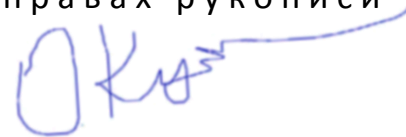


На правах рукописи



КУБРЯК Олег Витальевич

**Системные механизмы регуляции стабильности и  
управляемости вертикальной позы человека**

03.03.01 — Физиология

Автореферат диссертации

на соискание ученой степени доктора биологических наук

Москва – 2017

**Работа выполнена в ФГБНУ Научно-исследовательский институт нормальной физиологии имени П.К. Анохина**

**Научный консультант:**

член-корреспондент РАН, профессор, доктор медицинских наук, директор ФГБНУ Научно-исследовательский институт нормальной физиологии имени П.К. Анохина, **СУДАКОВ Сергей Константинович**

**Официальные оппоненты:**

член-корреспондент РАН, профессор, доктор медицинских наук, заведующая отделом сенсомоторной физиологии и профилактики ФГБУН ГНЦ РФ Институт медико-биологических проблем РАН, **КОЗЛОВСКАЯ Инеса Бенедиктовна**

доктор биологических наук, заведующий лабораторией нейробиологии моторного контроля ФГБУН Институт проблем передачи информации имени А.А. Харкевича, **ЛЕВИК Юрий Сергеевич**

профессор, доктор биологических наук, заведующий кафедрой физиологии ФГБОУ ВО Российский государственный университет физической культуры, спорта, молодёжи и туризма (ГЦОЛИФК), **СОНЬКИН Валентин Дмитриевич**

**Ведущая организация:**

ФГБОУ ВО Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, Биологический факультет

**Защита диссертации состоится «18» мая 2017 года в 13 часов** на заседании Диссертационного совета Д.001.008.01 при ФГБНУ Научно-исследовательский институт нормальной физиологии имени П.К. Анохина, по адресу: г. Москва, ул. Моховая, дом 11, строение 4.

**С диссертацией можно ознакомиться** в ФГБНУ Научно-исследовательский институт нормальной физиологии имени П.К. Анохина и на официальном сайте **www.nphys.ru**

**Автореферат разослан «.....» февраля 2017 года.**

**Врио Учёного секретаря**

Диссертационного совета Д.001.008.01,

доктор биологических наук



**БАШКАТОВА Валентина Германовна**

## Общая характеристика работы

**Актуальность темы исследования.** В последние десятилетия XX века предлагались широко используемые и сегодня физиологические концепции, инструменты [Nashner, 1985], методики [Horak, 1990] — технологии исследования стабильности вертикальной позы человека с помощью стабилومتрии, основного метода. Физиологической базой, объяснением, здесь в большой степени послужили так называемые «механические модели» [Кручинин, 2014]. Связь преобладающих концепций и связанного с ними инструментария на развитие областей, относящихся к исследованиям физиологии вертикальной позы, в целом касается влияния исследовательской техники на науку [Глозман, 2010]. Такое влияние, «инструментализм», отчётливо прослеживается в результатах и выводах проанализированного массива тематических отечественных диссертационных работ за последнее десятилетие [Кубряк, Кривошей, 2016]. Подавляющая часть (~97%) рассмотренных диссертаций выполнялась с помощью российского приборного и программного обеспечения для стабилومتрии от двух производителей — двух групп разработчиков, базировавшихся на собственных интерпретациях более ранних теоретических и технических решений. В этой связи наблюдалось сужение выбора доступных исследователю методических решений, способов получения результатов и их трактовки; влияние на выработку рекомендаций — как правило, в практических областях, сильнее зависимых от инструментария. С проявлением «инструментализма» здесь связаны методологические, технологические недостатки — например, отсутствие возможности надёжного сравнения абсолютных значений показателей, полученных в разное время в разных наблюдениях, в том числе, из-за отсутствия должного метрологического обеспечения [Гроховский, 2015] и использования разных способов расчёта показателей. Обозначенный комплекс проблем препятствует разработке адекватных физиологических нормативов, использованию для стабилومتрии подходов типа «Big Data» [Krittanawong, 2016], реализации ответственных телемедицинских,

телеметрических проектов с передачей физиологических параметров. Иными словами, разработка и внедрение исследовательских подходов, инструментария, которые бы обеспечили более широкий и гибкий диапазон доступных методик, предшествует появлению новых научных результатов в данной области. Важное значение тема имеет для здравоохранения — в российских государственных стандартах оказания медицинской помощи стабилметрия обозначена основным кодом А05.23.007, и другими, подразумевающими использование технологий и оборудования (стабилоплатформ) в лечебно-реабилитационных целях, например, А19.24.001.014 «Тренировка с биологической обратной связью по опорной реакции при заболеваниях периферической нервной системы». Востребованы удобные и верифицированные оценки, связанные с применением стабилметрии в других практических областях — например, в оценке состояний операторов, спорте [Напалков и др., 2009], мониторинге физического развития детей [Андреева, Сонькин, 2012] и других. Кроме изучения публикаций, нами собирались и учитывались экспертные мнения, анализ которых указывает на актуальность соответствующих исследований — на примере спорта высших достижений, в опросе элитных спортсменов-стрелков [Иванов, Кубряк, 2011]. Таким образом, тему данной работы полагаем, следует рассматривать как актуальную, в широком теоретическом и прикладном контексте.

**Степень разработанности темы.** К недостаткам часто применяемых для описания физиологических механизмов и качества управления вертикальной позой, так называемых «рефлекторных» и «механических» концепций, следует отнести сложность объяснения реального поведения, например, игнорирование «упреждающей ориентации». Наиболее глубокой, системной идеей в обсуждаемой области полагаем концепцию «внутренней схемы тела», которая допускает создание афферентации, которая может интерпретироваться мозгом неоднозначно, позволяя, таким образом, исследовать функцию «системы внутреннего представления» [Левик, 2006]. В исследованиях со стимуляцией или угнетением рецепторов [Billot et al., 2013] различных нарушений или изменений чувствительных анализаторов [Ivanenko et al., 1999], на регуляцию позы, предлагаются объяснения, основанные на представлениях о мультисенсорной

интеграции [Ferrè, Haggard, 2015]. Тематические публикации охватывают широкий круг практических областей медицины — клинической фармакологии [Baston et al., 2016], неврологии [Kalron et al., 2016], восстановительной медицины [Hugues et al., 2016], оториноларингологии [Alahmari et al., 2014] и других [Perinetti et al., 2012]. К распространенным недостаткам, полагаем, следует отнести методологические проблемы, связанные с теоретическим обоснованием, вопросами физиологических трактовок, а также качеством показателей и стандартизации [Schubert, Kirchner, 2014]. Специально проведенное нами систематическое исследование современных российских диссертаций указывает на общность проблем.

Далее, на основе анализа сформулирована основная рабочая гипотеза: исследование свойств системы регуляции стабильности и управляемости вертикальной позы человека может проводиться путём оценки эмерджентных\* свойств этой системы и результата целенаправленного поведения в стандартизированной задаче при включении искусственной обратной связи.

**Цели и задачи.** Цель данной работы: исследовать особенности регуляции стабильности и управляемости вертикальной позы человека с позиции системных представлений и разработать актуальную методологию исследования функции на стабиллоплатформе, путём включения в систему искусственной обратной связи в целенаправленном поведении.

Для достижения данной цели были определены задачи, касающиеся, *во-первых*, мер повышения надёжности и физиологической обоснованности оценок в стабилометрическом исследовании; *во-вторых*, исследований влияния изменяемой периферической афферентации (как часто используемого методологического подхода) на показатели стабильности вертикальной позы; *в-третьих*, исследования особенностей параметров стабильности и управляемости вертикальной позы при включении биологической обратной связи по опорной реакции; *в-четвёртых*, исследования и применения биологической обратной

---

\* Свойства, которые не могут быть объяснены, выражены через свойства отдельных элементов системы — пояснения к этому и другим терминам приведены в разделе «Список терминов» полного текста диссертации, на странице 150. Доступно на официальном сайте НИИ нормальной физиологии имени П.К.Анохина: [www.nphys.ru](http://www.nphys.ru)

связи по опорной реакции для исследования характеристик и коррекции функциональной системы. Конкретные задачи: 1. разработать метод исследования стабильности и регуляции вертикальной позы человека на основе оценки механической работы центра давления в плоскости опоры;

2. изучить характеристики влияния искусственного кратковременного изменения прикуса на стабильность вертикальной позы у здоровых добровольцев;

3. изучить характеристики влияния, оказываемого искусственной модуляцией сигналов от стоп, на стабильность вертикальной позы;

4. исследовать параметры вертикальной позы добровольцев при демонстрации различных изображений;

5. разработать способ исследования системы управления вертикальной позы человека на стабиллоплатформе с использованием искусственной обратной связи в достижении обусловленного инструкцией результата (в целенаправленном поведении);

6. исследовать характеристики влияния, оказываемого искусственной модуляцией сигналов от периферии (зрения) и включения искусственной обратной связи на стабильность вертикальной позы здорового человека;

7. исследовать влияние выполнения кратковременных ежедневных задач с биологической обратной связью на результат выполнения инструкции здоровыми добровольцами;

8. изучить особенности проведения стабилметрического исследования вертикальной позы в модели сложного нарушения нервного обеспечения (после ишемического церебрального инсульта);

9. исследовать особенности выполнения одинаковой задачи с биологической обратной связью по опорной реакции при использовании разных способов исполнения на стабиллоплатформе — ногами из положения стоя, ногами из положения сидя, рукой.

**Научная новизна.** Впервые разработан способ исследования стабильности и регуляции вертикальной позы человека, связанный с оценкой механической работы центра давления в плоскости опоры. Получен Патент РФ на изобретение (RU 2456920). Новым является объяснение ранее описываемых разными

авторами различий в стабильности вертикальной позы при кратковременном изменении периферической афферентации, связанной, например, с манипуляциями в окклюзионной плоскости или ортезированием стопы («до» и «после»), следующими возможными обстоятельствами: неоднозначностью часто применяемых показателей стабиллометрии, как, например, «площадь статокинезиограммы», а также наличием реакций по типу павловского рефлекса «что такое?». Впервые показано, что рассматривание более четких, простых, ровных изображений с ясными контурами, может способствовать большей стабильности вертикальной позы человека. Все эти обстоятельства, на наш взгляд, не связаны прямо с желаемыми («целевыми») характеристиками воздействия и часто игнорируются, что может приводить к ошибочным выводам. Соответственно, это указывает на необходимость адекватного применения ранее разработанных подходов и новой методологии для надёжных оценок и корректной физиологической трактовки результатов стабиллометрического исследования.

Разработана новая методика исследования системы управления вертикальной позы человека на стабиллоплатформе в обусловленном инструкцией целенаправленном поведении, с использованием биологической обратной связи по опорной реакции. Получен Патент РФ на изобретение (RU 2530767). Также получен Патент РФ на способ, предполагающий применение оценки, связанной с механической работой центра давления в плоскости опоры и биологической обратной связи по опорной реакции (RU 2476151). Зарегистрированы полезные модели: RU 152606 и RU 144682. Разработана и зарегистрирована новая отечественная программа для ЭВМ — № 2013610968, позволяющая проводить тесты и корректирующие процедуры для человека на стабиллоплатформе (включая методики с использованием искусственного информационного канала), а также автоматизировать работу специалиста, в том числе, предлагая объективные автоматические заключения по измеренным параметрам. Впервые показано, что выполнение краткой двигательной задачи в процедуре с биологической обратной связью по опорной реакции (на стабиллоплатформе) может проявляться изменением параметров управления вертикальной позой, по

крайней мере, в течение нескольких минут после такой процедуры. Впервые выявлено, что выполнение одинаковой задачи с биологической обратной связью при использовании разных способов исполнения на стабиллоплатформе (стоя, ногами из положения сидя, рукой) имеет системное сходство, где различия касаются вовлекаемых в систему структурных элементов.

Оптимизация системы управления вертикальной позой достигается быстрее при добавлении искусственной обратной связи и постановке задачи использования нового информационного канала в целенаправленном поведении. Получены Патенты РФ на изобретения, предлагающие практическое использование данного положения в медицине (RU 2573554 и RU 2489129). Одним из новых вариантов оценки системы регуляции вертикальной позы человека может быть исследование возможности перенастройки параметров управления, при включении биологической обратной связи по опорной реакции и анализе соответствующих изменений. Такой подход носит характер системного и отличен от редуccionистских представлений о регуляции позы. Практически реализовано в указанном выше программном обеспечении (RU 2013610968).

Отдельно следует отметить, что впервые проведен систематический анализ массива современных российских диссертационных работ, предполагавших применение стабиллометрии. Здесь понятие «инструментализма» связывается с объяснением современного уровня исследований стабильности вертикальной позы человека на стабиллоплатформе и возможных путей развития тематического направления, в том числе, путей повышения объективности и доказательности исследований.

**Теоретическая и практическая значимость работы.** Предлагаемые подходы к системному рассмотрению регуляции и стабильности вертикальной позы человека развивают приоритетную для научной школы НИИ нормальной физиологии имени П.К. Анохина *теорию функциональных систем*, демонстрируя возможность исследования и целенаправленной модификации системы управления вертикальной позы при включении сигнализации, основанной на искусственно определяемой информации о положении центра давления человека на опору. Новые способы проведения исследований на



стабилоплатформе прямо связываются с представлениями об эмерджентности, специфических свойствах системы регуляции и стабильности вертикальной позы. В этом отличие от редуccionистских подходов, к которым можно отнести ряд исследований в рамках «механических» моделей. Предлагаемые готовые и перспективные решения могут быть полезны или уже используются в различных областях: медицине, спорте, контроле операторов, экспертизе, и других. В отличие от ранее применяемых показателей стабилметрического исследования, например, «площади статокинезиограммы» (обычно определяемой по формуле площади эллипса), группа новых показателей, основанных на оценке механической работы, совершаемой телом массой  $m$  при смещении его центра давления между двумя последовательными позициями в плоскости опоры за всё время исследования или иной процедуры, имеет более ясные, однозначные физические свойства и высокую чувствительность, что обеспечивает надёжность и достоверность результатов при выполнении тестов на стабилоплатформе, а также облегчает их физиологическую интерпретацию для конкретных наблюдений. Запатентованные методики (RU 2530767, RU 2456920, RU 2476151), полезные модели (RU 152606, RU 144682) и программное обеспечение (RU 2013610968) используются в промышленно выпускаемых стабилметрических системах, получивших в РФ государственную регистрацию в качестве Средства Измерений (RU.C.39.004.A N 41201) и в качестве Изделия медицинского назначения (N ФСР 2010/07900). Собственные международные коды в Global Medical Device Nomenclature: 17242 Balance/mobility management system; 43114 Balance/mobility management system platform; 43115 Balance/mobility management system application software. В практическом здравоохранении используются комплексные реабилитационные методики, включающие разработки темы (RU 2573554, RU 2489129). Разработана и утверждена профильная учебная программа. Материалы диссертационной работы использовались в дистанционном обучающем курсе «Стабилметрия и биологическая обратная связь по опорной реакции», реализованном на базе журнала «Физиотерапия, бальнеология и реабилитация» издательства «Медицина» в 2015 году. Методическое пособие «Биологическая обратная связь по опорной реакции:

методология и терапевтические аспекты», написанное в соавторстве, получило рекомендацию специализированной структуры Минобрнауки РФ — ФГАУ «Федерального института развития образования» (ФИРО) в качестве учебно-методического пособия согласно Федеральному государственному образовательному стандарту высшего образования (ФГОС) по направлению подготовки 06.06.01 Биологические науки (уровень подготовки кадров высшей квалификации), рецензия 272 от 09.08.2016.

**Методология и методы исследования.** Исходной физиологической методологической базой являлась теория функциональных систем. Учитывалась концепция внутренней модели тела. В широком контексте учитывались философские представления об инструментализме и операционализме. Прикладная методология, разработка показателей связывались с теорией измерений. В качестве формализованной системной методологии использовались элементы теории автоматического управления. Для достижения цели и решения поставленных задач применялись: стабилметрия, исследование опорных реакций (на стабилплатформе); биологическая обратная связь по опорной реакции с использованием визуального канала (на стабилплатформе). Осуществлены теоретические исследования, разработки, проведены экспериментальные наблюдения, анализ данных, предложены обобщения на основе принципов классической логики. Методология базировалась на современных этических принципах.

**Положения, выносимые на защиту.** 1. Свойства системы регуляции стабильности и управляемости вертикальной позы человека могут исследоваться путём оценки эмерджентных свойств этой системы и результата целенаправленного поведения в стандартизированной задаче при включении искусственной обратной связи.

2. Система регуляции вертикальной позы человека может оцениваться путём исследования возможности перенастройки параметров управления при включении искусственного информационного канала (биологической обратной связи по опорной реакции) и соответствующем анализе.

3. Восстановление или улучшение качества системы регуляции вертикальной позы у человека при отсутствии непреодолимых нарушений может быть обеспечено созданием искусственной обратной связи по опорной реакции, облегчающей процесс оптимизации — перенастройки параметров управления системы.

4. Стратегия управления одинаковой задачей с биологической обратной связью по опорной реакции может иметь системное сходство при включении в систему разных структурных элементов — использовании разных способов исполнения (например, ногами из положения стоя, ногами из положения сидя, рукой).

**Степень достоверности и апробация результатов.** Достоверность результатов обеспечена аналитическими и экспериментальными доказательствами; адекватной организацией исследования и выбором методик, проведением достаточного для статистически значимых результатов числа наблюдений, должным метрологическим обеспечением. Основные научные результаты темы представлены в публикациях, где проводилось независимое рецензирование: в 46 публикациях, в том числе, *25 публикаций*, по требованиям пунктов 12 и 13 Постановления Правительства РФ N 842 от 24.09.2013, с изменениями согласно Постановлению Правительства РФ N 335 от 21.04.2016.

Материалы диссертационной работы лично представлялись в виде докладов и обсуждались на зарубежных и российских конгрессах, конференциях, семинарах и других мероприятиях, среди которых: International Organization Psychophysiology World Congress, Pisa, Italy, 2012; Республиканская научно-практическая конференция с международным участием «Инновационные методы медицинской реабилитации», Казань, Россия, 2013; II Междисциплинарный медицинский конгресс ПФО «Эффективное здравоохранение – залог здоровья общества» в рамках 19-й международной выставки «Медицина и здоровье-2013», Пермь, Россия, 2013; 1-й Международный конгресс и интерактивная выставка «Экология мозга: искусство взаимодействия с окружающей средой», Россия, Москва, 2013; Научно-практическая конференция «Реабилитация и профилактика» в ГБОУ ВПО Первый Московский государственный медицинский университет имени И.М. Сеченова, Россия, 2013; 9-я Международная междисциплинарная конференция «Вейновские чтения», Москва, Россия, 2013; International Organization Psychophysiology World Congress, Hiroshima, Japan, 2014;

Междисциплинарная научно-практическая конференция «Диагностика и лечение расстройств движений», Москва, Россия, 2014; I Международный санаторно-курортный конгресс, Москва, Россия, 2015; VII международный Конгресс «Нейрореабилитация-2015», Москва, Россия, 2015; Семинар в Nanyang Technological University, Сингапур, 2015; Семинар в Крымском федеральном университете имени В.И. Вернадского, Симферополь, Россия, 2016; 12-я Международная междисциплинарная конференция «Вейновские чтения», Москва, Россия, 2016; II Международный конгресс «Санаторно-курортное лечение», Москва, Россия, 2016; Научно-практическая конференция «Диагностика и лечение заболеваний, сопровождающихся нарушением слуха и головокружением», Москва, Россия, 2016; 4-й Международный междисциплинарный конгресс «Экология мозга: искусство взаимодействия с окружающей средой», Москва, Россия, 2016; Научно-практическая конференция, посвященная 240-летию ГБУЗ МОНИКИ имени М.Ф. Владимирского, Москва, Россия, 2016; Научно-практическая конференция «Спортивная психология в подготовке олимпийского резерва», ГКУ «ЦСТиСК» Москомспорта, Москва, Россия, 2016; Семинар в ЛРНЦ «Русское поле» ФГБУ «ФНКЦ ДГОИ имени Дмитрия Рогачева», Московская область, Россия, 2016. Кроме того, проводились обсуждения материалов работы в ФГБНУ НИИ нормальной физиологии имени П.К. Анохина, а также на кафедре нормальной физиологии и медицинской физики ГБОУ ВПО МГМСУ имени А.И. Евдокимова и на кафедре физиологии человека и животных и биофизики Таврической Академии ФГАОУ ВО КФУ имени В.И. Вернадского.

*Аннотация и полный текст диссертации структурированы согласно ГОСТ Р 7.0.11-2011, библиография — ГОСТ Р 7.0.5-2008. Диссертация с 6 приложениями — на 215 страницах. В тексте диссертации приведены список сокращений, список иллюстраций и список терминов. Основной текст содержит 28 иллюстраций и 19 таблиц. В приложениях дополнительно есть ещё 16 таблиц, содержащие сводные данные, 8 рисунков, а также список публикаций основных научных результатов работы с интернет-адресами (ссылками) в РИНЦ, ФИПС, Scopus, ORCID, PubMed, DOI или иных базах, или журнальных ресурсах. Список литературы включает 259 источников, в том числе 152 на русском и 107 на иностранном.*

## Основное содержание работы

**Глава 1. Обзор литературы.** Рассмотрены представления о системах. Приведены разные взгляды на физиологические обоснования, теоретические модели управления вертикальной позой человека. Описаны применение основного метода исследования стабильности вертикальной позы — стабилومتрии, представления о физиологическом смысле и анализе показателей. Эволюция парадигмы — *условно*, как движение от «рефлекторных» моделей управления вертикальной позой к простым «механическим», типа «однозвенного перевёрнутого маятника», потом к сложным «многозвенным» моделям, и, далее, к концепциям «сенсомоторной интеграции», далее — к «схеме тела», системным представлениям. Иллюстрируется взгляд, представленный, например, советским философом Г.Н. Волковым, что «исторически техника предшествует науке». Анализ применения стабилومتрии в России по диссертационным работам с 2005 по 2015 год, указывает на сильное влияние исследовательского инструментария, наличия готовых методик.

**Глава 2. Организация, материалы и методы исследования.** Автором лично, или, если это было обусловлено спецификой, то при участии коллег (указаны конкретные имена в соответствующих разделах, согласно пункту 14 Постановления Правительства РФ от 24 сентября 2013 года N 842), выполнены наблюдения на здоровых добровольцах, а также пациентах (совместно с врачами), что было связано с изучением актуальных физиологических индикаторов для различных состояний человека (модель). Соблюдались современные этические принципы, согласно локальной этической комиссии, и, в соответствии с Хельсинкской декларацией Всемирной Медицинской Ассоциации и ГОСТ Р 56509-2015 «Услуги населению. Надлежащая практика гуманитарных исследований». Было проведено: 3 531 аппаратных не инвазивных измерений состояний человека с участием 181 добровольца и 108 пациентов. Осуществлены анализ литературы и сбор мнений при изучении актуальности, теоретические исследования, разработки, анализ экспериментальных данных, предложены обобщения. Для достижения цели и решения поставленных задач использовались: исследование опорных реакций (на стабилоплатформе); биологическая обратная связь по опорной реакции (на стабилоплатформе); математический анализ. Применялась стабилOMETрическая система «Устройство электронное «СТАБИЛОТРЕНАЖЁР» ST-150 по ТУ 9441-005-49290937-2009», Россия; Регистрационный номер медицинского изделия ФСР 2010/07900; Свидетельство об утверждении типа средств измерений RU.C.39.004.A N 41201.

Анализ стабилметрических исследований и тестов с биологической обратной связью по опорной реакции проводился в штатной программе STPL (RU 2013610968). Использовались следующие основные показатели: **A** — оценка механической работы, совершаемой центром давления в плоскости опоры («индекс энергозатрат»), рассчитываемая по описанному алгоритму [Кубряк, Гроховский, 2012], в Джоулях, а также производные; **S** — оценка рассеяния положений центра давления по двум осям, «площадь статокинезиограммы», в квадратных миллиметрах; **L** — оценка размера траектории центра давления — «длина статокинезиограммы», в миллиметрах [Скворцов, 2010]; **Tr** — оценка времени одного учётного результативного действия в задаче с биологической обратной связью, в секундах. Статистический анализ данных и графики — в SPSS 13.0 [Gerber, Finn, 2006]. Принятый уровень значимости ( $\alpha$ ): 0.05 или 0.01. Для характеристики выборки — показатели, связанные с фактическим распределением: медианы, квартили [Орлов, 2004]. Выбор непараметрических методов анализа — согласно рекомендациям [Лемешко, 1997], вариантам анализа биомедицинских данных [Гланц, 1999]. Соответственно, для сравнения связанных данных — двухвыборочный тест Вилкоксона, для нескольких выборок — непараметрический аналог ANOVA, тест Фридмана. При необходимости — статистическое моделирование по методу Монте-Карло. Корреляционный анализ — по Спирмену. Проверка гипотез о стохастической независимости элементов выборки (наличие или отсутствие трендов) — критерий серий, основанный на медиане выборки. Оценка типа распределений для факторного анализа — одновыборочный критерий типа Колмогорова-Смирнова. Мера выборочной адекватности — Кайзера-Мейера-Олкина. Анализ факторов — методом главных компонент, с вращением варимакс. Проверка нулевой гипотезы об отсутствии корреляций между параметрами — критерий сферичности Бартлетта. Процедуры типа кластеризации и многомерного шкалирования, визуальный анализ, построение графов — по алгоритму «Force Atlas» в программе Gephi 0.9.1 [Bastian, Neumann, Jacomy, 2009]. Подготовка таблиц, графики, линейные и полиномиальные тренды с расчётом достоверности аппроксимации, арифметические вычисления — в MS Excel 2010. Сводные данные для расчётов приведены в основных разделах и приложениях к диссертации.

**Глава 3. Результаты.** 3.1. Особенности оценки параметров вертикальной позы, связанные с расчётом механической работы центра давления в плоскости опоры. С помощью приёмов типа многомерного шкалирования и кластеризации, визуализированы и рассмотрены свойства выборки всех значений известных

показателей **L**, **S** и нового **A** для первого этапа наблюдения — построен граф по алгоритму «Force Atlas», на основе 200 измерений, выполненных последовательно по два измерения в течение 10 дней у 10 добровольцев. Выделены 6 кластеров, соответствующих исследуемым попарным показателям **L**, **S**, **A**, полученным при открытых и закрытых глазах испытуемых. Наиболее чёткие различия кластеров для показателя **A** интерпретировались как его большая однозначность при смене состояний и устойчивость — то есть, более надёжная передача характеристик, меньшая подверженность случайным помехам. Наименьшая устойчивость к случайным помехам показателя **S** отображается в виде более выраженного «размытия» соответствующего кластера. Основанный на расчёте механической работы, совершаемой центром давления в плоскости опоры, показатель **A**, проявляет наибольшую устойчивость к помехам и наиболее однозначно отображает здесь смену состояний испытуемых. На втором этапе проведено 120 измерений, выполненных совместно с С.С. Гроховским, в серии 60-секундных однофазных тестов типа «мишень» с биологической обратной связью по опорной реакции с участием 6 курящих добровольцев, в течение 10 дней, по 2 измерения в день — непосредственно до и после привычного курения. У всех добровольцев после курения наблюдалось статистически значимое увеличение показателя **A**, при  $\alpha = 0.01$ , тогда как для показателя **S** только у двух испытуемых изменение было статистически значимым, при менее строгих условиях —  $\alpha = 0.05$  (таблица 1). Таким образом, к важным особенностям показателя **A**, связанного с расчётом механической работы центра давления в плоскости опоры, а также возможных производных, следует отнести его большую однозначность и надёжность.

Таблица 1. Статистическая значимость изменения показателей **A** и **S** у добровольцев после курения. Критерий Вилкоксона. Пояснения в тексте.

Код испытуемого	Для показателя <b>A</b>	Для показателя <b>S</b>
	Значение <i>p</i>	
BB	0.00742	0.01086
BO	0.00763	<b>0.59363</b>
VG	0.00768	0.01086
MT	0.00757	<b>0.25997</b>
OG	0.00747	<b>0.31393</b>
ST	0.00747	<b>0.72204</b>

3.2. Характеристики стабильности вертикальной позы при кратковременном искусственном изменении прикуса. Проведено 96 измерений в двух индивидуальных сериях по 4 фазы каждая у 12 здоровых праворуких добровольцев последовательно: «открытые глаза» — «закрытые глаза» —

«открытые глаза, измененный прикус» — «закрытые глаза, измененный прикус». Наблюдение выполнялось совместно с кандидатом медицинских наук, врачом-стоматологом И.В. Погабало. Установлена высокая вероятность случайных изменений показателя  $S$ , что может указывать на ошибочность частых выводов исследователей об изменении состояний испытуемого (или пациента в стоматологии, при манипуляциях в окклюзионной плоскости), если вывод делается только по данному показателю при единичных измерениях. Анализ же показателя, связанного с оценкой механической работы центра давления в плоскости опоры ( $Am$ ), указывает на возможность неслучайного изменения стабильности вертикальной позы испытуемых при кратковременном искусственном изменении прикуса — таблица 2. Характеристики стабильности вертикальной позы при кратковременном искусственном изменении прикуса могут быть связаны с новизной, и, в случае необходимости оценок селективного влияния изменений прикуса на регуляцию позы с помощью стабилотракторы, следует использовать подходящие методики и надёжные показатели.

Таблица 2. Динамика показателя  $Am$ , мДж/кг, у добровольцев в стабилотрическом исследовании. Пояснения в тексте.

Код	Тип естественного прикуса*	Визит 1. Проба Ромберга				Визит 2. Проба Ромберга			
		Естественный прикус		Измененный прикус		Естественный прикус		Измененный прикус	
		Фаза 1	Фаза 2	Фаза 1	Фаза 2	Фаза 1	Фаза 2	Фаза 1	Фаза 2
RV	орто	6.7	19.9	12.1	16.6	13.8	15.2	8.7	15.3
CL	глуб	8.2	18.3	7.3	12.4	12.2	11.7	9.0	12.6
GL	орто	8.7	12.2	8.0	8.2	6.1	12.3	5.3	6.2
CB	глуб	8.9	13.4	10.3	17.6	12.5	10	12.4	15.0
NS	глуб	9.0	22.6	5.5	10	12	12.5	9.6	12.4
KL	орто	9.2	43.8	3.6	19.2	4.7	11.6	3.0	7.5
KR	глуб	12.1	28.4	9.7	18.9	20.3	22.8	18.7	29.0
NT	орто	12.8	34.4	21.3	28.9	17.4	26.8	10.8	27.4
BG	глуб	13.0	24.2	8.2	12.3	5.3	10.3	4.7	7.2
BS	орто	13.3	46.9	13.6	26.0	8.0	16.4	10.3	16.4
DB	орто	17.5	30.8	25.1	33.9	31.4	33.5	15.1	43.6
NK	глуб	24.5	56.2	21.5	32.5	25.8	63.2	31.3	43.6

\* «глуб» — глубокий, «орто» — ортогнатический

3.3. Характеристики стабильности вертикальной позы при кратковременном изменении тактильных свойств опорной поверхности. Проведено 304 измерения в индивидуальных сериях из 8 последовательных фаз («босиком» — «на твёрдом» — «на среднем» — «на мягком»; соответственно, с открытыми и закрытыми глазами) у 38 добровольцев, совместно с врачом травматологом-ортопедом В.И. Нечаевым. Для изучения влияния различных видов



соприкасающихся с подошвой поверхностей (подкладок) на стабилметрические параметры, проводился факторный анализ — рисунок 1.

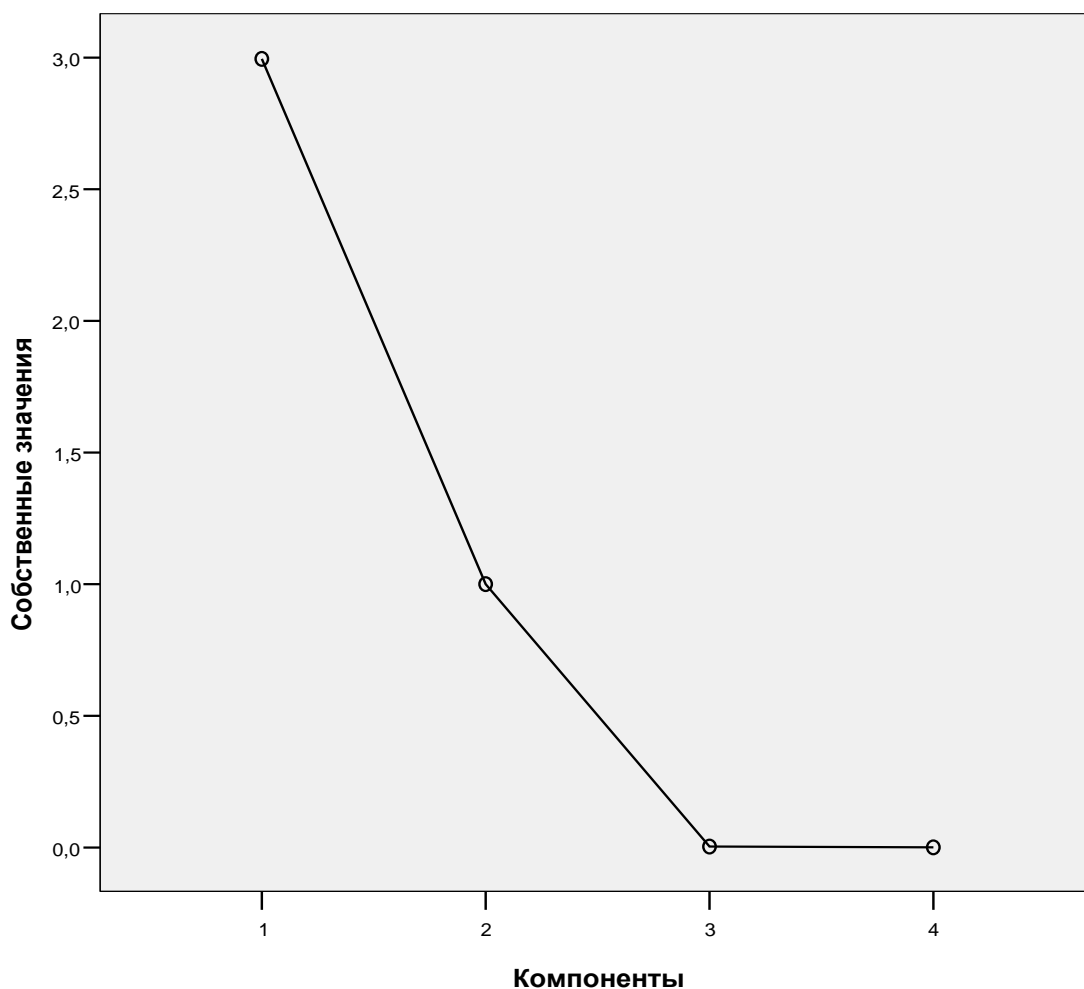


Рисунок 1. Факторный анализ: график собственных значений («график каменистой осыпи») в исследовании с кратковременным изменением тактильных свойств опорной поверхности. Пояснения в тексте.

Основной фактор здесь связывается с различной индивидуальной чувствительностью рецепторов стопы, свойствами кожи (её толщиной, сухостью и так далее) и другими индивидуальными особенностями. Не исключено, что чувствительность и иные особенности стопы преимущественно связаны с полом испытуемых, или же объёмом мер ухода за кожей стопы. Второй значимый фактор — изменения тактильных свойств опоры. Установлено «маскирующее» влияние зрения на отражение в параметрах позы разных из-за смены поверхности опоры сигнализаций. Статистически значимых парных различий для показателя **A** в режимах «Твёрдый», «Средний» и «Мягкий» относительно «Босиком» не было. При кратковременном изменении тактильных свойств опорной поверхности в выборке, небольшие изменения параметров вертикальной позы, слабо связаны с типом поверхности и указывают на причины типа эффекта новизны.

3.4. Влияние типа рассматриваемых изображений на стабильность вертикальной позы. Проведено 180 последовательных измерений, совместно с С.С. Гроховским. В данном случае мы рассматривали динамику изменений показателей отдельно для каждого из 9 праворуких испытуемых в 4-сеансах (в разные дни, с контрольной серией) с предъявлением 5-и статичных изображений — 3-и из них отличающихся типом и расположением геометрической фигуры, изображение леса и иллюзорной спирали. Выявлено, что наличие более однозначных (по сравнению с изображением леса) визуальных отметок способствовало стабилизации позы — таблица 3.

Таблица 3. Медианы индивидуальных значений показателя **A** при демонстрации разных изображений и относительные отличия показателей.

Изображение / различие	Добровольцы / Медиана значений A, в Джоулях								
	BI	BL	KI	LA	PL	SE	SK	SA	SM
№1	1.38	1.21	0.72	1.47	2.11	2.65	0.87	1.37	1.00
№2	1.27	1.13	0.56	1.41	1.88	2.20	0.70	0.78	1.04
<i>Изменение к № 1, %</i>	-8	-7	-22	-4	-11	-17	-20	-43	+4
№3	1.14	1.00	0.61	1.19	1.51	1.71	0.59	0.78	1.02
<i>Изменение к № 1, %</i>	-17	-17	-15	-19	-28	-35	-32	-43	+2
№4	1.17	1.01	0.56	1.30	2.01	1.63	0.64	0.86	0.83
<i>Изменение к № 1, %</i>	-15	-17	-22	-12	-5	-38	-26	-37	-17
№5	1.10	1.29	0.57	1.44	1.94	2.08	0.60	0.72	0.86
<i>Изменение к № 1, %</i>	-20	+7	-21	-2	-8	-22	-31	-47	-14

Иными словами, рассматривание более четких, простых, комфортно ориентированных изображений с явными границами может способствовать большей стабильности вертикальной позы.

3.5. Особенности достижения результата целенаправленного поведения в задаче с искусственной обратной связью по опорной реакции. На первом этапе проведено 128 измерений у 21 добровольца, в упрощённой однофазной (только управляемая фаза) модели теста. Проводилось совместно с кандидатом медицинских наук А.Л. Гусевой и кандидатом медицинских наук С.Д. Чистовым в течение 5 недель — от 2 до 9 тестов. У здоровых добровольцев в данной выборке, в тесте типа «мишень», без предварительного обучения — быстро, уже в первых тестах, достижение индивидуального уровня результатов. При проведении тестов данного типа, с целью оценки результата выполнения инструкции, следует учитывать возможное обучение и скорость обучения, которая здесь оценивается как высокая, даже без специального обучения. Простота процедуры способствует быстрому научению и применимости теста. На втором этапе проведено 388 измерений сериями по 2 фазы: 1-я — без биологической обратной связи, 2-я — с включением обратной связи. У 9 добровольцев была возможность с апреля по август календарного года

проходить большое (произвольное) число тестов, но не чаще раза в день. Установлены значимые отличия показателя **A** при целенаправленном управлении позой от режима без такой обратной связи — таблица 4. Проверка различий для показателя **S** указывает на его малую применимость в данном случае. Корреляционный анализ для **A**, **S** и показателя внешнего результата, указывает на низкую вероятность прямых связей между стабилметрическими параметрами и достигаемым результатом. То есть, не всякое изменение регулирования вертикальной позы, например, проявлявшееся в увеличении «усилий», обязательно «гарантирует» улучшение результата.

Таблица 4. Индивидуальные данные добровольцев и значимость критерия Вилкоксона для отличия показателей при целенаправленном управлении позой с биологической обратной связью по опорной реакции (в фазе 2) от режима без такой обратной связи (фаза 1). Пояснения в тексте.

Испытуемый	BK	BD	PT	ST	AR	UM	SV	LZ	PM
Медиана <b>A1</b> , Дж	0.35	1.04	1.70	1.72	0.74	1.55	2.72	2.32	1.56
Медиана <b>A2</b> , Дж	0.73	2.19	4.54	3.46	1.58	0.76	1.19	2.50	2.33
Медиана показателя, аналогичному R («oR») — но в фазе 1, без режима обратной связи, мм	2.20	3.00	4.00	3.75	2.5	3.55	5.4	9.3	2.4
Медиана <b>R</b> , мм	0.9	0.9	0.7	1.2	0.7	0.65	0.8	1	0.5
<i>Критерий Вилкоксона, уровень значимости 0.01</i>									
Сравнение показателя <b>A</b> , Дж — фазы теста 1 и 2	A2 > A1	A2 > A1	A2 > A1	A2 > A1	A2 > A1	A2 < A1	A2 < A1	A2 > A1	A2 > A1
<i>p</i>	0.00000	0.00000	0.00000	0.00009	0.00335	0.00006	0.05061	0.72128	0.00577
Сравнение <b>R</b> и <b>oR</b> , мм — фазы теста 1 и 2	oR > R	oR > R	oR > R	oR > R	oR > R	oR > R	oR > R	oR > R	oR > R
<i>p</i>	0.00000	0.00000	0.00000	0.00009	0.00759	0.00002	0.00769	0.00503	0.00147

Иными словами, в двухфазном тесте оцениваются результат целенаправленного поведения и «цена результата», выражающаяся в изменении стабилметрических параметров.

3.6. Влияние разных режимов зрения и включения биологической обратной связи по опорной реакции (визуальный канал), на параметры вертикальной позы, в целенаправленном поведении. Проведено 1032 измерения у 43 добровольцев — в трёх индивидуальных сериях по 8 полуминутных фаз за один сеанс (разные дни). Последовательность фаз: «открытые глаза» — «закрытые глаза» — «рассматривание мишени двумя глазами» — «биоуправление, двумя глазами» — «рассматривание мишени левым глазом» — «биоуправление, левым глазом» — «рассматривание мишени правым глазом» — «биоуправление, правым глазом». Процедура выполнялась вместе с кандидатом медицинских наук А.Л. Гусевой и кандидатом медицинских наук А.М. Поливодой. Оценку влияния зрения на стабильность позы часто проводят по соотношению площадей (**S**) статокинезиограммы при открытых и закрытых глазах, как «коэффициента Ромберга» [Скворцов, 2010]. В связи с установленными недостатками показателя **S**, проведен анализ и предложен усовершенствованный способ. Результат пробы Ромберга для добровольцев был как бы «различен» в три разных сеанса:  $p=0.01$ . Для модифицированного коэффициента, рассчитываемого аналогично, но на основе более однозначного показателя **A**, наблюдалось отсутствие значимых различий:  $p=1.84$ . Проведенный анализ надежности результатов (альфа Кронбаха) пробы Ромберга по модифицированному коэффициенту и стандартному «коэффициенту Ромберга»: 0.3 и 0.05, соответственно. При определённой условности применения здесь метода альфа Кронбаха, оценка результатов с помощью моделирования внутренней согласованности, основанной на усредненной корреляции между пунктами представляет наглядные различия устойчивости вариантов расчета коэффициента. Таким образом, расчет коэффициента Ромберга на основе показателя **A** более надежен и однозначен в оценке степени влияния зрения на баланс тела по сравнению с традиционным способом. Анализ в данной выборке указывает на похожее состояние добровольцев с позиции вклада зрения в сенсорное обеспечение вертикальной позы в трёх разных сеансах, когда происходил эксперимент, что повышает достоверность результатов. Сравнение значений показателя **A** в разных режимах зрения всей выборки, с включением и без биологической обратной связи по опорной реакции, последовательно в трёх разных сеансах, указывает, что статистически значимые для всей выборки ( $\alpha=0.01$ ) различия наблюдались между показателем **A** в сравнении режимов *без биологической обратной связи* двумя глазами и любым одним глазом, во всех 3 сеансах — таблица 5. Для режимов *с биологической обратной связью* показатель для фазы двумя глазами и любым одним не был статистически различим. Аналогично — в случае деления

выборки на лиц с ведущим правым или левым глазом. Таким образом, ограничение зрения (закрытие одного глаза) не влияло статистически значимо на показатель **A** — включение искусственного канала обратной связи в систему снижало роль процедуры ограничения зрения. В этом контексте, проводилась разведка факторов. Установлено, что при включении биологической обратной связи по опорной реакции, достижение конкретного результата целенаправленного поведения обуславливало системное изменение управления позой.

Таблица 5. Статистическая значимость ( $\alpha=0.01$ ) различий значения показателя **A** в разных режимах зрения и включения биологической обратной связи по опорной реакции. Критерий Фридмана.

Режим	Биологическая обратная связь			Без биологической обратной связи		
	1	2	3	1	2	3
Сеанс						
<i>p</i>	0.433	0.983	0.85	0.002	0.004	0.002

3.7. Характеристики результативных действий добровольцев в месячной серии повторяющихся задач управления позой в режиме биологической обратной связи по опорной реакции. Проведено 560 измерений у 20 предварительно обученных добровольцев последовательно в течение 27 дней. Наблюдение выполнялось совместно с кандидатом биологических наук Е.А. Бирюковой и И.С. Миронюк. Оценивалось время наведения метки центра давления на одну появляющуюся на периферии экрана «мишень» и возвращения метки в обозначенную центральную зону экрана для появления новой «мишени» — одно результативное действие, выполняемое вертикально стоящим на стабиллоплатформе (рисунок 2). Критерий серий, основанный на медиане выборки, демонстрирует отсутствие тренда в каждом индивидуальном случае. То есть, результаты добровольцев данной выборки не были связаны с возможным ростом «мастерства» или, наоборот, снижением, а проведение тестов, включающих биологическую обратную связь по опорной реакции в задаче, отличной от поддержания максимально статичной позы, в ежедневном режиме, не снижало значимости тестов. Индивидуальные результаты добровольцев, в данных условиях, как правило, соответствовали определённому диапазону, характеризующему возможности того или иного добровольца (проверка с помощью критерия серий). Диапазон необходимых усилий для достижения соответствующих индивидуальному уровню возможностей был, как правило, ограничен. При этом значимых корреляций между индивидуальными значениями показателей результативности и стабильности позы не наблюдалось.

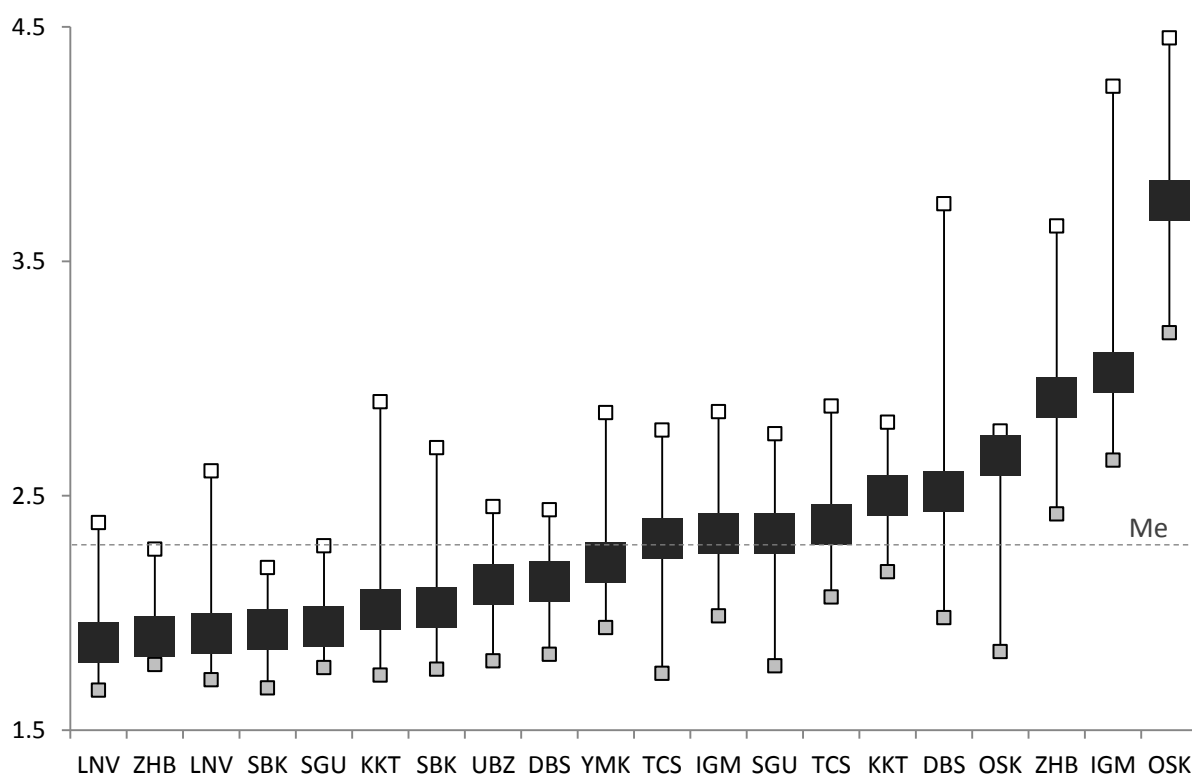


Рисунок 2. Медианы и квартили времени, секунд, затрачиваемого добровольцем на одно результативное действие, путём управления позой. Пояснения в тексте

Таким образом, результативные действия добровольцев в месячной серии кратких повторяющихся задач управления позой в режиме биологической обратной связи по опорной реакции связаны с их индивидуальными особенностями, и не показывают каких-либо трендов (например, рост или ухудшение показателей), и, полагаем, связаны с индивидуальными параметрами системы регуляции управления позой, отражают текущее состояние.

3.8. Особенности стабилметрического исследования вертикальной позы в модели сложного нарушения нервного обеспечения (после ишемического церебрального инсульта). В наблюдении, проводившемся с нашим участием кандидатом медицинских наук М.В. Романовой, доктором медицинских наук Е.В. Исаковой и доктором медицинских наук С.В. Котовым, проведено 432 измерения на стабилплатформе, у 108 пациентов, до и после курса реабилитации — в остром, раннем и позднем периодах. Пациенты были разделены на две сходные по тяжести симптомов и другим характеристикам подгруппы, одна из которых получала модифицированные физические процедуры (с биологической обратной связью на стабилплатформе), а другая — традиционные; в рамках действовавших стандартов. Во всех подгруппах всех периодов реабилитации, согласно оценкам по стандартным неврологическим шкалам, наблюдалось статистически значимое улучшение стабильности и управляемости вертикальной позы. Качество (способность) центральной

регуляции вертикальной позы, с учётом фактического состояния пациентов, возрастало от острого к позднему периоду реабилитации. Пациенты проходили вариант часто применяемого (по данным литературы) двухфазного стабилметрического теста — 30 секунд спокойного стояния с открытыми глазами и 30 секунд с закрытыми, вначале (после вертикализации для острого периода) и по окончании курса лечения. Результаты попарного сравнения выборочных показателей — в таблице 6. При использовании статистического моделирования Монте-Карло — сходные результаты. Большей различимостью изменений при использовании данного типа, обладают стабилметрические показатели, получаемые при закрытых глазах. При этом различие стартовых и финишных показателей наименее различимо в позднем периоде реабилитации, ухудшая качество сравнений.

Таблица 6. Статистическая значимость различий показателей *L*, *S* и *A* пациентов в стабилметрическом исследовании до и после курса лечения, в фазах с открытыми (1) и закрытыми (2) глазами, для подгрупп испытуемых разных периодов реабилитации. Критерий Вилкоксона.

Период, подгруппа, число пациентов		Значимость различий до и после реабилитации при $\alpha=0.05$					
		L1	L2	S1	S2	A1	A2
острый	1. N=14	0.00351	0.00098	0.00286	0.00123	0.00521	0.00098
	2. N=14	0.02016	0.00098	0.00286	0.00098	0.00521	0.00098
ранний	1. N=20	0.00102	0.00009	0.01237	0.00719	0.00009	0.00009
	2. N=20	0.00194	0.00068	0.03334	0.01687	0.01962	0.00220
поздний	1. N=20	<b>0.07659</b>	0.00455	<b>0.32247</b>	<b>0.09296</b>	0.00573	0.01237
	2. N=20	<b>0.05691</b>	0.00803	0.02421	0.02277	<b>0.10037</b>	0.01237

Часто применяемый в практической медицине показатель *S* оказался наименее надёжным. Показатель *L* был более надёжен, как и новый показатель *A*. При значительной разнице состояния пациентов подгрупп в начале и после реабилитации, все указанные показатели верно индексируют направление изменений, однако наиболее однозначные различия демонстрируют показатели, связанные с оценкой механической работы в плоскости опоры. Различия относительных значений медиан между подгруппами для показателя *A* после лечения составляют примерно 40%. Изменения, соответствующие полученным с помощью шкал в экспертных оценках, наиболее контрастны для показателя *A*. В случае же использования показателей типа «площади статокинезиограммы» (*S*) или родственных, в позднем периоде реабилитации, индексация направления показателей может быть не однозначной, а различия не достоверны. При аналогичных сравнениях результатов реабилитации в подгруппах на разных

периодах реабилитации, следует отдельно отметить лучший результат у пациентов, для которых использовались тренинги с биологической обратной связью по опорной реакции, по оригинальной методике (RU 2573554), что, полагаем, свидетельствует об эффективности таких тренингов в данном случае. Прямых корреляций между показателями неврологических шкал и стабилметрическими показателями обнаружено не было, в том числе, из-за малой вариабельности оценок шкалы стояния *Bohannon*; шкалы функциональной мобильности при ходьбе *Perry*; шкалы *Столяровой*, что ограничивает возможности ряда статистических методов. Сопоставимость разных диагностических инструментов здесь, на наш взгляд, ограничена также и их особенностями, в том числе, несколько разной направленностью оценок шкал (например, *Berg Balance Scale* и вышеприведенные), вообще оценкой «человека человеком». Кроме того, смысл применения стабилметрических показателей тоже связан с методиками. Поэтому к особенностям стабилметрического исследования вертикальной позы в модели сложного нарушения нервного обеспечения (после ишемического церебрального инсульта) следует отнести необходимость подбора методик, а также применения в анализе наиболее однозначных и чувствительных показателей, в частности, показателя, связанного с оценкой механической работы центра давления в плоскости опоры.

3.9. Особенности достижения результата в задаче с биологической обратной связью по опорной реакции при смене способа исполнения. Проведены 91 измерение у 13 праворуких, предварительно обученных добровольцев. Выполнялось совместно с кандидатом биологических наук А.В. Ковалёвой, кандидатом биологических наук Е.А. Бирюковой, кандидатом биологических наук А.К. Горбачёвой и Е.Н. Пановой. Схема: «стоя, открытые глаза, спокойно» — «стоя, закрытые глаза, спокойно» — «биоуправление, стоя» — «биоуправление ногами из положения сидя» — «биоуправление, рукой (силовой джойстик на стабилплатформе)», плюс повтор первых 2-ух фаз. Задача биоуправления аналогична описанной выше. Установлено, что выполнение задач с биологической обратной связью по опорной реакции проявлялось в повышении стабильности позы (стоя) — таблица 7. Физически более сложным условием для выполнения «динамической пробы» является позиция «стоя», менее сложной — позиция «сидя, упор ногами на стабилплатформу», самой легкой — «сидя, управление рукой». Если при управлении рукой результаты выполнения инструкции находились в относительно узком диапазоне, то при управлении стоя или ногами из положения сидя, разброс сильно возрос, указывая на индивидуальные различия в регуляции системы управления движением.



Таблица 7. Индивидуальные значения стабилметрических показателей добровольцев в первых двух фазах сеанса (до и после выполнения этапов целенаправленного поведения в задачах с биологической обратной связью)

Код	До начала активной части сеанса				После окончания активной части сеанса			
	открытые глаза		закрытые глаза		открытые глаза		закрытые глаза	
	Am, мДж/кг	S, мм <sup>2</sup>	Am, мДж/кг	S, мм <sup>2</sup>	Am, мДж/кг	S, мм <sup>2</sup>	Am, мДж/кг	S, мм <sup>2</sup>
PLA	11	600	42	601	15	268	28	297
ULA	11	98	15	108	12	113	18	106
AND	12	182	20	495	10	277	16	225
KZE	13	172	25	232	14	526	19	287
SHM	13	59	12	33	7	56	6	20
CVR	14	109	21	159	13	120	25	249
NTG	15	126	37	275	12	103	23	170
FRA	15	205	27	210	13	127	18	164
KSE	17	214	12	140	18	110	16	79
YMV	19	60	39	248	12	38	16	33
HRL	20	151	43	135	18	86	26	79
BSA	23	377	32	213	15	193	25	234
DON	29	75	26	147	10	59	14	180

Наблюдалась достаточно сильная связь между «энергозатратностью» действия и внешним результатом. Повышение показателя, связанного с механической работой центра давления в плоскости платформы (**Am**), для всех типов управления, коррелировало с результативностью (**Tr**) при выполнении задачи рукой. Коэффициент корреляции  $\sim 0.7$  указывает на достаточно близкую прямую связь паттернов выполнения задачи стоя на ногах и ногами из положения сидя. Обратная связь показателя **Am** с результативностью, индексируют оптимальную здесь стратегию — точные движения с малой долей замахов и отклонений, сочетающиеся с быстрой реакцией и отсутствием ошибок. Анализ указывает на сходные стратегии при выполнении одинаковой задачи разными «инструментами».

**Глава 4. Обсуждение.** Результаты работы обсуждаются в контексте системных физиологических представлений, подтверждения выдвинутых предположений. Предложены принципы «ответственного стабилметрического исследования». Предложен вариант классификации процедур с биологической обратной связью по опорной реакции (на стабилплатформе). Преодоление установившихся методологических, «инструментальных» ограничений является непременным условием для развития направления, доступного и широко применяемого в теме стабильности и управляемости позы человека метода стабилметрии.

## Выводы

1. Разработанный нами новый показатель для исследования стабильности и регуляции вертикальной позы человека, основанный на оценке механической работы центра давления в плоскости опоры, позволяет повысить однозначность интерпретации и надёжность результата в стабилометрическом исследовании, по сравнению с другими показателями.
2. Установлено влияние кратковременного изменения прикуса на стабильность вертикальной позы, связываемое с эффектом новизны, что демонстрирует важность применения системного подхода при исследовании взаимовлияний прикуса и вертикальной позы.
3. Установлено, что выключение зрения позволяет объективизировать влияние кратковременной модификации тактильных свойств опорной поверхности на стабильность вертикальной позы, при этом небольшие изменения показателей слабо связаны с типом поверхности.
4. Обнаружено, что рассматривание простых, ровных, однозначно ориентированных изображений с чёткими контурами, способствует большей стабильности вертикальной позы человека.
5. Разработан двухфазный тест в системе с искусственной обратной связью по опорной реакции, в котором оцениваются достигаемый в заданном целенаправленном поведении внешний результат и «цена результата», выражающаяся в изменении стабилометрических параметров.
6. Установлено, что при искусственном ограничении зрения в режиме с биологической обратной связью, большее значение для стабильности вертикальной позы имеют параметры управления («настройки») системы, чем изменения свойств периферических элементов системы (ограничение зрения).
7. Выявлено, что ежедневный месячный курс кратких упражнений с биологической обратной связью по опорной реакции у предварительно обученных здоровых добровольцев не вызывает у них направленных изменений результата выполнения инструкции.
8. Установлено, что при стабилометрическом исследовании вертикальной позы в модели сложного нарушения нервного обеспечения (после ишемического церебрального инсульта) зрение «маскирует» изменение показателей регуляции позы в стандартных тестах типа «пробы Ромберга», а включение в систему реабилитации упражнений с биологической обратной связью повышает эффективность лечения, контролируемого с помощью нового показателя стабилометрического исследования и стандартных неврологических шкал.
9. Выявлено системное сходство стратегий выполнения одинаковой задачи с биологической обратной связью по опорной реакции при включении в систему разных структурных элементов — при разных способах исполнения (ногами из положения стоя, ногами из положения сидя, рукой).

**Внедрение результатов работы и рекомендации.** Указанные в разделе «Общая характеристика работы» запатентованные способы и полезные модели, программное обеспечение, используются в серийно выпускаемых в г. Углич, Ярославской области, группой компаний МЕРА, стабилметрических системах, которые широко востребованы в науке и практике. Материалы темы, как указано выше, используются в целях обучения, в том числе, в утвержденном учебно-методическом пособии согласно ФГОС высшего образования по направлению подготовки 06.06.01 Биологические науки (уровень подготовки кадров высшей квалификации). Рекомендуется применение ряда новых инструментов и методик для практической медицины, физиологических, психофизиологических, психологических и других исследований. Классификация процедур с биологической обратной связью по опорной реакции может быть полезна при нацеленной разработке и применении корректирующих процедур. В целях повышения качества исследований на стабилплатформе рекомендуется система мер (концепция «четырёх шагов») для реализации ответственного стабилметрического исследования.

#### **Список работ, опубликованных автором по теме диссертации.**

##### Публикации в российских рецензируемых журналах (к пунктам 12 и 13 Постановления Правительства Российской Федерации N 842 от 24.09.2013)

1. Возможный маркер смены функционального состояния добровольцев после выполнения двигательной задачи с биоуправлением / О.В. Кубряк, А.В. Ковалева, Е.А. Бирюкова, С.С. Гроховский, А.К. Горбачева, Е.Н. Панова // Физиология человека. – 2016. – Т. 42, № 2. – С. 121–127. – (doi:10.7868/S0131164616020119).
2. Кубряк О.В. Анализ научной области на примере обзора диссертационных работ / О.В. Кубряк, И.В. Кривошей // Мониторинг общественного мнения : Экономические и социальные перемены. – 2016. – № 6. – С. 52–68. – (doi:10.14515/monitoring.2016.6.04).
3. Кубряк О.В. Изменение параметров вертикальной позы человека при демонстрации разных изображений / О.В. Кубряк, С.С. Гроховский // Физиология человека. – 2015. – Т. 41, № 2. – С. 60–63. – (doi:10.7868/S0131164615010087).
4. Объективизация нарушений равновесия и устойчивости у пациентов с инсультом в раннем восстановительном периоде / М.В. Романова, О.В. Кубряк, Е.В. Исакова, С.С. Гроховский, С.В. Котов // Анналы клинической и экспериментальной неврологии. – 2014. – Т. 8, № 2. – С. 12–15.
5. Стабилметрические параметры вертикальной устойчивости здоровых добровольцев при искусственном кратковременном изменении прикуса / И.В. Погабало, О.В. Кубряк, С.С. Гроховский, И.С. Копецкий // Стоматология. – 2014. – № 5. – С. 65–68.
6. Гроховский С.С. Метрологическое обеспечение стабилметрических исследований / С.С. Гроховский, О.В. Кубряк // Медицинская техника. – 2014. – № 4. – С. 22–24 – (doi: 10.1007/s10527-014-9451-0).

7. Повышение вертикальной устойчивости в остром периоде ишемического инсульта / О.В. Кубряк, Е.В. Исакова, С.В. Котов, М.В. Романова, С.С. Гроховский // Журнал неврологии и психиатрии имени С.С. Корсакова. – 2014. – № 12–2. – С. 61–65.
8. Стабилометрический мониторинг вертикальной устойчивости пациентов после инсульта / М.В. Романова, Е.В. Исакова, С.В. Котов, О.В. Кубряк, С.С. Гроховский // Клиническая геронтология. – 2013. – Т. 19, № 9–10. – С. 3–7.
9. К вопросу о релевантных показателях стабиллометрического исследования в стоматологической практике / Е.К. Кречина, И.В. Погабало, О.В. Кубряк, С.С. Гроховский, Н.М. Марков // Стоматология. – 2012. – № 6. – С. 72–74.
10. Влияние фактора обучения на результаты новой стабиллометрической пробы с биологической обратной связью / А.Л. Гусева, О.В. Кубряк, С.С. Гроховский, С.Д. Чистов, А.Ю. Ратаев // Российская оториноларингология. – 2012. – № 2. – С. 60–66.
11. Кубряк О.В. Постуральный тест с биологической обратной связью в оценке влияния привычного сеанса курения на показатели баланса тела у здоровых добровольцев / О.В. Кубряк, С.С. Гроховский // Наркология. – 2011. – № 9. – С. 59–63.
12. Гроховский С.С. Архитектура сетевых медицинских систем для оценки функции равновесия (стабиллометрия) и комплексной оценки состояния человека / С.С. Гроховский, О.В. Кубряк, И.А. Филатов // Информационно-измерительные и управляющие системы. – 2011. – № 12. – С. 68–73.
13. Иванов К.О. Влияние ощущений от сердца и стабильности позы на точность стрельбы в представлении элитных стрелков / К.О. Иванов, О.В. Кубряк // Вестник спортивной науки. – 2011. – № 5. – С. 13–21.

Публикации в зарубежных рецензируемых журналах (к пунктам 12 и 13

Постановления Правительства Российской Федерации N 842 от 24.09.2013)

14. Postural control and some psychological characteristics of the students with high and low individual alpha peak frequency / A. Kovaleva, T. Kuzmina, A. Gorbacheva, E. Panova, O. Kubryak, E. Birukova // International Journal of Psychophysiology. – 2016. – № 108. – P. 26. – (doi:10.1016/j.ijpsycho.2016.07.082).
15. Kubryak O. Changes in vertical stance parameters in humans while viewing different images / O. Kubryak, A. Guseva, S. Grohovsky // International Journal of Psychophysiology. – 2014. – Vol. 94, № 2. – P. 164–165. – (doi:10.1016/j.ijpsycho.2014.08.715).
16. Balance training affects the psychophysiological characteristics of older women / A. Podoinikov, O.M. Bazanova, E.D. Nikolenko, N. Kholodina, O.V. Kubryak // International Journal of Psychophysiology. – 2014. – Vol. 94, № 2. – P. 136. – (doi:10.1016/j.ijpsycho.2014.08.634).
17. Kubryak O. Static motor-cognitive test and evaluation criteria in the management of treatment / O. Kubryak, A. Guseva, S. Grohovsky // International Journal of Psychophysiology. – 2012. – Vol. 85, № 3. – P. 383. – (doi:10.1016/j.ijpsycho.2012.07.056).

Публикации Роспатента — Патенты на изобретения (к пунктам 12 и 13

Постановления Правительства Российской Федерации N 842 от 24.09.2013)

18. Пат. 2573554 Российская Федерация, А61Н1/00. Способ реабилитации пациентов с церебральным инсультом с выраженными вестибуло-атактическими нарушениями / Котов С.В., Кубряк О.В., Гроховский С.С., Исакова Е.В., Шерегешев В.И., Романова М.В., Червинская А.Д. ; заявитель и патентообладатель ГБУЗ МО МОНИКИ им. М.Ф. Владимирского, ООО "Мера-ТСП". – № 2014141302/14 ; заявл. 14.10.2014 ; опубл. 20.01.2016, Бюл. № 2 – 12 с.

19. Пат. 2530767 Российская Федерация, А61В5/11. Двухфазный двигательно-когнитивный тест с биологической обратной связью по опорной реакции / Гроховский С.С., Кубряк О.В. ; заявитель и патентообладатель ООО "Мера-ТСП". – № 2013117905/14 ; заявл.18.04.2013 ; опубл. 10.10.2014, Бюл. № 28 – 8 с. ил.

20. Пат. 2489129 Российская Федерация, А61Н1/00. Способ реабилитации больных с церебральным инсультом / Котов С.В., Исакова Е.В., Романова М.В., Кубряк О.В., Гроховский С.С. ; заявитель и патентообладатель ГБУЗ МО МОНИКИ им. М.Ф. Владимирского. – № 2012123471/14 ; заявл. 07.06.2012 ; опубл. 10.08.2013, Бюл. № 22 – 10 с.

21. Пат. 2456920 Российская Федерация, А61В5/103. Способ стабилметрического исследования двигательной стратегии человека / Гроховский С.С., Кубряк О.В. ; заявитель и патентообладатель ООО "Мера-ТСП". – № 2011111142/14; заявл. 24.03.2011; опубл. 27.07.2012, Бюл. № 21 – 7 с. ил.

22. Пат. 2476151 Российская Федерация, А61В5/103. Способ экспресс-оценки стабильности позы человека и ее коррекции с использованием биологической обратной связи / Гроховский С.С., Кубряк О.В. ; заявитель и патентообладатель ООО "Мера-ТСП". – № 2011111141/14 ; заявл. 24.03.2011 ; опубл. 27.02.2013, Бюл. № 27 – 6 с. ил.

Публикации Роспатента — Патенты на полезные модели (к пунктам 12 и 13  
Постановления Правительства Российской Федерации N 842 от 24.09.2013)

23. Пат. 152606 Российская Федерация, А61В5/103. Стабилметрическое устройство / Гроховский С.С., Кубряк О.В., Лущиков Р.И., Прохоров Н.И., Белогурова С.А. ; заявитель и патентообладатель ООО "Мера-ТСП". – №2015103957/14 ; заявл. 06.02.2015; опубл. 10.06.2015, Бюл. № 16 – 2 с. ил.

24. Пат. 144682 Российская Федерация, А61В5/103. Стабилограф / Гроховский С.С., Кубряк О.В., Лущиков Р.И., Прохоров Н.И. ; заявитель и патентообладатель ООО "Мера-ТСП". – № 2012154597/14; заявл. 18.12.2012; опубл. 27.08.2014, Бюл. № 24 – 2 с. ил.

Публикации Роспатента — Программы для ЭВМ (к пунктам 12 и 13  
Постановления Правительства Российской Федерации N 842 от 24.09.2013)

25. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ 2013610986 Российская Федерация. STPL / Доброродный А.В., Гроховский С.С., Кубряк О.В. ; заявитель и патентообладатель ООО "Мера-ТСП". – №2012618850 ; заявл. 17.10.2012; зарегистрировано в Реестре 09.01.2013.

Монографии

26. Кубряк О. Стабилометрия, вертикальная поза человека в современных исследованиях : обзор / Олег Кубряк. – [Б. м.] : Издательские решения, 2016. – 78 с. – ISBN 978-5-4483-1567-1.

Методические пособия

27. Биологическая обратная связь по опорной реакции: методология и терапевтические аспекты / О.В. Кубряк, С.С. Гроховский, Е.В. Исакова, С.В. Котов. – М. : Маска, 2015. – 128 с. – ISBN 978-5- 9906966-9-3.

28. Кубряк О.В. Практическая стабилметрия. Статические двигательно-когнитивные тесты с биологической обратной связью по опорной реакции / О.В. Кубряк, С.С. Гроховский. – М. : Маска, 2012. – 88 с. – ISBN 978-5-91146-686-2.

29. Киселев Д.А. Консервативное лечение нарушений опорной функции нижних конечностей в ортопедии и неврологии с использованием специализированного стабилметрического комплекса ST-150 / Д.А. Киселев, С.С. Гроховский, О.В. Кубряк. – М. : Маска, 2011. – 68 с. – ISBN 978-5-91146-604-6.

30. Кубряк О.В. Руководство по работе с программой STPL / О.В. Кубряк, С.С. Гроховский, А.В. Доброродный. – М. : Мера-ТСП, 2016. – 34 с.

#### Учебные программы

31. Кубряк О.В. Стабилметрия и биологическая обратная связь по опорной реакции : учебная программа дополнительного послевузовского профессионального образования (аспирантура, тематическое усовершенствование) / О.В. Кубряк ; НИИ нормальной физиологии им. П.К. Анохина. – М. : [Б. и.], 2016. – 8 с. – (doi:10.13140/RG.2.1.2304.9847).

#### Публикации в российских рецензируемых журналах, не входящих в «список ВАК»

32. Вопросы стандартизации стабилметрических методов в клинической неврологической практике / М.В. Романова, О.В. Кубряк, Е.В. Исакова, С.В. Котов, С.С. Гроховский // Проблемы стандартизации в здравоохранении. – 2014. – № 3–4. – С. 23–27.

33. Гроховский С.С. Инструментальное тестирование вертикальной устойчивости (на стабилплатформе) / С.С. Гроховский, О.В. Кубряк // Подиатрия. – 2013. – № 2. – С. 63–64.

34. Гроховский С.С. Техническое и метрологическое сопровождение стабилметрического оборудования / С.С. Гроховский, О.В. Кубряк // Мир измерений. – 2012. – № 12. – С. 25–27.

35. Гроховский С.С. Метрологическое обеспечение измерений в исследованиях функции равновесия человека / С.С. Гроховский, О.В. Кубряк // Мир измерений. – 2011. – № 11. – С. 37–38.

#### Тезисы в отдельных сборниках научных конференций

36. Динамика ЭЭГ-показателей при управлении виртуальным объектом в системе с биологической обратной связью по стабилметрическому сигналу / А.В. Ковалева, О.В. Кубряк, Е.А. Бирюкова, Е.Н. Панова, А.К. Горбачева // Нейронаука для медицины и психологии : 11-й Междунар. междисциплинарный конгр. : сб. тр. [Судак, 2–12 июня 2015 г.] / под ред. Е.В. Лосевой, А.В. Крючковой, Н.А. Логиновой. – М. : Макс-Пресс, 2015. – С. 209.

37. Индивидуальные психологические и психофизиологические особенности студентов с высокой и низкой частотой альфа-ритма ЭЭГ / А.В. Ковалева, Т.И. Кузьмина, А.К. Горбачева, Е.Н. Панова, О.В. Кубряк, Е.А. Бирюкова // Психология индивидуальности : V Междунар. науч. конф. : сб. материалов / под общ. ред. В.Д. Шадрикова и [и др.] ; сост. А.С. Елисеенко. – М. : Литературное агентство «Университетская книга», 2015. – С. 366–367.

38. Способ оценки влияния зрения на баланс тела в стабилметрическом варианте пробы Ромберга / С.С. Гроховский, О.В. Кубряк, А.Л. Гусева, А.М. Поливода // Современные проблемы системной регуляции физиологических функций : IV Междунар. междисциплинарная конф. : сб. науч. тр. – М., 2015. – С. 180–182. – (doi:10.12737/12330).

39. О схожести центральных механизмов выполнения задачи с визуальной обратной связью при различных позициях тела / О.В. Кубряк, А.В. Ковалева, Е.А. Бирюкова, С.С. Гроховский, А.К. Горбачева, Е.Н. Панова // Современные проблемы системной регуляции физиологических функций : IV Междунар. междисциплинарная конф. : сб. науч. тр. – М., 2015. – С. 387–389. – (doi:10.12737/12397).
40. Романова М.В. Оценка вертикальной устойчивости у пациентов с ОНМК / М.В. Романова, О.В. Кубряк // Современные проблемы системной регуляции физиологических функций : III Междунар. междисциплинарная конф. : сб. науч. тр. – М., 2013. – С. 120–121. – ISBN 978-5-91940-736-2.
41. Кубряк О.В. Стабилометрия в реабилитации больных с ОНМК / О.В. Кубряк, Е.В. Исакова, М.В. Романова // Сборник материалов : 1-й Междунар. конгр. : Экология мозга. – М. : АММ-Пресс, 2013. – С. 66–67.
42. Кубряк О.В. Сетевая система объективного контроля подбора и оценки эффективности противопаркинсонических препаратов / О.В. Кубряк, С.С. Гроховский // XII Ежегодная специализированная конф. «Информационные технологии в медицине» : сб. материалов.– М. : Консэф, 2011. – С. 128.
43. Кубряк О.В. Новый показатель постурального исследования для выявления факта воздействия психоактивных веществ / О.В. Кубряк, С.С. Гроховский // Всероссийская науч.-практическая конф. «Совершенствование организации и оказания наркологической помощи населению» : сб. материалов. – М., 2011. – С. 68–69.
44. Гусева А.Л. Постуральный тест с биологической обратной связью в оценке эффективности терапии у пациентов с вестибулярной дисфункцией / А.Л. Гусева, О.В. Кубряк // X Российский конгр. оториноларингологов «Наука и практика в оториноларингологии» : сб. материалов. – М., 2011. – С. 65–66.
45. Иванов К.О. О стандартах к использованию стабиллометрии в стрелковом спорте / К.О. Иванов, О.В. Кубряк // Материалы XII Всероссийской науч.-практической конф. «Физическая культура и спорт в системе образования». – Красноярск, 2010. – С. 34.
46. Кубряк О.В. Измерение способности к равновесию как количественная оценка уровня мастерства в спортивных единоборствах / О.В. Кубряк, Е.Ю. Коротких // Материалы междунар. науч. конф. «Проблемы спортивной кинезиологии». – Малаховка, МГАФК, 2009. – С. 95–97.