм по четырем отведениям;
- ◆ возможность регистрации веса испытуемого и баллистограммы, что оказалось весомым при исследовании, например, стрелков.
- ◆ возможность использования биологической обратной связи (БОС) не только зрительной модальности, как в зарубежных аналогах, но и БОС по кистевой силе и электрической активности мышц для реабилитации.

Для зарубежных и отечественных аналогов приоритетным в разработке программно-методического обеспечения является оценка нарушений опорно-двигательного аппарата человека и реабилитация этих нарушений, тренировка устойчивости человека, например, в гериатрии для снижения вероятности падения и переломов тазобедренных суставов, т.е. варианты использования с выраженным положительным результатом. Отдавая должное целесообразности такого подхода, в развитии программно-методического обеспечения стабилоанализатора «Стабилан-01-2» задачи ставятся шире и охватывают дополнительно такие области, как:

- ◆ **оперативная оценка психофизиологического состояния** человека в предрейсовом и предполетном контроле на транспорте;
- ◆ **оценка предсменной готовности** лиц, чья профессия связана с повышенными требованиями к человеческому фактору, например, бойцов ОМОНа и МЧС, диспетчеров на транспорте, операторов атомных электростанций, дежурных в пусковых шахтах стратегических ракет и т.п.;
- ◆ **психологические исследования**, включая анализ латеральной асимметрии мозга испытуемого, определение психотипа и т.п.;

- ◆ **экспертиза трудоспособности, профориентация, профотбор, профпригодность** в спорте, промышленности и в военном деле;
- ◆ **экологические психофизиологические исследования**, в которых компьютерная стабиллография позволяет повысить оперативность и объективность контроля влияния неблагоприятных факторов окружающей среды;
- ◆ **диагностика и реабилитация** нарушений двигательных функций и функции равновесия в неврологии, оториноларингологии, ортодонтии и мануальной терапии;
- ◆ **подбор лекарственных средств** с целью повышения эффективности лечения, а также оценка динамики лечения, включая санаторно-курортное лечение;
- ◆ **в различных видах спорта** для научных исследований, оперативного контроля функционального состояния спортсмена и оценки статодинамической устойчивости в процессе тренировок, специального тренинга для развития функции равновесия;
- ◆ **оперативная оценка состояния здоровья учащихся** школ и профессионально-технических училищ, студентов вузов для раннего выявления отклонений и принятия своевременных оздоровительных мероприятий;
- ◆ **подбор корректирующих стелек, протезов** и вспомогательных средств опоры в ортопедии;
- ◆ **фундаментальные исследования** в физиологии, психологии, биомеханике и принципах управления функциональных систем человека;
- ◆ **в тренировочном процессе** в спорте высших достижений;
- ◆ коррекция нарушений речи в логопедии;
- ◆ оценка динамики коррекции прикуса в ортодонтии.

В программном обеспечении StabMed-2 стабиллоанализатора «Стабилан-01-2» предусмотрена возможность получать сводку обо всех классических стабиллометрических показателях, используемых в Европе и США. Однако большая дисперсия классических показателей и сложность оценки спектрального анализа заставили искать новый способ обработки информации.

В 1983 г. Т. Окузано предложил квантовать стабиллографический сигнал с частотой 10-20 Гц, после чего стадокинезиграмма представляет собой последовательное чередование векторов, имеющих разную длину и направление. Длина каждого вектора отражает скорость движения в данный момент времени в направлении, соответствующем направлению вектора. Далее автор предложил переместить все векторы в исходную точку координат. Затем он разбивал плоскость на 16 секторов и, рассчитав средние значения векторов в каждом секторе, строил гистограмму направлений и скоростей колебаний. Она позволяет судить об амплитуде колебаний или скорости движения в том или ином направлении, так как эти величины вектора являются взаимопределяющими при постоянной величине времени отсчета (частоте квантования сигнала). Несмотря на наглядность данного способа, усреднение значений векторов по секторам не позволяет судить о характеристиках движения тела человека во время поддержания им вертикальной позы.

Для развития метода векторного анализа **д.м.н, профессор Усачев В.И.** предложил стабиллографический сигнал квантовать с частотой 50 Гц [2]. Как и у Т. Окузано по осям координат точками отмечаются вершины всех векторов, исходящих из центра координат. Но полученное облако значений векторов разделяется кругами равной площади на n зон. Далее производится подсчет количества вершин векторов, попавших в каждую зону, и строится график экспоненциальной зависимости скорости движения от порядкового номера зоны. Коэффициент экспоненци-

альной зависимости назван коэффициентом изменения функции линейной скорости перемещения тела – КИФЛС (Усачев В.И., 2001).

С целью лучшего понимания сущности коэффициента изменения функции линейной скорости был предложен показатель **качества функции равновесия (КФР)**, который вошёл во все методики, реализуемые посредством программы StabMed-2, и является наиболее информативным показателем.

В методическом обеспечении ведущую роль сыграли работы, проведённые под руководством д.м.н., проф. **НИИ неврологии РАМН Черниковой Л.А. (г. Москва)**. В 2002 г. была выпущена методика [3] и разработана новая технология по использованию методов и средств компьютерной стабиллографии в неврологии для диагностики и реабилитации.

Для расширения возможностей использования стабиллографии в спорте при активном участии д.м.н. профессора **Российского государственного университета физической культуры и спорта М.С. Шестакова (г. Москва)** был разработан ряд методик, использованных им в многолетних авторских исследованиях. Результаты этих исследований легли в основу его монографии [4], в которой описаны процедуры тестирования спортсменов с целью выявления значимых показателей. В 2004 г. стабиллоанализатор «Стабилан-01» успешно использовался профессором М.П. Шестаковым в подготовке участия олимпийских команд спортсменов в летних Олимпийских играх 2004 г. в прыжках с шестом и в высоту.

В **МГУ им. М.В. Ломоносова (г. Москва)** на кафедре высшей нервной деятельности под руководством д.б.н., доцента Д.А. Напалкова отработан ряд новых методик для подготовки стрелков высокого класса, в которых оказалась значима баллистограмма в сочетании со стабиллограммами.

В **Кубанской академии физической культуры (г. Краснодар)** под руководством заведующего кафедрой адаптивной физической культуры и физической реабилитации д.п.н., профессора А.Б. Трембача, получены значимые результаты в оценке позной устойчивости у детей здоровых, больных и занимающихся спортом, отработаны методики тренинга с БОС, а также отработаны методики диагностики таких отклонений. Защищено две диссертации.

В **КБНИЦФКиС (г. Нальчик)** под руководством директора, к.т.н., доцента М.Х. Индреева стабиллоанализатор «Стабилан-01» стал ведущим техническим средством в реализации программы по оценке физического состояния молодежи Кабардино-Балкарии. Стабиллоанализатор «Стабилан-01» вошел в состав передвижной лаборатории Кабардино-Балкарского научно-исследовательского центра для спортивных исследований и мониторинга физического развития и физической подготовленности различных возрастных групп населения [5].

В **НИИФК (г. Санкт-Петербург)** под руководством с.н.с., доцента В.Д. Емельянова найдены варианты эффективного использования компьютерной стабиллографии в тренировочном процессе спортсменов-инвалидов.

В современных сложных человеко-машинных комплексах таких, как диспетчерское управление энергосистемами и др. важно решать задачи диагностики не только машинной части комплекса, но и его «человеческой» части. Важно иметь возможность получать оперативную и объективную информацию о состоянии человека непосредственно перед началом работы и в процессе ее выполнения. Такая возможность предоставляется при использовании метода компьютерной стабиллографии.

Метод компьютерной стабиллографии основан на анализе функции равновесия человека, являющейся одной из базисных и интегральных функций организма. Ее качество индивидуально для каждого человека и мало зависит от возраста, пола, роста и веса человека. Однако при заболевании или обострении болезни чело-

века, употреблении алкоголя или наркотиков, как показали исследования, показатели качества функции равновесия значимо выходят за пределы индивидуальных показателей. Это и положено в основу компьютерных стабилеографических методов оценки общего функционального состояния человека при допусковом контроле диспетчеров, водителей транспортных средств, при предполетном контроле пилотов и лиц, чья профессия сопряжена с повышенными требованиями к человеческому фактору.

Использование методов компьютерной стабилеографии в оценке функционального состояния человека оправдано их высокой эффективностью и целым рядом других достоинств, а именно:

- ◆ **комфортом обследования** человека, которое проводится на специальной силокоординатной платформе в одежде, в положении стоя или сидя, т.е. в условиях, не требующих специальной подготовки и крепления датчиков на тело обследуемого;
- ◆ **малым временем обследования**, которое складывается из времени съема информации (обычно в пределах 1÷1,5 мин), времени просмотра полученных данных и анализа результатов обработки сигнала (в пределах минуты);
- ◆ **информативностью обследования**, позволяющей оценивать как общее функциональное состояние человека, так и отдельных систем организма, участвующих в процессе поддержания вертикальной позы;
- ◆ **высокой чувствительностью** к воздействиям на человека, что позволяет оценить его реакцию на физические и психические воздействия, на прием лекарственных средств и даже на запахи;
- ◆ **многофункциональностью**, позволяющей использовать компьютерную стабилеографию не только как диагностическое средство широкого спектра заболеваний и предзаболеваний, но и как средство контроля и объективации воздействия на человека, а так же, как средство реабилитации нарушений статокINETической функции человека, общесистемной нормализации и тренировки его координации.

Была разработана методика экспресс оценки функционального состояния человека с использованием показателя интегральной оценки «качества функции равновесия» (КФР) на основе анализа векторов скоростей в точках дискретизации траектории центра давления, оказываемого испытуемым на опорную поверхность стабилеографической платформы.

Тестирование по этой методике проводится в три этапа, продолжительностью 20 с. каждый. Показатели КФР на каждом этапе тестирования позволяют объективно формировать индивидуальные и профессиональные нормы для допускового контроля персонала.

Данная методика прошла апробацию на пилотах сверхмалой авиации еще в 1999 г., затем в трамвайном парке г. Санкт-Петербурга. Однако основы формирования групповых и индивидуальных норм были определены после обработки и анализа более 1500 обследований летного состава военно-транспортной авиации, проведенных в 2003 г.

В последние годы наметилась новая область эффективного использования методов и средств компьютерной стабилеографии в учебном процессе вузов в качестве лабораторного оборудования. Разработанные методики программно-методического обеспечения компьютерного стабилеоанализатора с биологической обратной связью «Стабилан-01-2», которых в настоящее время более 50-и, служат основой для лабораторных работ в области физиологии, психологии, медицины и биомеханики. В качестве лабораторного оборудования «Стабилан-01-2» уже используется в трех вузах ЮФУ и планируется использовать еще в трех других вузах.

Компьютерный стабилоанализатор с биологической обратной связью «Стабилан-01-2» фактически стал мощным исследовательским комплексом, что обуславливает его высокую стоимость. Этот фактор сдерживал широкое применение стабилоанализатора «Стабилан-01-2» для проведения реабилитационных процедур.

В 2009 г. выпустили опытную партию компьютерных стабилоанализаторов с биологической обратной связью «**Стабилан-01-2» Тренажер**. Основные отличия от серийного стабилоанализатора следующие: дешевле в 3 раза, при приобретении нет конкурса, легче в 3 раза, программно-методическое обеспечение сужено и за счёт этого снижены требования к компьютерной грамотности пользователя. С помощью такого тренажера успешно проводится реабилитация и развитие функции равновесия в спортивной медицине, в детских реабилитационных центрах и частными лицами в домашних условиях.

Для расширения диапазона оценки параметров двигательной активности современного человека в различных областях его жизнедеятельности в ЗАО «ОКБ «РИТМ»» разработан новый реабилитационно-диагностический комплекс «Стабилан-01-3», основой которого является силомоментное кресло. Оно позволяет оценивать двигательную активность человека в положении сидя, отработать методики ранней реабилитации больных инсультом и после нейрохирургических операций, психоэмоциональное состояние диспетчеров, брокеров и операторов сложных человеко-машинных комплексов в процессе профессиональной деятельности. Таким образом, наметилось новое направление в развитии методов и средств компьютерной стабилографии. С 2007 г. в ЗАО «ОКБ «РИТМ»» начат серийный выпуск «Стабилан-01-3».

Уникальные возможности стабилоанализатора «Стабилан-01» в экспресс-оценке функционального состояния человека, в диагностике и реабилитации опорно-двигательного аппарата, в доклиническом выявлении отклонений в здоровье человека при регулярных стабилографических обследованиях привлекли внимание врачей, психофизиологов, спортивных тренеров, а также служб психофизиологического обеспечения безопасности на транспорте, энергетических предприятиях и МЧС.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Слива С.С.* Отечественная компьютерная стабилография: технический уровень, функциональные возможности и области применения // Журнал «Медицинская техника». – Вып. 1, январь-февраль. – М.: Медицина, 2005. – С. 32-36 с.
2. *Усачев В.И.* Способ качественной оценки функции равновесия / Патент на изобретение № 2175851. – М., 2001.
3. *Черникова Л.А.* Методики диагностики и тренировки функции равновесия на основе компьютерного стабилоанализатора с биологической обратной связью «Стабилан-01» в неврологии. Пособие для врачей. – М.: 2007. – 50 с.
4. *Шестаков М.П.* Использование стабилотрии в спорте. Монография. – М.: ТВТ Дивизион, 2007. – 112 с.
5. Мониторинг физического развития, физической подготовленности различных возрастных групп населения. Материалы первой всероссийской научно-практической конференции. – Нальчик: Каб.-Балк. университет, 2003. – 336 с.

Слива Сергей Семенович

Слива Андрей Сергеевич

Закрытое акционерное общество «ОКБ «Ритм»».

E-mail: stabilan@okbritm.com.ru.

347900, г. Таганрог, ул. Петровская, 99.

Тел.: 88634623190.

Войнов Иван Дмитриевич
E-mail: office@stabilan.com.ru.
Тел.: 88634614016.

Sliva Sergey Semenovich
Sliva Andrey Sergeevich
Joint Stock Company «ОКВ “Ritm”».
E-mail: stabilan@okbritm.com.ru.
99, Petrovskaya, Taganrog, 347900, Russia.
Phone: +78634623190.

Voynov Ivan Dmitrievich
E-mail: office@stabilan.com.ru.
Phone: +78634614016.

УДК 612.76

В.И. Усачёв, М.И. Говорун, А.Е. Голованов, М.С. Кузнецов

ДИНАМИЧЕСКАЯ СТАБИЛИЗАЦИЯ ВЕРТИКАЛЬНОГО ПОЛОЖЕНИЯ ТЕЛА ЧЕЛОВЕКА

Обоснована необходимость изучения динамической стабилизации вертикального положения тела человека. Показаны новые возможности стабилметрического векторного анализа в диагностике нарушения функции равновесия, оценке эффективности лечения пациентов, а также определения статистической значимости различия результатов у одного пациента, а не у групп лиц.

Функция равновесия; динамическая стабилизация; компьютерная стабилметрия.

V.I. Usachev, M.I. Govorun, A.E. Golovanov, M.S. Kuznetsov

DYNAMIC STABILIZATION OF VERTICAL HUMAN BODY POSITION

The necessity of studying the dynamic stabilization of the human body vertical position is substantiated. New capacities of a stabilometric vector analysis in diagnosing equilibrium dysfunction, evaluating the efficiency of treatment, and determining the statistical significance of differences in the results in a patient rather than in a group of subjects are shown.

Equilibrium function; dynamic stabilization; computed stabilometry.

В 1911 г. Х. Хэдом и Г. Холмсом было предложено определение схемы тела, как сформированного и закреплённого генетически в задней центральной извилине коры головного мозга в ходе синтеза различных ощущений представления о величине, положении и взаимосвязи частей тела. В последнее время обращается внимание на единство системы отсчёта для тела и внешнего физического пространства [1,6]. Важно отметить, что системой внутреннего представления о теле и внешнем пространстве в зависимости от условий восприятия, могут выбираться различные системы отсчёта: например, связанная с головой, с корпусом или с каким-либо объектом окружающего пространства.

Для поддержания равновесия тела решающую роль играет информация о гравитационной вертикали от вестибулярного аппарата и от проприоцепторов тела при контакте с плоскостью опоры. Вспомогательную, хотя и весьма существенную роль, играет зрительная информация о гравитационной вертикали. Тем не менее, человек может прекрасно ориентироваться в пространстве и поддерживать динамическое равновесие тела исключительно на основании информации от вестибулярного аппарата и проприоцепторов тела в воздухе, не имея контакта с плоско-