



Лекция

Проба Ромберга: от ходьбы в темноте до тестов на стабиллоплатформе

Мезенчук А.И.¹ • Кубряк О.В.¹

Мезенчук Анастасия Игоревна – сотрудник лаборатории физиологии функциональных состояний человека¹; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7281-456X>

✉ 125315, г. Москва, ул. Балтийская, 8, Российская Федерация.
Тел.: +7 (985) 952 38 02;
+7 (495) 601 22 45.

E-mail: o.mezenchuk@nphys.ru

Кубряк Олег Витальевич – д-р биол. наук, заведующий лабораторией физиологии функциональных состояний человека¹; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7296-5280>.
E-mail: o.kubryak@nphys.ru

Количественная оценка стабильности (баланса тела, устойчивости) и сенсорного обеспечения вертикальной позы человека с выделением вклада разных сенсорных систем лежит в основе использования тестов на силовой платформе, подобных тесту Ромберга. Цель обзора – описать эволюцию теста Ромберга от момента его возникновения до объективных количественных тестов на силовой платформе (стабилометрия) в контексте исследований сенсорного обеспечения вертикальной позы человека. Использование силовых платформ для количественной характеристики баланса тела в вертикальной позе при изменении сенсорных условий добавило большую чувствительность и точность исследования, что обеспечило возможность более тонкой дифференциации состояний человека. Тесты, восходящие к пробе Ромберга, но проводимые на силовой платформе, можно рассматривать как количественное исследование работы сенсорных систем, участвующих в обеспечении вертикальной позы человека, а также как средство оценки степени их вклада и центральной интеграции. Ценность таких тестов для практической медицины

связана с повышением уровня объективизации нарушений устойчивости при различных нозологических формах, улучшением диагностики и возможностей дифференциальной диагностики. В связи с тем что данные исследования неинвазивны, возможно их применение для динамической оценки вертикальной устойчивости в ходе лечебных и реабилитационных мероприятий в неврологии, травматологии и ортопедии, оториноларингологии, спортивной медицине и других областях.

Ключевые слова: проба Ромберга, тест Ромберга, стабиллоплатформа, силовая платформа, тест сенсорной организации, стабиллометрия, постурография

Для цитирования: Мезенчук АИ, Кубряк ОВ. Проба Ромберга: от ходьбы в темноте до тестов на стабиллоплатформе. Альманах клинической медицины. 2022;50. doi: 10.18786/2072-0505-2022-50-040.

Поступила 02.02.2022; доработана 25.10.2022; принята к публикации 31.10.2022; опубликована онлайн 16.11.2022

¹ ФГБНУ «Научно-исследовательский институт нормальной физиологии имени П.К. Анохина»; 125315, г. Москва, ул. Балтийская, 8, Российская Федерация

Варианты теста, или пробы Ромберга широко известны, входят в непрменный арсенал врачей разных специальностей, востребованы в неврологии, оториноларингологии и других областях. С одной стороны, рутинное, привычное использование простых вариантов теста Ромберга часто затеняет не только его первоначальный смысл, но и возможность выбора более современных, приборных методик, отличающихся возможностью очень тонкой, количественной оценки состояний человека. С другой стороны, не стоит забывать, что слепое полагание на любые готовые методики, компьютерные программы и приборы при контроле состояний человека снижает критичность исследователя и врача, создает ситуацию

«инструментализма» – чрезмерного влияния свойств инструмента на будущий результат [1]. При этом и слишком большая доля скептицизма в отношении полезности тех или иных технических решений может указывать на низкую критичность, непонимание смысла таких решений, затруднения в их освоении и практическом применении.

Методики типа теста Ромберга на силовой платформе (стабилографе, стабиллоплатформе) сегодня наиболее распространенная процедура при работе с этим типом приборов [2]. Они широко применяются в оториноларингологии, неврологии, медицинской реабилитации и других областях [3]. Вместе с тем польза от получаемой информации часто остается недостаточно явной для врача.

Причины такой ситуации неоднократно анализировались нами, обсуждались на конференциях и в журнальных публикациях [1–3]. Кроме того, влияние разного качества техники и готовых методик на результаты научных исследований в этой области до сих пор остается, на наш взгляд, неоправданно высоким [4], а осведомленность о применении силовых платформ, смысле тестов на стабиллоплатформе, критичность врачей и исследователей – недостаточно высокой. Цель обзора – описать эволюцию теста Ромберга от момента его возникновения до появления объективных количественных тестов на силовой платформе (стабилометрия) в контексте исследования сенсорного обеспечения вертикальной позы человека.

Методика поиска и отбора источников

Поиск зарубежных источников проводился в сервисе pubmed.gov от National Center for Biotechnology Information of U.S. National Library of Medicine, поиск отечественных источников – на платформе eLIBRARY.RU. Глубина обзора не ограничивалась. Для поиска использовались ключевые слова в русском или английском эквиваленте: «тест Ромберга»/“Romberg's test”, «проба Ромберга»/“Romberg's sigh”, «тест сенсорной организации»/“sensory organization test”, «силовая платформа»/“force plate” и связанные с ними. В качестве базы полнотекстовых классических работ применяли некоммерческий сервис Internet Archive (archive.org). Подготовка обзора базировалась на значительном собственном опыте авторов, впервые проведенном комплексном анализе применения силовых платформ в России, включающем исследование десятилетнего массива российских тематических диссертационных работ [2], работу по достижению национального консенсуса «Московский консенсус по стабиллометрии и биологической связи по опорной реакции» [5, 6], а также на имплицитном знании. В этой связи мы широко использовали собственные результаты, а обзор строили по смешанному типу, отличающемуся от традиционных систематических обзоров более широким анализом области и селекцией разнотипных источников согласно описанным подходам [7, 8], с включением консультирующих, методических аспектов и подготовкой иллюстраций.

Предыстория теста Ромберга

Сегодня существуют различные варианты выполнения теста Ромберга. Их «привязка» к конкретной задаче может иногда затенять первоначальную простую интерпретацию результата

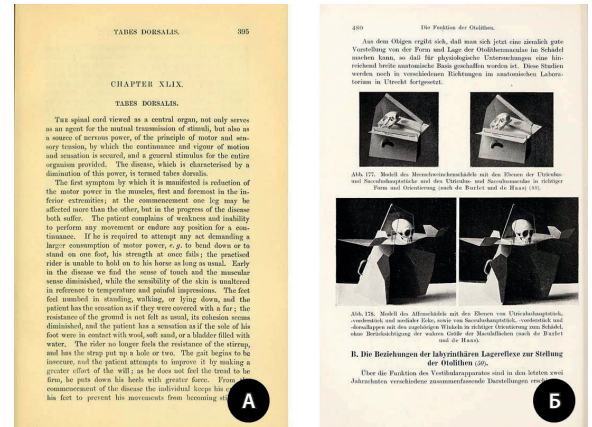


Рис. 1. Страницы из классических работ Moritz Heinrich Romberg [10] (A) и Rudolf Magnus [11] (B)

теста – «положительный» или «отрицательный» [9], то есть ответ на вопрос, падает ли пациент при ходьбе в темноте. Мориц Ромберг (Moritz Heinrich Romberg) в своем руководстве по неврологии (здесь цитируется по более позднему (1853) английскому переводу [10], с. 395) писал, что у пациента с потерей проприоцептивной чувствительности вследствие *tabes dorsalis* (спинная сухотка), когда ноги пациента «будто покрыты мхом», неустойчивость, ненадежность походки сразу проявляются при закрывании глаз. На рис. 1 приведены страницы из классических работ [10, 11]. Термин «тест Ромберга» в его сегодняшнем понимании как пробы на устойчивость человека в вертикальной позе при закрывании глаз появляется позже [12].

Кроме самого Ромберга важную роль в теме оценки стабильности позы человека в темноте или при закрытых глазах сыграли Маршалл Холл (Marshall Hall) и Бернардус Брэх (Bernardus Brach), а также учитель Ромберга – Эрнст Хорн (Ernst Horn), который еще до сообщения Халла (1836), между 1817 и 1827 годами, поручил пятерым своим студентам подготовить диссертации по теме. Обычно отмечают также роль французского невролога Дюшена де Булонь (Duchenne de Boulogne) и других [9, 12, 13].

Проприоцепция и тест Ромберга

Чарльз Скотт Шеррингтон (Charles Scott Sherrington) в 1906 г. предложил термин «проприоцепция» для описания кинестетического чувства или, иными словами, ощущения положения частей собственного тела относительно друг друга и в пространстве [14]. И.М. Сеченов отмечал интегрирующую роль «мышечных ощущений», которые «помещаясь на поворотах чувствования, то есть в промежутках между ощущениями иного



рода, служат для них не только соединительными звеньями, но и определяют при объективировании ощущений взаимные отношения их внешних субстратов в пространстве и во времени» [15]. Задний спинно-мозжечковый тракт служит соматосенсорной частью нервной системы, которая передает бессознательную проприоцептивную информацию от нижних конечностей и туловища к мозжечку [16]. Аfferентная информация, поступающая в мозжечок, используется для организации и координации произвольных движений, с учетом «региструемого» мозгом положения нижних конечностей и туловища. Нарушение функции заднего спинно-мозжечкового тракта приводит к атаксии, потере бессознательной проприоцепции. Изначально тест Ромберга предлагался как раз для проверки состояния заднего спинно-мозжечкового тракта, повреждаемого вследствие *tabes dorsalis* [12], то есть применялся для оценки проприоцептивного контроля. Сегодня известно, что многие клинические состояния связаны с нарушением функции заднего спинно-мозжечкового тракта, например, атаксия Фридрейха, дефицит витамина E, синдром Броун-Секара и фуникулярный миелоз (дефицит витамина B₁₂) [16].

Рудольф Магнус (Rudolf Magnus) в 1924 г., проводя колоссальную экспериментальную работу, описывал «установочные рефлекссы» для «тела на тело», «тела на голову», а также «шейные», отмечая, что «все рефлекссы на мышцы тела: проприоцепторы, прежде всего шеи, и отолиты управляют положением. Аппараты полукружных каналов ведут реакциями на прямолинейное и вращательное ускорение» [11] (см. рис. 1).

Обычно полагают, что отолиты полукружных каналов воспринимают информацию в диапазоне от 0,2 до 10 Гц – активны в начале и завершении движения, но не играют значительной роли в поддержании статичной вертикальной позы [17, 18]. Во время движения компенсаторные возможности пациентов с вестибулярной патологией выражены недостаточно хорошо, как, например, при «выключении» зрительного входа, и устойчивость человека заметно страдает. Связано это с тем, что неправильная работа отолитового аппарата (одного или обоих) кроме неустойчивости и головокружения вызывает патологические глазодвигательные реакции (различные виды нистагма), а значит, в процесс неизбежно вовлекается и зрительная афферентация. Следовательно, два измененных компонента противопоставляются всего одному, функционирующему нормально, – проприоцептивному,

что сильно снижает возможности адаптации и компенсации [19, 20].

Таким образом, у человека без нарушений вестибулярной функции «простая» двухфазная проба Ромберга (при спокойном стоянии на неподвижной опоре) в очень малой степени может касаться оценки работы отолитового аппарата [21]. Однако при проведении теста в движении (шаговая проба Ромберга) или на нестабильной опоре (тест сенсорной организации) вестибуляры будут активироваться и оказывать влияние на поддержание позы, тем самым демонстрируя качество функции в результатах теста. Именно поэтому при необходимости оценить работу вестибулярного компонента в регуляции позы обычно используют пробы с поворотами головы, на нестабильной платформе или другие подобные [22].

Зрение и тест Ромберга

Из трех основных компонентов сенсорного обеспечения устойчивости вертикальной позы систематическое изучение роли зрения началось раньше всего [23]. Отмечена корреляция между нарушениями равновесия и некоторыми глазодвигательными нарушениями, а также остротой зрения и расстоянием между глазами и наблюдаемым объектом [24–26]. В норме при закрытии глаз (например, во второй фазе пробы Ромберга) существенных позных колебаний не возникает, что говорит о достаточных сочетанных компенсаторных возможностях проприоцепторов и вестибуляров [27, 28]. Зрительный компонент задействуется во всех вариантах пробы Ромберга, и оценка его вклада позволяет установить такие важные аспекты, как, например, «сенсорный профиль» человека, то есть преобладание влияния зрения или проприоцепции в организации движений и поддержании позы [29]. Зрение в целом вносит достаточно большой вклад в организацию позы и движений, особенно в сознательный контроль, восприятие положения собственного тела в пространстве (подробнее см. в разделе «Оптокинетическая стимуляция»). Обычно это связывают с особенностями зрительного представительства в коре головного мозга, во-первых, более обширного, чем аналогичные зоны для вестибуляров или проприоцепторов [30], а во-вторых, имеющего большее число связей с другими участками коры, в том числе с ассоциативными областями [31].

Варианты теста Ромберга без силовой платформы

Классические бесприборные варианты теста Ромберга остаются актуальными в тех случаях,

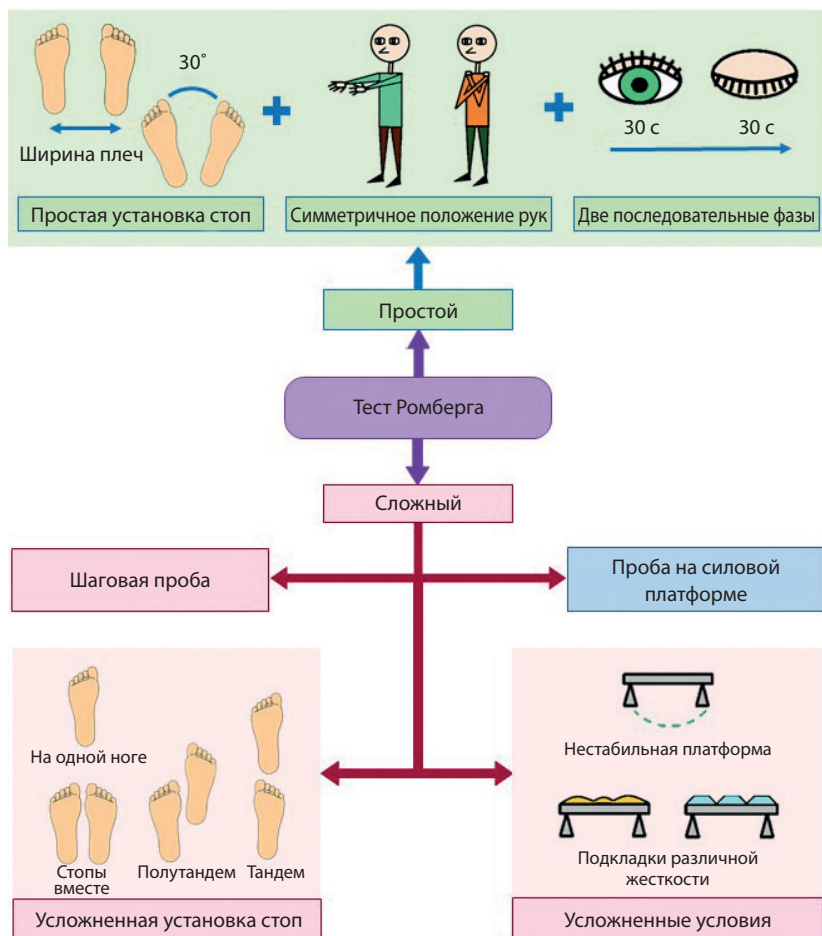


Рис. 2. Условная схема вариантов пробы Ромберга (пояснения в тексте)

когда требуется провести быстрое и простое исследование координационных возможностей, а количественная оценка и высокая точность результата не являются критичными, например, при некоторых медицинских или физкультурных тестах, оценке риска падения [32].

Многочисленные варианты пробы Ромберга условно можно разделить на две группы: простые и усложненные (или модифицированные, в английском эквиваленте – modified/sharpened). Простая проба Ромберга представляет собой спокойное стояние на неподвижной платформе в течение 1 минуты (первые 30 секунд человек стоит с открытыми глазами, затем закрывает их), при этом стопы и руки находятся в одном из стандартных положений. Модифицированная проба является дополненной простой. Чаще всего такую модификацию можно свести к двум направлениям. Первое предполагает использование усложненных позиций стоп на протяжении всего исследования либо чередование разных позиций [33]. Другое

направление – изменение поверхности, на которой стоит испытуемый. Например, применение нестабильных платформ, подкладок различной жесткости, специальных подушек [34]. Назначение таких проб – дифференцированная оценка стабильности вертикальной позы без применения специальных измерительных приборов, при которой создаются условия для уменьшения или увеличения влияния проприоцепции [35]. К усложненным можно также отнести шаговую пробу [36]. В другой тип выделяют тесты, проводимые уже с применением силовой платформы [37]. Упрощенная схема распространенных вариантов пробы Ромберга дана на рис. 2.

Различные варианты пробы Ромберга – стандартное средство в арсенале современного врача, например, клинические рекомендации по дифференциальной диагностике периферического головокружения вносят ее в перечень обязательных процедур при физикальном осмотре пациента с жалобами на дисфункцию вестибулярного аппарата [38]. Преимуществами здесь служат простота и быстрота проведения, отсутствие необходимости специального оборудования. Однако, несмотря на все положительные стороны, проба Ромберга без измерителя (силовой платформы) позволяет провести только качественную, не исключающую субъективности оценку, что снижает воспроизводимость результатов и не дает возможности тонкой дифференцировки патологических состояний.

Силовая платформа

Согласно определению III редакции Московского консенсуса по стабилometрии и биологической обратной связи по опорной реакции [5], силовая платформа (стабилоплатформа, стабилораф) – «устройство для измерения координат центра давления испытуемого на опору». Координатами центра давления здесь называется «положение центра давления испытуемого на опору в прямолинейной системе координат с взаимно перпендикулярными осями на плоскости: оси Oх и Oу. Ось Oх – это ось абсцисс, ось Oу – это ось ординат...», используются также определения «фронтальная» и «сагиттальная» или «координаты X, Y». Применяемые в России силовые платформы [3] такие же, как и в других странах, обычно представляют собой плоскую твердую прямоугольную пластину, на которую становится испытуемый. От стоящего на пластине человека информация о весе и его распределении обрабатывается чувствительными датчиками (как правило, четыре тензодатчика по углам пластины), с помощью которых вычисляются координаты

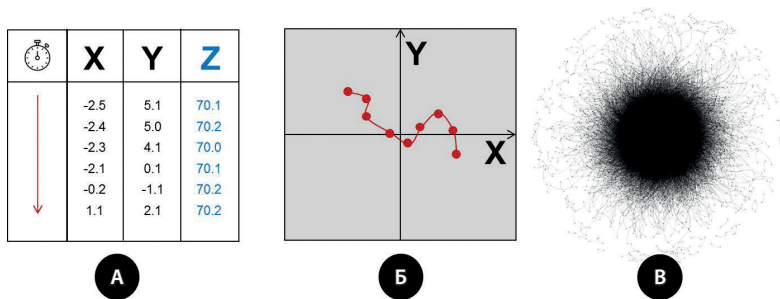


Рис. 3. Происхождение и использование данных о координатах центра давления. Условный фрагмент последовательного определения координат центра давления испытуемого на опору (А); условный график последовательных положений координат X, Y – статокинезиограмма (Б); граф, построенный по реальным данным о координатах X и Y за 30 секунд (В)

центра давления, а также масса. Измеряемые значения веса иногда называют «координатой Z». Поскольку регистрации значений происходят с высокой частотой (например, 250 раз в секунду), на основе получаемого массива данных возможно рассчитывать различные статистические характеристики для выборки, строить разнообразные графики (рис. 3).

Существуют особые силовые платформы, с помощью которых можно анализировать прыжки, положение сидя или лежа [39]. Однако в практической медицине для стабилотрии сегодня, как правило, используют менее дорогие и сложные устройства, конструктивно восходящие к созданным к 1970-м гг. серийным образцам [40], которые предназначены для измерения координат X и Y центра давления испытуемого в плоскости опоры [3]. запатентованные в России устройства типа «стабилоплатформа» и способы их применения описаны в исследовании профильных изобретений [41]. Общий смысл применения силовой платформы для исследования регуляции вертикальной позы – количественно и объективно оценить изменения регуляции позы человека по координатам его центра давления на опору, физически связанным с управлением центром масс тела.

От теста Ромберга к тесту сенсорной организации

По-настоящему массовое практическое применение приборных тестов на силовой платформе (компьютерной постурографии) в медицине, полагаем, началось с проекта Льюиса Нашнера (Lewis Nashner), который в 1970-х гг. предложил свой вариант системного описания вестибулярного контроля [42]. Его модель предполагала идущее от представлений о традиционном тесте Ромберга наличие и влияние различных афферентных

потоков на стабильность поддержания вертикальной позы. Все это позволило подойти к разработке тестов для исследования баланса тела как к инженерной задаче, где последовательно оценивалась роль каждого постурального входа – суммарного источника сигналов о положении тела. Итогом сотрудничества Льюиса Нашнера с клиницистами, прежде всего с вестибулологом Оуэном Блэком (Owen Black), были успешные, широко распространенные коммерческие технические решения – силовая платформа и методики для нее. Был предложен тест сенсорной организации, который рассматривался как модификация привычного теста Ромберга [43] и отличался от первоначальных тестов точностью и объективностью за счет инструментального измерения баланса тела человека – по координатам центра давления испытуемого на опору в различных искусственно создаваемых стандартизованных условиях сенсорного обеспечения [22].

Фактически тест сенсорной организации – это батарея коротких тестов, включающих следующие фазы: 1) спокойное стояние испытуемого на неподвижной опоре с открытыми глазами; 2) спокойное стояние на неподвижной опоре с закрытыми глазами; 3) стояние на неподвижной опоре в условиях нестабильного визуального окружения; 4) стояние испытуемого с открытыми глазами на качающейся опоре; 5) стояние испытуемого с закрытыми глазами на качающейся опоре; 6) стояние испытуемого с открытыми глазами на качающейся опоре в условиях нестабильного визуального окружения. Условная схема подобных тестов отображена на рис. 4. В штатной версии коммерческого теста сенсорной организации каждая фаза длится по 20 секунд и повторяется трижды – как считается, для повышения надежности результата. Сегодня данный комплексный тест широко используется во всем мире, что позволяет условно рассматривать его как эталонный или стандартный. Доступно множество описаний применения и проведения теста сенсорной организации, включая видеоиллюстрации [44].

Расшифровка результатов теста включает оценку соотношений исследуемых численных показателей в разных условиях – между 1-й и 2-й фазами, между 4-й и 1-й и др. Затем на основе полученных соотношений делается вывод о преобладании роли той или иной сенсорной системы в поддержании равновесия, о «голеностопной» или «тазобедренной» стратегии удержания вертикальной позы либо о других параметрах, интересующих исследователя [23]. Различные варианты последовательностей, подобных представленным

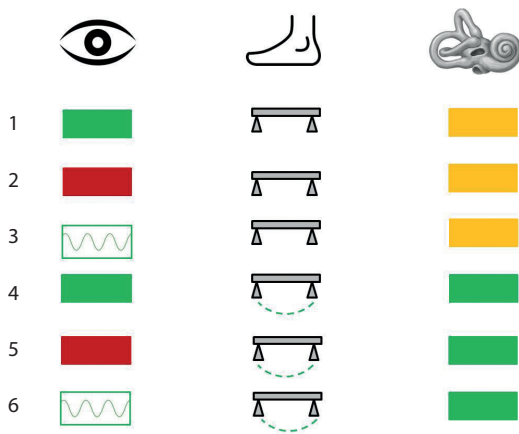


Рис. 4. Принципиальная схема расширенного исследования сенсорной организации вертикальной позы. Зеленым цветом обозначено «включение», красным – «выключение», желтым – «ожидание», цифрами – фазы комплексного исследования

на рис. 4, изменений условий для регуляции вертикальной позы, а также использование отдельных частей (например, только фаз 1 и 2, часто воспринимаемых как единственный стабилметрический вариант теста Ромберга [2]) касаются исследования сенсорной организации позы. С использованием силовой платформы возможно проводить различные подобные тесты, в зависимости от целей наблюдения, конкретного программного обеспечения и функциональности устройства.

Таким образом, развитие тестов, направленных на оценку сенсорного обеспечения вертикальной позы, позволяет использовать как относительно простые, так и достаточно сложные тесты, а также различные комбинации. При этом ключевым различием будет не число фаз или их длительность, а «точки приложения» – например, в тесте сенсорной организации прицельно анализируются зрение, проприоцепция и работа вестибуляров, тогда как в простой пробе Ромберга – только зрение и проприоцепция.

Оптокинетическая стимуляция

Различные варианты оптокинетических тестов, развивавшиеся отдельно от известных решений Льюиса Нашнера (см. выше), как правило, базируются на последовательном предъявлении движущихся зрительных стимулов, включая мелькание контрастных полос, что может влиять на баланс тела при определенных условиях [45, 46]. Один из вариантов комплексного теста такой оценки включает 4 фазы: сначала спокойное стояние испытуемого с открытыми глазами, а затем три фазы, в которых при неизменной позе испытуемому в шлеме виртуальной реальности предъявляется

изображение крутящегося барабана с черными и белыми полосами, имеющего три оси вращения – условно «рыскание», «тангаж» и «крен» [47]. Трактовка результата основана на сравнении показателей миграции центра давления испытуемого на платформу в разных фазах теста.

В подобных предложениях легко заметить сходство с более ранними решениями. Например, с предложенным в 1983 г. В.Т. Пальчуном, Л.А. Лучихиным и А.Ф. Патриным «Способом диагностики скрытых вестибулярных расстройств», где размещаемому на силовой платформе «испытуемому проводят оптокинетическое раздражение зрительного анализатора при скорости чередования контрастных цветных полос от 0,7 до 1,1 Гц в течение 25–30 с с изменением направления их вращения и по увеличению частот и амплитуды волн стабиллограммы более чем на 12% диагностируют наличие скрытых вестибулярных расстройств и сторону поражения» [48]. Авторы полагали, что с помощью такого способа можно выявить, например, латентную форму лабиринтита. В основе идеи – стандартизованное влияние на зрительное обеспечение позы, отличающееся от закрывания глаз (традиционного воздействия в тесте Ромберга) введением рассогласования, зрительных помех в процесс сенсорной интеграции.

Тесты с оптокинетической стимуляцией также позволили установить роль зрения в определении гравитационной оси. Траектория движения мишени под углом к реальной оси притяжения воспринималась зрительным анализатором как нормальная вертикаль, что, как считается, вызвало отклонение тела в ту же сторону [49]. С клинической точки зрения исследования оптокинетической стимуляции позволили использовать сенситизацию зрительного анализатора для выявления скрытых вестибулярных симптомов и далее для более точной диагностики латентных форм и начальных малосимптомных стадий различных заболеваний. В то же время такие работы демонстрируют роль зрения в сознательном восприятии человеком окружающего пространства и положения его тела в нем, а также в процессах быстрой адаптации к меняющимся условиям; в большинстве случаев эта роль является доминирующей.

Теоретические аспекты регуляции вертикальной позы

Одна из самых популярных сегодня теорий – концепция перевернутого маятника [50]. Она может быть в какой-то степени применима для



экспериментальных исследований, в том числе касающихся «голеностопной» и «тазобедренной» стратегий стояния или колебаний центра тяжести при поддержании стабильной вертикальной позы [51], но не охватывает весь процесс регуляции позы. Ю.П. Иваненко и В.С. Гурфинкель приводят такое опровержение этой теории: при проведении стабилотрии (при спокойном стоянии испытуемого) среднее отклонение центра давления в сторону от центральной оси не имеет значительных отличий у человека и животных различных размеров – от лошади до крысы, хотя, согласно теории перевернутого маятника, это колебание должно зависеть от расстояния центра тяжести до поверхности опоры [52, 53]. Более сложные концепции позволяют преодолеть недостатки упрощенных механистических теорий. Например, гипотеза точки равновесия (англ. the equilibrium-point hypothesis) полагает основой организации позы и движения мотонейронный пул, соответствующий своей мышце и контролирующий ее. Эти пулы имеют порог возбудимости, зависящий от медленного тонического растяжения мышцы, а центральная нервная система, объединяющая их все, может контролировать как спонтанные, так и произвольные движения [54, 55]. Концепция неконтролируемого многообразия (англ. concept of the uncontrolled manifold) указывает на то, что потенциально в движениях конечностей заложено гораздо больше степеней свободы, чем используется в норме. В целом управление движениями рассматривается как динамическая система [56].

Разрабатываются и другие теории, в частности, большое значение придается интегративной роли центральной нервной системы и базальному мышечному тону [57]. Упрощенная схема регуляции вертикальной позы человека представлена на рис. 5, где красным отмечены возможные «точки приложения» возмущающих факторов.

Советскими и российскими учеными, такими как В.С. Гурфинкель, И.Б. Козловская, Ю.С. Левик и др., был внесен значительный вклад в развитие данной темы, в частности, их работы оказывают большое влияние на развитие авиакосмической медицины [58].

Обсуждаемые теории во многом хорошо систематизированы и могут быть применимы и к здоровым людям, и к пациентам с широким спектром патологий, но ни одна из них не может полностью раскрыть все аспекты поддержания вертикальной позы и ее связи с движением [59], что предполагает широкую перспективу для дальнейших исследований, в том числе с помощью новых технологий [60–62].

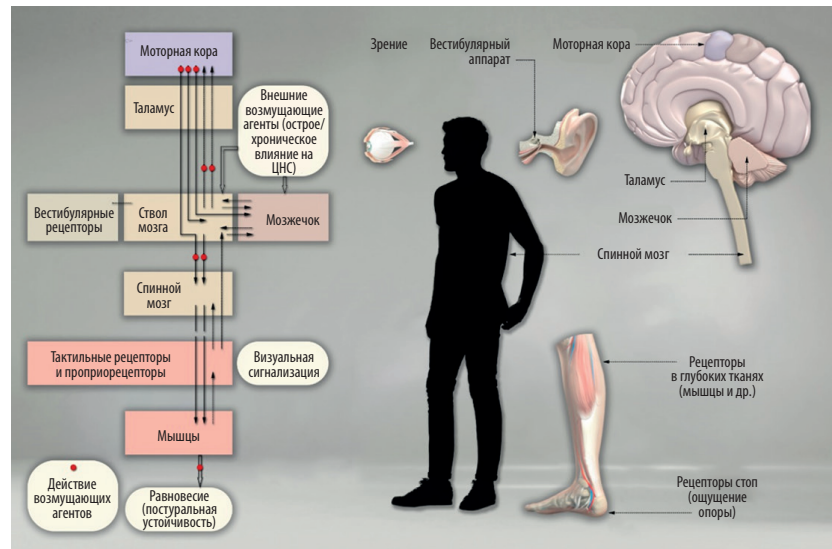


Рис. 5. Упрощенная схема регуляции вертикальной позы человека. Выделены и условно обозначены элементы, участвующие в регуляции вертикальной позы человека, и их взаимодействие; ЦНС – центральная нервная система

Общие подходы к трактовке результатов теста Ромберга

В клинической практике оценка результатов того или иного варианта пробы Ромберга чаще не количественная, а качественная, когда врач сам определяет грань между нормальными колебаниями тела человека и патологией, что вносит элемент субъективизма, характерный для оценки человеком другого человека [63]. Обычно полагают, что здоровый человек должен быть способен неподвижно стоять в простой позе Ромберга с закрытыми и открытыми глазами в течение 30 секунд и более. При усложненной пробе Ромберга в течение того же времени возможны небольшие отклонения тела, обычно более выраженные во фронтальной плоскости, особенно при малой тренированности или пожилom возрасте испытуемого. Такие отклонения быстро компенсируются, и они не приводят ни к перестановке ног, ни к падению [64, 65].

Иная ситуация наблюдается в отсутствие какой-либо органической патологии, но при наличии функционального расстройства. В таком случае характерным признаком при проведении пробы Ромберга может быть повышение устойчивости во второй фазе (при закрывании глаз) или при отвлечении внимания пациента каким-либо заданием (простые арифметические вычисления, называние слов из заданной категории и др.) [66, 67]. Что касается органических нарушений, при них целью проведения теста Ромберга может быть определение уровня или стороны поражения, тяжести состояния и адаптационных возможностей пациента.



В клинике вестибулярных нарушений обычно используют простые или усложненные варианты теста, в основном для дифференциации стороны поражения. При таком подходе считается, что тело человека отклоняется в сторону более слабого (чаще всего пораженного) лабиринта. Таким образом, он наиболее полезен в диагностике односторонних вестибулопатий с выраженным симптомом неустойчивости, таких как вестибулярный нейронит или болезнь Меньера [68, 69]. В настоящее время основным методом обследования пациентов с нарушениями вестибулярного аппарата признается определение нистагма, тогда как статокINETические тесты, в число которых входит проба Ромберга, относят к дополнительным, что актуализирует их совместное применение, например, для определения моторных возможностей человека при атрофиях и атаксиях. Здесь основное внимание обращается уже не на сторону отклонения, а на степень устойчивости, подвижности и мышечную утомляемость в целом [70]. Разница в способности сохранять равновесие в разных фазах указывает на центральный или периферический генез заболевания, в частности, при мозжечковой атаксии неустойчивость будет примерно равной в течение всей пробы или увеличиваться при закрывании глаз в том же соотношении, что и при норме, тогда как при периферической полинейропатии усиление во второй фазе будет значительным [71, 72]. Таким образом, проба Ромберга имеет широкий диагностический потенциал, и для каждой врачебной специальности в вариантах ее проведения есть свои акценты и нюансы.

Стабилометрия в неврологии

Простая проба Ромберга, будучи рутинным неврологическим тестом, проводится и на первичном приеме, и для отслеживания динамики заболевания. Она входит в алгоритм стандартного неврологического осмотра [73]. Усложненная проба Ромберга используется реже, но также имеет большой диагностический потенциал, например, для определения степени тяжести болезни Паркинсона (особенно информативен шаговой вариант [74]) или для диагностики различных видов атаксий [75]. Применение силовой платформы в тестах при тех же патологиях позволяет проводить более точный анализ, фиксировать влияние проводимой терапии. Этому способствует, в том числе, возможность выделить характерные паттерны и показатели для отдельных вариантов болезни, например, для болезни Паркинсона с преобладанием тремора

[76]. Стабилометрия применима в оценке функционирования системы регуляции позы и движения как в целом (регистрация скорости и точности реакций, длительности выдерживаемой нагрузки и др.), так и отдельных компонентов (при избирательном «выключении» сенсорных входов).

В настоящее время существуют отдельные документы, определяющие использование силовых платформ, – например, Приказом Минздрава России от 15.11.2012 № 928н «Об утверждении Порядка оказания медицинской помощи больным с острыми нарушениями мозгового кровообращения» в стандарт оснащения соответствующего отделения включена «стабилоплатформа с биологической обратной связью». В целом применение стабилометрии в практике врача-невролога, полагаем, в большей степени касается Приказа Минтруда России от 29.01.2019 № 51н «Об утверждении профессионального стандарта «Врач-невролог», где применение тестов на стабилоплатформе можно связать с задачами диагностики и контроля лечения (коды А/01.8 и А/03.8).

Стабилометрия в реабилитационной медицине

Связь между стабилометрическим исследованием и различными видами реабилитации, медицинской или спортивной, можно определить как отслеживание динамики восстановления функций пациента. В частности, возможно его применение при снижении общей координации и равновесия после тяжелых травм костно-суставного аппарата, особенно позвоночника или тазовых костей, при этом большее диагностическое значение будет иметь смещение центра давления во фронтальной плоскости, показатели площади статокИнезиограммы и «индекс энергозатрат» [77]. В таких случаях, как постинсультные состояния, для которых характерна асимметрия поражения двигательного аппарата, наиболее важную роль будет играть смещение центра давления во фронтальной плоскости, при этом эффективность реабилитации будет доказывать его возвращение из области здоровой ноги в середину, то есть в область нормальной проекции центра тяжести человека [78].

Достижение симметрии в поддержании равновесия также является одной из целей восстановления после переломов и травм связочного аппарата нижней конечности [79]. В спортивной реабилитации в конце курса возможно включение усложненных проб Ромберга, в том числе для принятия решения о том, может ли человек



вернуться к тренировкам [80]. С помощью джойстика, размещенного на силовой платформе, можно также выявить динамику восстановления силы и точности движений в верхней конечности в процессе реабилитационной терапии [81].

Профессиональные стандарты применения стабилотрии в данной области в основном регламентированы Приказом Минтруда России от 03.05.2018 № 572н «Об утверждении профессионального стандарта «Специалист по медицинской реабилитации»; для физической и реабилитационной медицины представлены коды А/01.8, А/02.8, А/03.8, для лечебной физкультуры и спортивной медицины – код D/01.8.

Стабилотрия в травматологии и ортопедии

Вопреки часто встречающемуся мнению, в России травматология и ортопедия сегодня не являются областью, в которой наиболее широко используется стабилотрия [2]. В современной литературе можно встретить ограниченный набор рекомендаций – в их числе, например, индивидуальный подбор эндопротезов, протезов и ортезов, оценка восстановления подвижности и функциональности конечности после травм [62]. Последнее направление тесно примыкает к спортивной медицине и также может быть актуально для врачей этой специальности.

Стабилотрия применяется для оценки риска падений, но их патогенез можно рассматривать с разных точек зрения, например, в контексте уменьшения плотности костей вследствие возрастных изменений, дефицита минералов и витамина D, врожденных нарушений формирования костно-суставного аппарата [82, 83]. Однако следует отметить, что часто данные состояния в той или иной степени связаны с уже упомянутыми нарушениями работы вестибулярного аппарата или эндокринной системы, а сами подобные работы проводятся ортопедами и травматологами совместно с вестибулологами или эндокринологами [84, 85]. Конечно, стабилотрия не является прямым методом диагностики остеопороза или других подобных патологий, основная цель ее применения – оценка функции.

С формальной точки зрения применение стабилотрии в травматологии и ортопедии можно связать с Приказом Минтруда России от 12.11.2018 № 698н «Об утверждении профессионального стандарта «Врач травматолог-ортопед» в контексте диагностических задач и мониторинга состояний пациента (коды А/01.8, А/03.8, В/03.8 и др.).

Стабилотрия в оториноларингологии

Клинические цели применения силовых платформ в оториноларингологии обусловлены физиологическим смыслом применения метода, конкретно – возможностью интегральной оценки вестибулярной функции, отличающейся в изучаемых аспектах от электронистагмографии и ротационного тестирования, на основе параметров взаимодействия человека с опорной поверхностью; оценки сенсорной организации поддержания вертикальной позы по опорным реакциям при искусственном выборочном ограничении естественной сигнализации от сенсорных систем; оценки регуляции вертикальной позы с учетом различной способности к сенсорной интеграции, в том числе с использованием биологической обратной связи по опорной реакции. Реабилитационные задачи здесь решаются за счет нацеленной перестройки управления балансом тела с помощью создания биологической обратной связи по опорной реакции [86]. Целеполагание определяется различным уровнем доказательности результатов применения [85, 87] по состоянию на текущий момент. Формальные задачи применения стабилотрии можно связать с Приказом Минтруда России от 04.08.2017 № 612н «Об утверждении профессионального стандарта «Врач-оториноларинголог» (коды А/01.8 и А/03.8).

Заключение

Эволюция теста Ромберга от определения наличия или отсутствия нарушения заднего спинно-мозжечкового тракта при спинной сухотке (нейросифилисе) проходила преимущественно в направлении появления разнообразных методик, базирующихся на оценке соотношения зрительного и проприоцептивного компонентов сенсорной организации вертикальной позы. Использование таких более «продвинутых» тестов, в том числе с применением силовых платформ, обеспечило возможность количественной оценки и изменения сенсорных условий, что позволило получить значительно более объективный инструмент для исследования системы поддержания позы и движений. Таким образом, тесты, восходящие к тесту Ромберга, но проводимые на силовой платформе, можно рассматривать как количественный анализ работы сенсорных систем, участвующих в обеспечении вертикальной позы человека.

Ценность количественных тестов для практической медицины связывается с диагностическими мероприятиями и контролем лечения или реабилитации. Высокая эффективность применения силовых платформ для оценки вертикальной



устойчивости уже продемонстрирована при целом ряде неврологических заболеваний, таких как постинсультные расстройства, атаксии, а также в оториноларингологии для диагностики

головокружений различного генеза. В области травматологии и ортопедии такие методы применяются для оценки функционального состояния конечностей, подбора протезов и ортезов. ©

Дополнительная информация

Финансирование

Работа проведена без привлечения дополнительного финансирования со стороны третьих лиц.

Конфликт интересов

Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией настоящей статьи.

Участие авторов

А.И. Мезенчук – поиск и анализ литературы, написание текста, подготовка рисунков; О.В. Кубряк – концепция и дизайн статьи, написание

и редактирование текста, подготовка рисунков. Оба автора прочли и одобрили финальную версию статьи перед публикацией, согласны нести ответственность за все аспекты работы и гарантируют, что ими надлежащим образом были рассмотрены и решены вопросы, связанные с точностью и добросовестностью всех частей работы.

Благодарности

Авторы выражают благодарность Александре Чистуосовой за помощь в подготовке рисунка 5, который задумывался как вариант упрощенного графического обобщения сведений из разных источников.

Литература / References

1. Кубряк ОВ, Багдасарьян НГ, Глазачев ОС, Король МП, Кулябина ЕВ, Лебедев ГС, Сидякина ИВ, Силаева ВЛ. Инструменты исследователя и врача: границы достижимых результатов и влияние на выводы исследований. По материалам круглого стола на XIV Вейновских чтениях, 10 февраля 2018 года. К 120летию П.К. Анохина. Мониторинг общественного мнения: Экономические и социальные перемены. 2018;(6):386–406. doi: doi.org/10.14515/monitoring.2018.6.18. [Kubryak OV, Bagdasaryan NG, Glazachev OS, Korol MP, Kulyabina EV, Lebedev GS, Sidiyakina IV, Silaeva VL. [Researcher's and doctor's tools: the boundaries of achievable results and the impact on the study findings. Proceedings of the XIV Vein Conference round table held on February 10th, 2018 (to the 120th anniversary of P.K. Anokhin)]. Monitoring of Public Opinion: Economic and Social Changes. 2018;(6):386–406. Russian. doi: doi.org/10.14515/monitoring.2018.6.18.]
2. Кубряк ОВ, Кривошей ИВ. Анализ научной области на примере обзора диссертационных работ. Мониторинг общественного мнения: Экономические и социальные перемены. 2016;(6):52–68. [Kubryak OV, Krivoshey IV. [Scientific field analysis based on the review of dissertation works]. Monitoring of Public Opinion: Economic and Social Changes. 2016;(6):52–68. Russian. doi: 10.14515/monitoring.2016.6.04.]
3. Бабанов НД, Каленова АА, Серченко ЯА, Гроховский СС, Кубряк ОВ. Стандартизация, взаимозаменяемость и анализ предложений стабиллоплатформ в России. Проблемы стандартизации в здравоохранении. 2019;(9–10):10–17. doi: 10.26347/1607-2502201909-10010-017. [Babanov ND, Kalenova AA, Serchenko YA, Grokhovsky SS, Kubryak OV. [Standardization, interoperability and market of force platforms in Russia]. 2019;(9–10):10–17. Russian. doi: 10.26347/1607-2502201909-10010-017.]
4. Кубряк О.В. Как техника предшествует науке (на примере силовых платформ). Гуманитарный вестник МГТУ им. Н.Э. Баумана. 2020;2(82):1–13. doi: 10.18698/2306-8477-2020-2-656. [Kubryak OV. [How technology precedes science (through the example of force plates)]. Humanities Bulletin of BMSTU. 2020;2(82):1–13. Russian. doi: 10.18698/2306-8477-2020-2-656.]
5. Иванова ГЕ, Исакова ЕВ, Кривошей ИВ, Котов СВ, Кубряк ОВ. Формирование консенсуса специалистов в применении стабиллометрии и биоуправления по опорной реакции. Вестник восстановительной медицины. 2019;(1):16–21. [Ivanova GE, Isakova EV, Krivoshei IV, Kotov SV, Kubryak OV. [Consensus-building in the application of stabilometry and biofeedback by support reaction]. Bulletin of Rehabilitation Medicine. 2019;(1):16–21. Russian.]
6. Кубряк ОВ, Кривошей ИВ, Крикленко ЕА. Исследование позы человека с помощью силовых платформ (стабиллометрия): российский корпус экспертов и формирование консенсуса. Общественное здоровье и здравоохранение. 2019;4(64):32–37. [Kubryak OV, Krivoshey IV, Kriklenko EA. [Study of human posture using a force platform (stabilometry): the Russian corps of experts and consensus-building]. Public Health and Health Care. 2019;4(64):32–37. Russian.]
7. Arksey H, O'Malley L. Scoping Studies: Towards a Methodological Framework. International Journal of Social Research Methodology. 2005;8(1):19–32. doi: 10.1080/1364557032000119616.
8. Levac D, Colquhoun H, O'Brien KK. Scoping studies: advancing the methodology. Implement Sci. 2010;5:69. doi: 10.1186/1748-5908-5-69.
9. Khasnis A, Gokula RM. Romberg's test. J Postgrad Med. 2003;49(2):169–172.
10. Romberg MH. A manual of the nervous diseases of man [Internet]. London: Sydenham Society; 1853. 392 p. Available from: <https://archive.org/details/cu31924012512087>.
11. Магнус Р. Установка тела: Экспериментально-физиологические исследования отдельных определяющих установку тела рефлексов, их взаимных влияний и их расстройств: пер. с нем. И.Г. Бауэр, Н.Н. Бенуа, К.Г. Лебен-трау. Л.; М.: Издательство Академии Наук СССР; 1962. 630 с. [Magnus R. [Körperstellung. Experimentell-physiologische Untersuchungen über die einzelnen bei der Körperstellung in Tätigkeit tretenden Reflexe, über ihr Zusammenwirken und ihre Störungen]. 1st ed. Berlin: Julius Springer; 1924. 756 p. German.]
12. Schiller F. Venerly, the spinal cord, and tabes dorsalis before Romberg: the contribution of Ernst Horn. J Nerv Ment Dis. 1976;163(1):1–9. doi: 10.1097/00005053-197607000-00001.
13. Lanska DJ, Goetz CG. Romberg's sign: development, adoption, and adaptation in the 19th century. Neurology. 2000;55(8):1201–1206. doi: 10.1212/wnl.55.8.1201.
14. Sherrington CS. The Integrative Action of the Nervous System [Internet]. New York: Scribner; 1906. Available from: <https://archive.org/details/integrativeactio00sher/page/n5/mode/2up>.
15. Сеченов ИМ. Элементы мысли [Интернет]. Вестник Европы. 1878. Доступно на: <https://www.prlib.ru/item/323369>. [Sechenov IM. Elements of thought [Internet]. Herald of Europe. 1878. Russian. Available from: <https://www.prlib.ru/item/323369>.]
16. Koh M, Markovich B. Neuroanatomy, Spinocerebellar Dorsal Tract [Internet]. Updated 2022 Aug 15. In: StatPearls. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2022. Available from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK556013/>.



17. Paillard T, Noé F. Techniques and Methods for Testing the Postural Function in Healthy and Pathological Subjects. *Biomed Res Int.* 2015;2015:891390. doi: 10.1155/2015/891390.
18. Curthoys IS. Concepts and Physiological Aspects of the Otolith Organ in Relation to Electrical Stimulation. *Audiol Neurootol.* 2020;25(1–2):25–34. doi: 10.1159/000502712.
19. von Brevern M, Bertholon P, Brandt T, Fife T, Imai T, Nuti D, Newman-Toker D. Benign paroxysmal positional vertigo: Diagnostic criteria Consensus document of the Committee for the Classification of Vestibular Disorders of the Bárány Society. *Acta Otorrinolaringol Esp (Engl Ed).* 2017;68(6):349–360. English, Spanish. doi: 10.1016/j.otorri.2017.02.007.
20. Tsutsumi T, Murakami M, Kawaishi J, Chida W, Fukuoka Y, Watanabe K. Postural stability during visual stimulation and the contribution from the vestibular apparatus. *Acta Otolaryngol.* 2010;130(4):464–471. doi: 10.3109/00016480903292718.
21. Horlings CG, Küng UM, Honegger F, Van Engelen BG, Van Alfen N, Bloem BR, Allum JH. Vestibular and proprioceptive influences on trunk movements during quiet standing. *Neuroscience.* 2009;161(3):904–914. doi: 10.1016/j.neuroscience.2009.04.005.
22. Nashner LM. Computerized dynamic posturography: clinical applications. Part IV: Posturographic testing. In: Jacobson GP, Newman CW, Kartush JM, eds. *Handbook of Balance Function Testing.* St. Louis, MO: Mosby-Year Book, 1993. p. 308–334.
23. Horak FB, Nashner LM, Diener HC. Postural strategies associated with somatosensory and vestibular loss. *Exp Brain Res.* 1990;82(1):167–177. doi: 10.1007/BF00230848.
24. Paulus WM, Straube A, Brandt T. Visual stabilization of posture. Physiological stimulus characteristics and clinical aspects. *Brain.* 1984;107(Pt 4):1143–1163. doi: 10.1093/brain/107.4.1143.
25. Sánchez-González MC, Gutiérrez-Sánchez E, Elena PP, Ruiz-Molinero C, Pérez-Cabezas V, Jiménez-Rejano JJ, Rebollo-Salas M. Visual Binocular Disorders and Their Relationship with Baropodometric Parameters: A Cross-Association Study. *Biomed Res Int.* 2020;2020:6834591. doi: 10.1155/2020/6834591.
26. Adachi S, Yuki K, Awano-Tanabe S, Ono T, Murata H, Asaoka R, Tsubota K. Factors associated with the occurrence of a fall in subjects with primary open-angle glaucoma. *BMC Ophthalmol.* 2017;17(1):213. doi: 10.1186/s12886-017-0613-1.
27. Sasaki O, Usami S, Gagey PM, Martinerie J, Le Van Quyen M, Arranz P. Role of visual input in nonlinear postural control system. *Exp Brain Res.* 2002;147(1):1–7. doi: 10.1007/s00221-002-1170-1.
28. Matsuo T, Yabuki A, Hasebe K, Shira YH, Imai S, Ohtsuki H. Postural stability changes during the prism adaptation test in patients with intermittent and constant exotropia. *Invest Ophthalmol Vis Sci.* 2010;51(12):6341–6347. doi: 10.1167/iovs.10-5840.
29. Havas JD, Haggard P, Gomi H, Bestmann S, Ikegaya Y, Hagura N. Intermanual transfer of visuomotor learning is facilitated by a cognitive strategy [Internet]. *BioRxiv.* 2021 Oct 13. doi: 10.1101/2021.10.12.4646030.
30. Takakusaki K. Functional Neuroanatomy for Posture and Gait Control. *J Mov Disord.* 2017;10(1):1–17. doi: 10.14802/jmd.16062.
31. Wang L, Mruczek RE, Arcaro MJ, Kastner S. Probabilistic Maps of Visual Topography in Human Cortex. *Cereb Cortex.* 2015;25(10):3911–3931. doi: 10.1093/cercor/bhu277.
32. Kim SY, Cho YS, Kim JS, Koo JW. Association between Bone Metabolism and Vestibular Problems in the Modified Romberg Test: Data from the 2009–2010 Korean National Health and Nutrition Examination Survey. *J Clin Med.* 2020;9(8):2415. doi: 10.3390/jcm9082415.
33. Briggs RC, Gossman MR, Birch R, Drews JE, Shaddeau SA. Balance performance among noninstitutionalized elderly women. *Phys Ther.* 1989;69(9):748–756. doi: 10.1093/ptj/69.9.748.
34. Ortuño-Cortés MA, Martín-Sanz E, Barona-de Guzmán R. Posturografía estática frente a pruebas clínicas en ancianos con vestibulopatía [Static posturography versus clinical tests in elderly people with vestibular pathology]. *Acta Otorrinolaringol Esp.* 2008;59(7):334–340. Spanish.
35. Gschwind YJ, Kressig RW, Lacroix A, Muehlbauer T, Pfenninger B, Granacher U. A best practice fall prevention exercise program to improve balance, strength/power, and psychosocial health in older adults: study protocol for a randomized controlled trial. *BMC Geriatr.* 2013;13:105. doi: 10.1186/1471-2318-13-105.
36. Findlay GF, Balain B, Trivedi JM, Jaffray DC. Does walking change the Romberg sign? *Eur Spine J.* 2009;18(10):1528–1531. doi: 10.1007/s00586-009-1008-7.
37. Mkorombindo T, Glassman SD, Gum JL, Brown ME, Daniels CL, Carreon LY. Quantitative Romberg using a force plate: an objective measure for cervical myelopathy. *Spine J.* 2022;22(4):535–541. doi: 10.1016/j.spinee.2021.10.001.
38. Лиленко СВ, Зайцева ОВ, Кириченко ИМ, Морозова СВ, Свистушкин ВМ, ред. Головокружение (периферическое): Клинические рекомендации. М.; СПб.; 2014. [Lilenko SV, Zaytseva OV, Kirichenko IM, Morozova SV, Svis-tushkin VM, eds. [Peripheral dizziness: clinical guidelines]. Moscow; Saint Petersburg; 2014. Russian.]
39. Bellicha A, Giroux C, Ciangura C, Menoux D, Thoumie P, Oppert JM, Portero P. Vertical Jump on a Force Plate for Assessing Muscle Strength and Power in Women With Severe Obesity: Reliability, Validity, and Relations With Body Composition. *J Strength Cond Res.* 2022;36(1):75–81. doi: 10.1519/JSC.0000000000003432.
40. Terekhov Y. Stabilometry as a diagnostic tool in clinical medicine. *Can Med Assoc J.* 1976;115(7):631–633.
41. Крикленко ЕА, Кубряк ОВ. Анализ научной области на примере исследования российских патентов. Мониторинг общественного мнения: Экономические и социальные перемены. 2018;4(146):229–249. doi: 10.14515/monitoring.2018.4.12. [Kriklenko EA, Kubryak OV. [Analyzing an academic field: the case of Russian patents]. *Monitoring of Public Opinion: Economic and Social Changes.* 2018;4(146):229–249. Russian. doi: 10.14515/monitoring.2018.4.12.]
42. Nashner LM. Vestibular postural control model. *Kybernetik.* 1972;10(2):106–110. doi: 10.1007/BF00292236.
43. Black FO. What can posturography tell us about vestibular function? *Ann N Y Acad Sci.* 2001;942:446–464. doi: 10.1111/j.1749-6632.2001.tb03765.x.
44. Vanicek N, King SA, Gohil R, Chetter IC, Coughlin PA. Computerized dynamic posturography for postural control assessment in patients with intermittent claudication. *J Vis Exp.* 2013;(82):e51077. doi: 10.3791/51077.
45. Versino M, Mandalà M, Colnaghi S, Ricci G, Faralli M, Ramat S. The integration of multisensory motion stimuli is impaired in vestibular migraine patients. *J Neurol.* 2020;267(10):2842–2850. doi: 10.1007/s00415-020-09905-1.
46. Pavlou M, Quinn C, Murray K, Spyridakou C, Faldon M, Bronstein AM. The effect of repeated visual motion stimuli on visual dependence and postural control in normal subjects. *Gait Posture.* 2011;33(1):113–118. doi: 10.1016/j.gaitpost.2010.10.085.
47. Luo H, Wang X, Fan M, Deng L, Jian C, Wei M, Luo J. The Effect of Visual Stimuli on Stability and Complexity of Postural Control. *Front Neurol.* 2018;9:48. doi: 10.3389/fneur.2018.00048.
48. Пальчун ВТ, Лучихин ЛА, Патрин АФ, авторы; Второй Московский Ордена Ленина Государственный медицинский институт им. Н.И. Пирогова, заявитель. Способ диагностики скрытых вестибулярных расстройств. Пат. 1126285 Рос. Федерация. Оpubл. 30.11.1984. [Pal'chun VT, Luchikhin LA, Patrin AF, inventors; Vtoroy Moskovskiy Ordena Lenina Gosudarstvennyy meditsinskiy institut im. N.I. Pirogova, applicant. The latent vestibular disorders assessment method. Russian Federation patent 1126285. 1984 Nov 30.]
49. Balestrucci P, Daprati E, Lacquaniti F, Maffei V. Effects of visual motion consistent or inconsistent with gravity on postural sway. *Exp Brain Res.* 2017;235(7):1999–2010. doi: 10.1007/s00221-017-4942-3.
50. Winter DA, Patla AE, Ishac M, Gage WH. Motor mechanisms of balance during quiet standing.



- J Electromyogr Kinesiol. 2003;13(1):49–56. doi: 10.1016/s1050-6411(02)00085-8.
51. Morasso P, Cherif A, Zenzeri J. Quiet standing: The Single Inverted Pendulum model is not so bad after all. *PLoS One*. 2019;14(3):e0213870. doi: 10.1371/journal.pone.0213870.
52. Ivanenko Y, Gurfinkel VS. Human Postural Control. *Front Neurosci*. 2018;12:171. doi: 10.3389/fnins.2018.00171.
53. Sato Y, Funato T, Yanagihara D, Sato Y, Aoi S, Fujiki S, Nakano K, Tsuchiya K. Measuring body sway of bipedally standing rat and quantitative evaluation of its postural control. *Annu Int Conf IEEE Eng Med Biol Soc*. 2015;2015:5311–5314. doi: 10.1109/EMBC.2015.7319590.
54. Feldman AG. Referent control of action and perception: challenging conventional theories in behavioral neuroscience. New York: Springer; 2015. 244 p. doi: 10.1007/978-1-4939-2736-4.
55. Feldman AG. The Relationship Between Postural and Movement Stability. *Adv Exp Med Biol*. 2016;957:105–120. doi: 10.1007/978-3-319-47313-0_6.
56. Gelfand IM, Latash ML. On the problem of adequate language in motor control. *Motor Control*. 1998;2(4):306–313. doi: 10.1123/mcj.2.4.306.
57. Latash ML, Levin MF, Scholz JP, Schöner G. Motor control theories and their applications. *Medicina (Kaunas)*. 2010;46(6):382–392.
58. Левик ЮС. Исследования в космосе и новые концепции в физиологии движений. *Авиакосмическая и экологическая медицина*. 2020;54(6):80–91. doi: 10.21687/0233-528X-2020-54-6-80-91. [Levik YuS. [Space researches and new concepts in the physiology of movements]. *Aerospace and Environmental Medicine*. 2020;54(6):80–91. Russian. doi: 10.21687/0233-528X-2020-54-6-80-91.]
59. Li KY. Examining contemporary motor control theories from the perspective of degrees of freedom. *Aust Occup Ther J*. 2013;60(2):138–143. doi: 10.1111/1440-1630.12009.
60. Liu Q, Nakahira Y, Liang Z, Mohideen A, Dai A, Choi SH, Pan A, Ho DM, Doyle JC. WheelCon: A Wheel Control-Based Gaming Platform for Studying Human Sensorimotor Control. *J Vis Exp*. 2020;(162). doi: 10.37971/61092.
61. Aeels J, Kelly LA, Yoshitake Y, Cresswell AG. Fine-wire recordings of flexor hallucis brevis motor units up to maximal voluntary contraction reveal a flexible, nonrigid mechanism for force control. *J Neurophysiol*. 2020;123(5):1766–1774. doi: 10.1152/jn.00023.2020.
62. Moyne-Bressand S, Dhieux C, Decherchi P, Dousset E. Effectiveness of Foot Biomechanical Orthoses to Relieve Patients' Knee Pain: Changes in Neural Strategy After 9 Weeks of Treatment. *J Foot Ankle Surg*. 2017;56(6):1194–1204. doi: 10.1053/jjfas.2017.05.032.
63. Forbes J, Cronovich H. Romberg Test [Internet]. Updated 2022 Jul 29. In: StatPearls. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2021. Available from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK563187/>.
64. Cohen HS, Sangi-Haghighi H. Differences in Responses on the Modified Clinical Test of Sensory Interaction and Balance on Medium Firm and Medium Density Foam in Healthy Controls and Patients with Vestibular Disorders. *Biomed Hub*. 2020;5(1):1548–1555. doi: 10.1159/000507180.
65. Morioka S, Okita M, Takata Y, Miyamoto S, Itaba H. Effects of Changes of Foot Position on Romberg's Quotient of Postural Sway and Leg Muscles Electromyographic Activities in Standing. *J Jpn Phys Ther Assoc*. 2000;3(1):17–20. doi: 10.1298/jjpta.3.17.
66. Гусева АЛ, Пальчун ВТ. Хроническое головокружение: подходы к диагностике и лечению. *Журнал неврологии и психиатрии им. С.С. Корсакова*. 2020;120(12):131–137. [Guseva AL, Pal'chun VT. [Clinical diagnosis and treatment of chronic dizziness]. *Zhurnal Nevrologii i Psikhiiatrii imeni S.S. Korsakova* [Journal of Neurology and Psychiatrics named after S.S. Korsakov]. 2020;120(12):131–137. Russian. doi: 10.17116/jnevro2020120121131.]
67. Strupp M, Brandt T. Diagnose und aktuelle Therapie von Schwindelsyndromen [Diagnosis and current therapy of vestibular syndromes]. *Dtsch Med Wochenschr*. 2016;141(23):1698–1710. German. doi: 10.1055/s-0042-117336.
68. Fujimoto C, Egami N, Kinoshita M, Sugawara K, Yamasoba T, Iwasaki S. Factors affecting postural instability in Meniere's disease. *Otolaryngol Head Neck Surg*. 2013;149(5):759–765. doi: 10.1177/0194599813501625.
69. Shim DB, Song MH, Park HJ. Typical sensory organization test findings and clinical implication in acute vestibular neuritis. *Auris Nasus Larynx*. 2018;45(5):916–921. doi: 10.1016/j.anl.2017.11.018.
70. Quinn L, Kegelmeier D, Kloos A, Rao AK, Busse M, Fritz NE. Clinical recommendations to guide physical therapy practice for Huntington disease. *Neurology*. 2020;94(5):217–228. doi: 10.1212/WNL.0000000000008887.
71. Toosizadeh N, Mohler J, Armstrong DG, Talal TK, Najafi B. The influence of diabetic peripheral neuropathy on local postural muscle and central sensory feedback balance control. *PLoS One*. 2015;10(8):e0135255. doi: 10.1371/journal.pone.0135255.
72. Helmchen C, Kirchoff JB, Göttlich M, Sprenger A. Postural Ataxia in Cerebellar Downbeat Nystagmus: Its Relation to Visual, Proprioceptive and Vestibular Signals and Cerebellar Atrophy. *PLoS One*. 2017;12(1):e0168808. doi: 10.1371/journal.pone.0168808.
73. Гусев ЕИ, Коновалов АН, Гехт АБ, ред. *Неврология: Национальное руководство*. Краткое издание. М.: ГЭОТАР-Медиа; 2014. 688 с. [Gusev EI, Kononov AN, Gekht AB, eds. [Neurology: state manual. Brief edition]. Moscow: GEOTAR-Media; 2014. 688 p. Russian.]
74. Goetz CG, Tilley BC, Shaftman SR, Stebbins GT, Fahn S, Martinez-Martin P, Poewe W, Sampaio C, Stern MB, Dodel R, Dubois B, Holloway R, Jankovic J, Kulisevsky J, Lang AE, Lees A, Leurgans S, LeWitt PA, Nyenhuis D, Olanow CW, Rascol O, Schrag A, Teresi JA, van Hilten JJ, LaPelle N; Movement Disorder Society UPDRS Revision Task Force. Movement Disorder Society-sponsored revision of the Unified Parkinson's Disease Rating Scale (MDS-UPDRS): scale presentation and clinimetric testing results. *Mov Disord*. 2008;23(15):2129–2170. doi: 10.1002/mds.22340.
75. Ackroyd RS, Finnegan JA, Green SH. Friedrich's ataxia. A clinical review with neurophysiological and echocardiographic findings. *Arch Dis Child*. 1984;59(3):217–221. doi: 10.1136/ad.59.3.217.
76. Błaszczyk JW, Orawiec R. Assessment of postural control in patients with Parkinson's disease: sway ratio analysis. *Hum Mov Sci*. 2011;30(2):396–404. doi: 10.1016/j.humov.2010.07.017.
77. Еремускин МА, Стяжкина ЕМ, Чесникова ЕИ, Марченкова ЛА, Гусарова СА. Эффективность реабилитации после компрессионных переломов позвонков на фоне остеопороза. *Вестник восстановительной медицины*. 2019;1(89):42–45. [Eremushkin MA, Styazhkina EM, Chesnikova EI, Marchenkova LA, Gusarova SA. [Efficiency of the rehabilitation after spinal compression fractures on the background of an osteoporosis]. *Bulletin of Rehabilitation Medicine*. 2019;1(89):42–45. Russian.]
78. Goliwas M, Kocur P, Furmaniuk L, Majchrzycki M, Wiernicka M, Lewandowski J. Effects of sensorimotor foot training on the symmetry of weight distribution on the lower extremities of patients in the chronic phase after stroke. *J Phys Ther Sci*. 2015;27(9):2925–2930. doi: 10.1589/jpts.27.2925.
79. Řezaninová J, Hrazdira L, Moc Králová D, Svoboda Z, Benaroya A. Advanced conservative treatment of complete acute rupture of the lateral ankle ligaments: Verifying by stabilometry. *Foot Ankle Surg*. 2018;24(1):65–70. doi: 10.1016/j.fas.2016.12.001.
80. Ani KU, Ibikunle PO, Nwosu CC, Ani NC. Are the Current Balance Screening Tests in Dance Medicine Specific Enough for Tracking the Effectiveness of Balance-Related Injury Rehabilitation in Dancers? A Scoping Review. *J Dance Med Sci*. 2021;25(4):217–230. doi: 10.12678/1089-313X.121521a.
81. Котов СВ, Егорова ЮВ, Исакова ЕВ. Эффективность комплексной программы с биологической обратной связью по опорной реакции в восстановительном периоде инсульта. *Журнал неврологии и психиатрии им. С.С. Корсакова*. 2021;121(12–2):20–25. [Kotov SV, Egorova YuV, Isakova EV. [Efficiency



of a comprehensive program with biological feedback on support reaction in the restoring period of stroke]. *Zhurnal Nevrologii i Psikiatrii imeni S.S. Korsakova* [Journal of Neurology and Psychiatrics named after S.S. Korsakov]. 2021;121(12–2):20–25. Russian. doi: 10.17116/jneuro202112112220.]

82. Simon A, Rupp T, Hoenig T, Vettorazzi E, Ameling M, Rolvien T. Evaluation of postural stability in patients screened for osteoporosis: A retrospective study of 1086 cases. *Gait Posture*. 2021;88:304–310. doi: 10.1016/j.gaitpost.2021.06.013.

83. McKeon PO, Hertel J. Systematic review of postural control and lateral ankle instability, part I:

can deficits be detected with instrumented testing. *J Athl Train*. 2008;43(3):293–304. doi: 10.4085/1062-6050-43.3.293.

84. Mendy A, Vieira ER, Albatineh AN, Nnadi AK, Lowry D, Gasana J. Low bone mineral density is associated with balance and hearing impairments. *Ann Epidemiol*. 2014;24(1):58–62. doi: 10.1016/j.annepidem.2013.10.012.

85. Berk E, Koca TT, Güzelsoy SS, Nacitarhan V, Demirel A. Evaluation of the relationship between osteoporosis, balance, fall risk, and audiological parameters. *Clin Rheumatol*. 2019;38(11):3261–3268. doi: 10.1007/s10067-019-04655-6.

86. Guigou C, Toupet M, Delemps B, Heuschen S, Aho S, Bozorg Grayeli A. Effect of Rotating Auditory Scene on Postural Control in Normal Subjects, Patients With Bilateral Vestibulopathy, Unilateral, or Bilateral Cochlear Implants. *Front Neurol*. 2018;9:972. doi: 10.3389/fneur.2018.00972.

87. Tsukamoto HF, de Souza Pinho Costa V, da Silva Junior RA, Pelosi GG, Marchiori LL, Vaz CR, Fernandes KB. Effectiveness of a Vestibular Rehabilitation Protocol to Improve the Health-Related Quality of Life and Postural Balance in Patients with Vertigo. *Int Arch Otorhinolaryngol*. 2015;19(3):238–247. doi: 10.1055/s-0035-1547523.

The Romberg's sign: from walking in the dark to tests on the force plate

A.I. Mezenchuk¹ • O.V. Kubryak¹

A quantitative assessment of stability (body balance, equilibrium) and sensory support of the upright position, with identification of the "contributions" from various sensory systems, is the basis for the force plate tests similar to the Romberg's test. The purpose of this paper is to describe the Romberg's test evolution from its introduction to objective quantitative force plate tests (stabilometry) in the context of studies into the sensory support of the upright position in humans. The use of force plates for quantitative characterization of the body balance in the upright position with changing sensory conditions has added a higher sensitivity and accuracy to this assessment, providing for a more precise differentiation of various conditions. The tests originating from the Romberg's one but performed on a force plate can be considered as a quantitative investigation into the functioning of the sensory systems participating in the support of the upright position, as well as a tool for the assessment of their isolated contributions and central integration. The value of such tests for

clinical medicine is related to a higher level of verification of the body balance abnormalities in various disorders, with an improvement of diagnosis and potential for differential diagnosis. With these assessments being non-invasive, it is feasible to use them for evaluation of changes of the upright equilibrium over time under treatment and rehabilitation procedures in neurology, traumatology and orthopedics, otolaryngology, sports medicine and other areas.

Key words: Romberg's sign, Romberg's test, force plate, sensory organization test, stabilometry, postural balance

For citation: Mezenchuk AI, Kubryak OV. The Romberg's sign: from walking in the dark to tests on the force plate. *Almanac of Clinical Medicine*. 2022;50. doi: 10.18786/2072-0505-2022-50-040.

Received 2 February 2022; revised 25 October 2022; accepted 31 October 2022; published online 16 November 2022

Conflict of interests

The authors declare no conflict of interests.

Authors' contribution

A.I. Mezenchuk, literature search and analysis, text writing, preparation of the illustrations; O.V. Kubryak, the paper concept and design, literature search and analysis, text writing and editing, preparation of the illustrations. Both authors have read and approved the final version of the manuscript before submission, agreed to be accountable for all aspects of the work in ensuring that questions related to the accuracy or integrity of any part of the work are appropriately investigated and resolved.

Acknowledgements

The authors would like to acknowledge Alexander Chistousov for his assistance in the preparation of the figure #5, which had been planned as a version of simplified graphic synthesis of the information from various sources.

Anastasia I. Mezenchuk – Laboratorian, Laboratory of Human Physiology Functional State¹; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7281-456X>
✉ Ul. Baltiyskaya 8, Moscow, 125315, Russian Federation. Tel.: +7 (985) 952 38 02; +7 (495) 601 22 45. E-mail: o.mezenchuk@nphys.ru

Oleg V. Kubryak – Doctor of Biol. Sci., Head of Laboratory of Human Physiology Functional State¹; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7296-5280>. E-mail: o.kubryak@nphys.ru

¹ Research Institute of Normal Physiology named after P.K. Anokhin, ul. Baltiyskaya 8, Moscow, 125315, Russian Federation