

В.И. ДОЦЕНКО^{1,2}, к.м.н., **В.И. УСАЧЕВ^{2,3}**, д.м.н., профессор, **С.В. МОРОЗОВА⁴**, д.м.н., профессор, **М.А. СКЕДИНА¹**, к.м.н.

¹ Институт медико-биологических проблем РАН, Москва

² Научно-медицинская фирма «Статокин», Москва

³ Институт остеопатической медицины им. В.Л. Андрианова, Санкт-Петербург

⁴ Первый Московский государственный медицинский университет им. И.М. Сеченова

СОВРЕМЕННЫЕ АЛГОРИТМЫ СТАБИЛОМЕТРИЧЕСКОЙ ДИАГНОСТИКИ ПОСТУРАЛЬНЫХ НАРУШЕНИЙ

В КЛИНИЧЕСКОЙ ПРАКТИКЕ

Удержание вертикальной позы, прямохождение и биподальная локомоция – ключевые компоненты функциональной системы антигравитации. Получить объективные данные о позы регуляции стало возможным благодаря внедрению в клиническую практику статокнезиметрии (стабилометрия) – метода качественного и количественного анализа колебательного процесса центра давления стоп на плоскость опоры вертикально установленного или, что используется реже, сидящего человека. Качественно изменил достоверность стабилометрической диагностики векторный анализ, используя который врач может оценивать эффективность лечения, а также на этапах обследования и лечения проводить статистическую оценку достоверности различия вариативности показателя фактора динамической стабилизации (ФДС) пациента.

Ключевые слова: статокнезиметрия, постурология, вертикальная поза, векторный анализ, качество функции равновесия (КФР), фактор динамической стабилизации (ФДС).

V.I. DOTSENKO^{1,2}, PhD in medicine, **V.I. USACHEV^{2,3}**, MD, Prof., **S.V. MOROZOVA⁴**, MD, Prof., **M.A. SKEDINA¹**, PhD in medicine

¹ State Scientific Center of RF Institute of Medical and Biological Problems of RAS, Moscow

² Scientific and Medical Company Statokin, Moscow

³ Andrianov Osteopathic Medicine Institute, Saint-Petersburg

⁴ Sechenov First Moscow State Medical University

MODERN ALGORITHMS OF POSTURAL DISTURBANCES IN CLINICAL PRACTICE

Hold upright, vertical body position and bipodal locomotion – the key components of a functional system of Antigravity. Get objective data about the postural regulation was made possible thanks to the introduction into clinical practice statoknezimetrii (all)-method of qualitative and quantitative analysis of oscillatory process of Center of pressure stop on a plane of leg vertically-installed or that you are using less of a seated person. Qualitatively changed the accuracy of diagnosis of stabilometric vector analysis, using which a doctor can assess the effectiveness of treatment, as well as the stages of examination and treatment to conduct statistical assessment of the credibility of the differences of variability of dynamic stabilization Factor indicator (FDC) of the patient.

Keywords: statoknezimetrija, posturology, vertical body position, vector analysis, quality of function of an equilibrium (FCC) dynamic stabilization factor (DFF).

Удержание вертикальной позы, прямохождение и биподальная локомоция – это ключевые компоненты функциональной системы антигравитации и венец эволюции человека в его приспособительной деятельности к существованию в гравитационном поле Земли.

Изучением механизмов поддержания вертикальной позы в норме и при развитии ряда патологических состояний организма, формирования компенсаторных механизмов позы регуляции занимается особая область человеческого знания – постурология (лат. postura – поза). Об актуальности выделения этого медико-биологического направления в отдельную науку свидетельствует существование за рубежом нескольких ассоциаций специалистов в области постурологии, в частности авторитетнейшей Association française de posturologie.

Приведем некоторые основные сведения о механизмах поддержания вертикальной позы и современной

стабилометрической диагностики, которые в последние годы приходят на смену мифам и откровенным фантазиям. Получение объективных данных стало возможным с внедрением в стабилометрическую диагностику алгоритмов векторного анализа статокнезиграммы.

Удержание человеком вертикальной позы сопровождается его микроколебательным (в сравнении с габаритами человека!) процессом, очень редко заметным при визуальном наблюдении за актом естественного комфортного стояния. Происходят достаточно сложные гармонические колебания как общего центра масс (ОЦМ), так и центра давления (ЦД) стоп на плоскость опоры, которые в силу объективных обстоятельств не совпадают по амплитуде и фазности.

ЦД – это та интегральная точка на плоскости опоры, в которую в реальном режиме времени объемное геометрическое тело – человек, имеющий, во-первых, различную плотность тканей организма и, во-вторых, установ-

ленный не в виде несгибаемого прямого луча (или жесткого цилиндра), а постоянно меняющийся в сочленениях туловища взаимную конфигурацию его сегментов, как бы «усредняется» в ходе поддержания своей вертикальной стойки. Таким образом, мы подчеркиваем, что ЦД не является отображением проекции ОЦМ человека на плоскость опоры, и колебательные процессы ОЦМ и ЦД не тождественны (их отождествление – распространенная ошибка исследователей). Общим свойством ЦД и проекции ОЦМ устойчиво стоящего (не падающего) человека является лишь то, что локализируются они в пределах координат границы опоры человека (т.н. стопного полигона).

Статокинезиметрия (син. *стабилометрия*) – метод качественного и количественного анализа колебательно-го процесса ЦД на плоскости опоры вертикально установленного или, что используется реже, сидящего человека. Метод служит для оценки функции равновесия и механизмов поддержания человеком вертикальной позы как в норме, так и при различных патологических состояниях. Предпочтительным является общепризнанный в мировой научной литературе термин *статокинезиметрия* (буквальная расшифровка – измерение движения человека, т. е. колебательного процесса ЦД, неизбежно возникающего во время обеспечения человеком своей статики, произвольного поддержания вертикальной позы), а не термин *стабилометрия*.

В условиях постоянно действующего гравитационного поля Земли процесс отклонения тела человека от вертикали в информационном плане является абсолютно необходимым для последующего восстановления утрачиваемого равновесия. С этой точки зрения у здорового человека функцию равновесия можно охарактеризовать как устойчивое неравновесие. И в этом поддерживающемся «неравновесии» в целях стабилизации вертикальной позы функционирует преимущественно тоническая мускулатура.

Удержание человеком вертикальной позы сопровождается его микроколебательным (в сравнении с габаритами человека!) процессом, очень редко заметным при визуальном наблюдении за актом естественного комфортного стояния

Инструментальным обеспечением метода *статокинезиметрии* на современном этапе служат постурографические компьютерные комплексы – стабилометрические анализаторы. Ключевым аппаратным модулем любого стабилоанализатора является стабилоплатформа, которая по реакциям опоры на четыре (реже – на три) тензодатчика при помощи компьютерной программы определяет искомую результирующую – ЦД стоящего на платформе человека, а затем по специальным алгоритмам производит анализ колебательного процесса этого ЦД.

Траектория перемещения ЦД человека в двумерной системе координат в ходе поддержания им вертикальной позы или при выполнении произвольных тестовых движений носит название «статокинезиграмма» (СКГ).

Элементарное разложение колебательного процесса по направлениям горизонтальной плоскости (построение графиков изменения во времени амплитуды отклонения ЦД в сагиттальном и фронтальном направлениях) носит название «стабилограмма».

При проведении статокинезиметрии учитывается роль отдельных анализаторных систем (слуха, зрения, дополнительной проприоцептивной нагрузки или депривации этой же модальности, оценка роли мандибулярного, т. е. нижнечелюстного афферентного входа) в удержании вертикальной позы.

На основе предъявления человеку «батареи» тестов профессором В.И. Усачевым (Санкт-Петербург) предложен последовательный алгоритм проведения исследования, в котором каждая из проб отвечает на свой круг вопросов; вычисляются соответствующие коэффициенты постуральной системы.

УСТОЙЧИВОСТЬ, РАВНОВЕСИЕ ИЛИ ДИНАМИЧЕСКАЯ СТАБИЛИЗАЦИЯ?

Тело человека в вертикальном положении обладает большим запасом физической устойчивости. Площадь области перемещения ЦД стоп по отношению к площади полигона опоры с открытыми глазами не превышает 1%, а с закрытыми глазами – 1,5%. Даже у пациентов, страдающих вестибулярными расстройствами или детским церебральным параличом, этот показатель не превышает соответственно 5 и 10% [1]. Несмотря на 90%-ный запас физической устойчивости, эти пациенты постоянно подвержены риску падения.

В чем же секрет физиологического феномена устойчивости тела человека? Разделяемая большинством постурологов физическая теория перевернутого маятника не в состоянии объяснить механизм поддержания равновесия тела в вертикальном положении. Тело человека представляет собой многозвенную и многоуровневую систему напряженной целостности – *tensegrity*, находящуюся в постоянном движении [2]. К человеку более применимо понятие биодинамики, а не биомеханики или кинематики. Тело непрерывно выводится из состояния равновесия дыхательными движениями; гидродинамическими силами крови при сокращениях сердца; перистальтикой кишечника; краниосакральным ритмом и более медленными ритмами: мотильностью тканей с периодом 25–35 сек, медленными постуральными колебаниями с периодом около 60 сек, медленным «приливом» с периодом около 100 сек. Благодаря наличию голеностопного шарнира наше тело неустойчиво и физически. Эти анатомо-физиологические особенности обуславливают выраженную тенденцию к падению. И мы непременно бы упали, если бы не было соответствующего центрального нервного механизма, препятствующего падению. Тем не менее сам факт перманентного «падения» – великое благо для человека. Благодаря различным сенсорным системам, главными из которых являются проприоцептивная, вестибулярная и зрительная, наш мозг получает информацию о процессе отклонения от вертикали. Если физически рычажные веса

в состоянии равновесия неподвижны, то физиологически покой означает отсутствие обратной связи для коррекции отклонения тела.

Благодаря центральному нервному механизму посредством «мозаичной» активации мышц происходит ежемоментная коррекция утрачиваемого равновесия, причем движение совершается в наиболее выгодном направлении, с оптимальным линейным и угловым ускорением. Пока мы не знаем, как функционирует этот великолепный механизм, но его внешнее проявление можно обозначить динамической стабилизацией [3].

ТРАДИЦИОННАЯ СТАБИЛОМЕТРИЧЕСКАЯ ДИАГНОСТИКА

Современной стабилometрии чуть более 60 лет. Ее эпоха началась с отдельной регистрации перемещения ЦД стоп по фронтالي и сагиттали при помощи двухкоординатного самописца [4]. Таким образом, сложное движение ЦД стоп раскладывалось на две составляющие, а затем анализировалось без учета его интегрального характера. Основными параметрами служили среднее смещение ЦД по фронтали и сагиттали, частота и амплитуда колебаний, а также общая длина стабิโลграмм. Позднее начал применяться спектральный анализ стабิโลграмм с помощью медленного преобразования Фурье.

С появлением персональных компьютеров возникла возможность анализа СКГ. По математическому ожиданию точек СКГ определялись координаты ЦД стоп. Наиболее простым и понятным является анализ площади СКГ. Общепринятым считается определение площади СКГ по 95% доверительному эллипсу, хотя возможно вычисление ее по выпуклому или вогнутому полигону. Следует отметить, что ориентация на оценку исключительно площади СКГ обладает серьезными недостатками. Указанная площадь крайне нестабильна во времени с тенденцией увеличения по экспоненциальному закону, обладает очень большой вариабельностью у одного и того же человека при повторных исследованиях [5].

Вторым основным показателем является длина СКГ.

Третьим показателем служит средний радиус отклонения ЦД.

Наиболее информативным оказалось использование показателя средней скорости перемещения ЦД – длины СКГ, деленной на время исследования. Его информативность вытекает из нормированности по времени и отражения средней характеристики динамики перемещения ЦД стоп.

Однако все эти показатели объединяет одно отрицательное качество. Они не отражают всей динамики процесса перемещения ЦД, по которой можно было бы судить о динамической стабилизации вертикального положения тела. Образно говоря, это всего лишь застывшие фотографии итогового процесса, сделанные в различных ракурсах.

Из всего арсенала стабилometрических показателей, предложенных для проведения традиционной стабилometрической диагностики, на сегодняшний день можно с достаточной степенью надежности опираться на координаты ЦД стоп, среднюю скорость его перемещения и спектральный анализ стабิโลграмм.

ВЕКТОРНЫЙ АНАЛИЗ СКГ

Векторный анализ статокинезиграмм качественно изменил достоверность стабилometрической диагностики, осуществляемой ранее исключительно по классическим алгоритмам анализа траектории перемещения ЦД человека. На чем же основаны принципы векторного анализа?

Компьютерная стабилometрия предполагает дискретную регистрацию координат ЦД стоп с частотой 40–50 Гц при помощи аналого-цифрового преобразователя с последующей обработкой этого массива данных специальной компьютерной программой. Таким образом, СКГ представляет собой последовательный ряд значений координат ЦД стоп.

Первым попытался проанализировать весь массив данных СКГ К.-Н. Mauritz [6]. Он помещал центр искусственной системы координат в центр СКГ (точку ее математического ожидания) и разбивал всю плоскость на 16 секторов. По результатам вычисления среднего расстояния в мм от центра СКГ до всех дискретных точек, попавших в каждый из секторов, строилась круговая гистограмма положения ЦД стоп по типу «розы ветров». Эта гистограмма демонстрировала преобладание отклонения в различных направлениях (рис. 1).

Т. Okuzono [7] построил круговую гистограмму по другому принципу. Сначала он соединил все дискретные точки СКГ между собой. Получилась последовательность векторов, имеющих определенную длину и направление (рис. 2).

Каждый вектор помещался своей начальной точкой в центр искусственной системы координат, а затем рассчитывалась средняя длина векторов, попавших в каждый из 18 секторов по 20° каждый. Затем стро-

Рисунок 1. Круговая гистограмма положения центра давления стоп

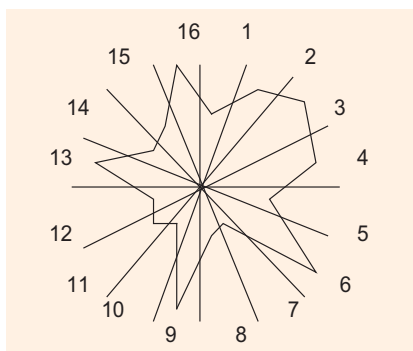


Рисунок 2. Векторы статокинезиграммы

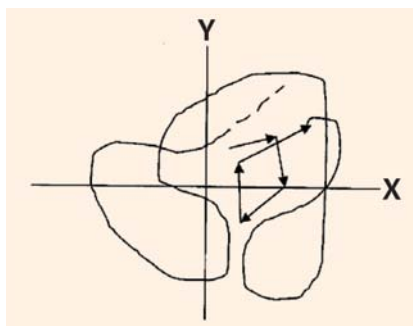


Рисунок 3. Статокинезиграмма (слева) и векторная статокинезиграмма (справа) по Т. Okuzono, 1983

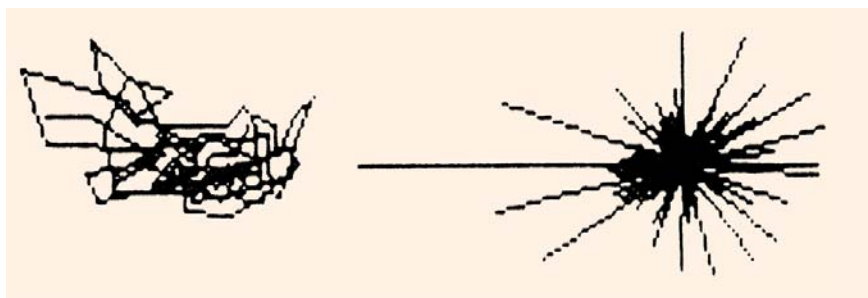


Рисунок 4. Векторограмма в системе координат линейной скорости

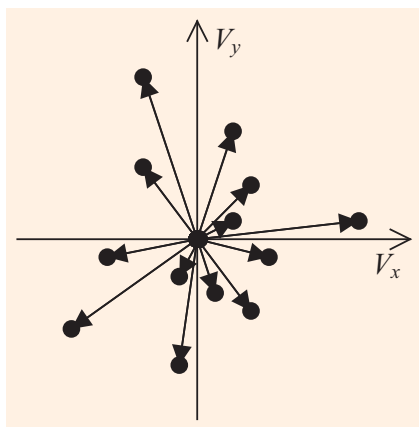
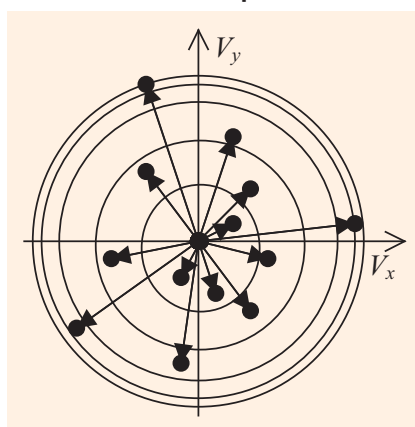


Рисунок 5. Векторограмма с наложенными кольцами равной площади



илась векторная СКГ. Векторная СКГ значительно отличалась от обычной СКГ (рис. 3).

У здоровых лиц Т. Okuzono выделил 6 типов векторной СКГ: центростремительный тип (centripetal), диффузный тип (diffuse), переднезадний тип (antero-posterior), мультицентрический тип (multicentric), латерально-колебательный тип (lateral-swaying) и более стабильный при закрытых глазах тип (more stable-with eyes closed).

При периферических поражениях вестибулярной системы в векторной СКГ он наблюдал значительное увеличение латеральных колебаний тела, а при центральных поражениях – колебаний в переднезаднем направлении.

Положительными качествами обоих вышеуказанных способов обработки стабилметрической информации является учет всех дискретных точек регистрируемого стабилметрического сигнала. Векторная СКГ имеет преимущество в том, что расчет величины и направления смещения ЦД проводится безотносительно математического центра СКГ. Длина векторов (L) отражает линейную скорость перемещения ЦД $V_{\text{мм/сек}} = L_{\text{мм}} \times 1/f$ дискретизации. Тем самым отображается не преобладающее положение ЦД в СКГ, а преобладание скорости перемещения ЦД в определенных направлениях.

Оба метода за более чем 30-летнюю историю своего существования не нашли широкого применения в клинической практике, а сам векторный анализ его авторами не совершенствовался.

Наше внимание привлекла возможность изучения при помощи этого метода линейной и угловой скоростей перемещения ЦД. Исследования проводились на отечественном стабиланализаторе компьютерном с биологической обратной связью «СтабилАн-01». Частота дискретизации стабилметрического сигнала составляла 50 Гц.

Было предложено 19 векторных показателей. Вычисляемая по векторам СКГ средняя линейная скорость была эквивалента ранее вычисляемой средней скорости как частного от деления длины СКГ на время исследования. Этот показатель определялся суммой значений линейной скорости всех векторов, деленной на их количество, и выражался в мм/сек.

Кроме анализа средней линейной скорости, была предпринята попытка разработки интегрального векторного показателя по функции распределения векторов линейной скорости. Он был назван «Качество функции равновесия» (КФР). Для этого строилась векторограмма в системе координат линейной скорости: V_x , мм/сек; V_y , мм/сек (рис. 4).

Облако вершин векторов разделилось на n зон кольцами равной площади (рис. 5).

Величина площади центральной (первой) зоны S_1 фиксирована и определена на основе экспериментальных исследований различных групп людей. Величина внешнего радиуса i -го кольца определяется по формуле:

$$R_i = \sqrt{\frac{i \cdot S_1}{\pi}}$$

Функция распределения линейной скорости векторов по кольцам равной площади подчиняется экспоненциальной зависимости (рис. 6). Параметр КФР рассчитывается в

Рисунок 6. Экспоненциальный закон распределения линейной скорости векторов и площади для расчета КФР

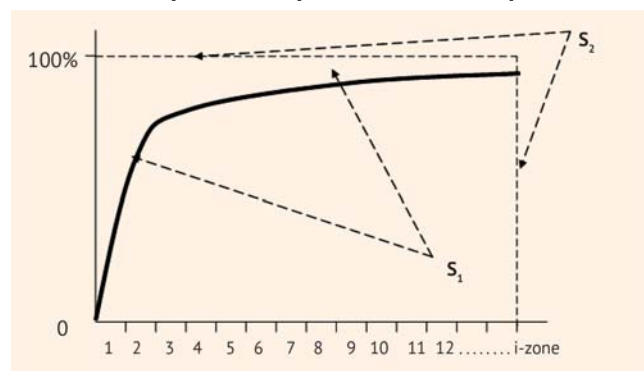
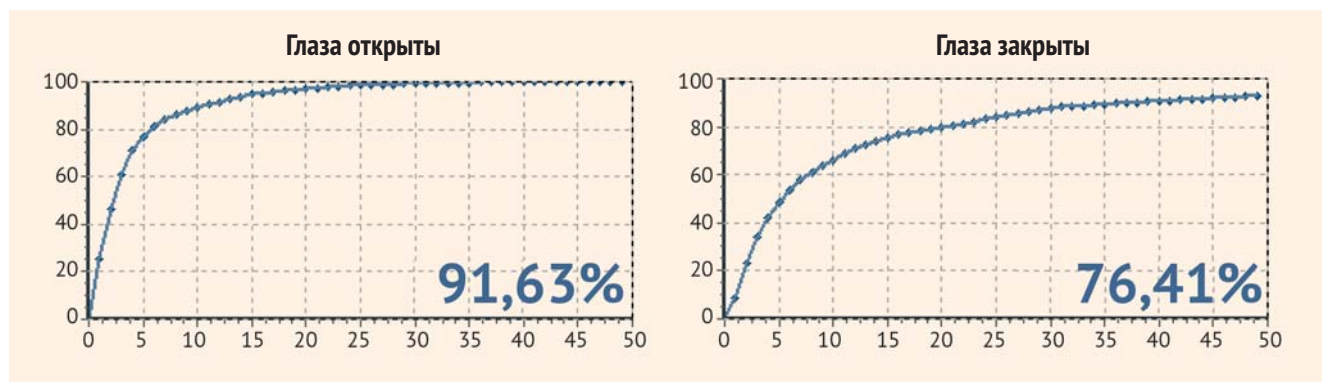
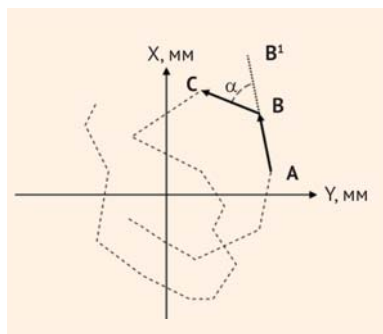


Рисунок 7. Графики закона распределения и результаты расчета КФР здорового человека с открытыми и закрытыми глазами**Рисунок 8.** Фрагмент векторов статокинезиграммы с обозначенным углом отклонения α вектора BC относительно траектории AB^1 вектора AB 

виде процентного отношения площади S_1 , ограниченной кривой экспоненты, к площади прямоугольника S_2 , ограниченного осями координат, вертикальной границей 50 зоны и горизонтальной границей на уровне общего количества векторов.

В качестве примера приводим графики закона распределения и результаты расчета КФР

здорового человека с открытыми и закрытыми глазами, полученные при помощи входящего в состав комплекса «СтабилАн-01» программного обеспечения «СтабМед» (рис. 7).

При помощи анализа векторов СКГ появилась новая возможность расчета угловой скорости перемещения ЦД. Каждый последующий вектор СКГ отклонен от траектории предыдущего на определенный угол α (рис. 8). При этом угловая скорость составляет α/t и выражается в $^\circ/\text{сек}$. При частоте дискретизации 50 Гц $t = 0,02$ сек (1/50Гц).

При своевременной компенсации человеком отклонений его тела от вертикали скорость движения ЦД должна быть минимальной. Любые нарушения в стабилизации вертикального положения тела приводят к задержкам и ошибкам в коррекции отклонений. Это выражается в увеличении линейной скорости перемещения ЦД и резких изменениях направления его движения.

Анализ динамики линейной и угловой скоростей показал нелинейный (стохастический) характер их изменения [8]. Если линейная скорость имеет только положительные значения (рис. 9), то угловая скорость периодически принимает положительные и отрицательные значения (рис. 10).

Несмотря на то что КФР зарекомендовал себя с положительной стороны и успешно используется в России

более 15 лет, оставалась неудовлетворенность тем, что он не учитывает угловую скорость перемещения ЦД, а также не отражает динамику процесса поддержания равновесия тела. Поэтому в качестве фактора динамической Стабилизации (ФДС) была предложена площадь сектора, «заметаемая» последующим вектором относительно направления предыдущего вектора. Размерность ФДС ($\text{мм}/\text{с}^2 \times \text{радиан}/\text{с}$. Уместная в данном случае аналогия – площадь сектора на лобовом стекле автомобиля, очищаемая постоянно движущейся щеткой. Динамика ФДС здорового человека с открытыми и закрытыми глазами отражена на рисунках 11 и 12.

Рисунок 9. Динамика мгновенной линейной скорости перемещения центра давления**Рисунок 10.** Динамика мгновенной угловой скорости перемещения центра давления

Рисунок 11. Вариация мгновенных значений ФДС здорового человека с открытыми глазами в течение 45 с



Рисунок 12. Вариация мгновенных значений ФДС здорового человека с закрытыми глазами в течение 45 с



Идея подобного расчета принадлежит великому немецкому астроному Иоганну Кеплеру, первооткрывателю законов движения планет Солнечной системы, который доказал следующее: когда планеты перемещаются по эллипсовидной траектории, то площадь, которую «заметает» их радиус в единицу времени, одинакова. В отличие от закона Кеплера динамическая стабилизация вертикального положения тела проявляется в стохастическом изменении ФДС вследствие постоянного противодействия процессов, дестабилизирующих и стабилизирующих равновесие тела человека.

Вообще именно выдающийся французский постуролог Р.-М. Gagey (2004) ввел понятие *динамической стабилизации вертикального положения тела*, которое основывалось на представлении о нелинейности процесса перемещения ЦД стоп. Это дало новый толчок в развитии векторного анализа СКГ.

Стало понятно, что необходимо оценивать всю динамику процесса стабилизации и анализировать одновременно как линейное, так и угловое перемещение ЦД стоп. Параметром интегральной оценки линейного и углового перемещения ЦД в динамике как раз и выступает ФДС. Дисперсия значений этого фактора отражает интегральную характеристику динамической стабилизации вертикального положения тела. Так же как и КФР, она выража-

ется в процентах и названа индексом динамической стабилизации (ИДС) [10].

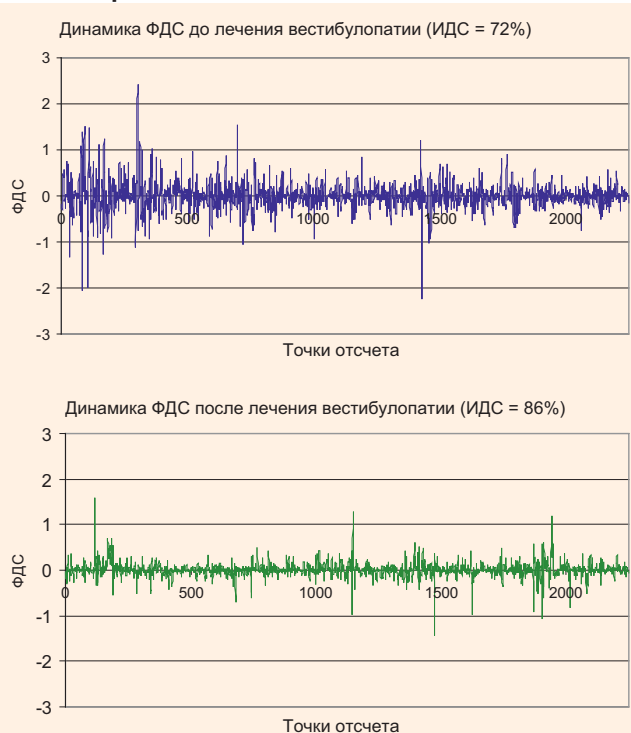
По ФДС и ИДС можно судить об эффективности любого вида лечения (рис. 13), а также реабилитации при различных заболеваниях, о степени тренированности спортсменов.

Так как массив значений ФДС при каждом обследовании большой, то имеется возможность проводить оценку статистической значимости различия результатов пар обследований одного пациента при помощи F-критерия Фишера для дисперсий. В данном примере $F = 3,63$ ($p < 0,001$).

Для удобства пользователей создано внешнее микропроцессорное конверторное USB-устройство, которое позволяет преобразовывать массив координат ЦД (X; Y), полученных при помощи программного обеспечения стабиграфов любого отечественного или зарубежного производителя, в сводку значений ИДС и дисперсии ФДС для расчета статистической достоверности различия.

Полезным и наглядным для практикующих врачей подходом оказалась возможность создания звукового образа ИДС – числовой массив переводится в однотональный звуковой сигнал, характеризующий уровень динамической стабилизации [9, 10]. По высоте звука врач может легко ориентироваться в выраженности динамической стабилизации вертикального положения тела каждого человека и судить о ее положительных или отрицательных изменениях на этапах реабилитации или по мере прогрессирования заболевания.

Рисунок 13. Динамика ФДС пациента Р-ва с вестибулопатией до лечения (вверху) и после лечения (внизу) – глаза открыты





медицинский совет online

- актуальные новости о разных разделах медицины
- интересные события и открытия в России и в мире
- анонсы журнала «Медицинский совет»
- инфографика
- заметки в помощь практикующим врачам
- история науки и медицины



Наша группа в «Фейсбуке»
facebook.com/medicalboard



Наша группа в «ВКонтакте»
vk.com/med_sovetpro

Описанная методология подкреплена патентом на изобретение №2380035 «Способ оценки функционального состояния человека (ИДС)» с приоритетом от 26.01.2009 г. [11]. USB-устройство производится ООО «Научно-медицинская фирма «Статокин», г. Москва.

Полезным и наглядным для практикующих врачей подходом оказалась возможность создания звукового образа ИДС – числовой массив переводится в однотональный звуковой сигнал, характеризующий уровень динамической стабилизации

Таким образом, векторный анализ статокинезиграммы открыл новое направление в оценке динамической стабилизации вертикального положения тела. Используя его, врач может по показателю ИДС, выраженному в процентах и представленному в виде звукового образа, оценивать эффективность лечения, а также на этапах обследования и лечения проводить статистическую оценку достоверности различия вариативности показателя ФДС одного пациента, а не групп лиц, что имеет место при использовании врачом исключительно классических параметров анализа статокинезиграммы.



ЛИТЕРАТУРА

1. Усачев В.И., Печорин П.Е. Компьютерная стабилметрия в диагностике нарушения функции равновесия тела при детском церебральном параличе и оценке эффективности лечения. Восстановительная медицина и реабилитация, 2006: Материалы III Международного Конгресса. М.: «Экспресс Конференции», 2006: 96-97.
2. Parsons J. Tensegrity – unifying concept. Функциональные нарушения тканей тела человека и восстановление функций организма: Материалы Международного симпозиума. СПб: Издательский дом СПбМАПО, 2005: 124-139.
3. Гаже П.-М., Вебер Б. Постурология. Регуляция и нарушения равновесия тела человека: перевод с французского. Под ред. В.И. Усачева. СПб: Издательский дом СПбМАПО, 2008. 316 с.
4. Бабский Е.Б., Гурфинкель В.С., Ромель Э.Л. Новый способ исследования устойчивости стояния человека. Физиол. журн. СССР, 1955, 12(3): 423-426.
5. Usatchev VI, Sliva SS, Belyaev VE. Stabilometric testing of a postural system. Abstracts of the XVIIth Conference of ISGGR. Marseille, 2005, 21(suppl. 1): 151.
6. Mauritz K.-H. Standataxie bei Kleinhirnlasionen, Untersuchungen zur Differential-diagnostik und Pathophysiologie gestorter Haltungregulation. Freiburg, 1979.
7. Okuzono T. Vector statokinesigram. A new method of analysis of human body sway. Pract. Otol. Kyoto, 1983, 76(10): 2565-2580.
8. Усачев В.И. Оценка динамической стабилизации центра давления стоп по данным анализа векторов статокинезиграммы. В кн.: П.-М. Гаже, Б. Вебер Постурология. Регуляция и нарушения функции равновесия тела человека: перевод с французского. Под ред. В.И. Усачева. СПб: Издательский дом СПбМАПО, 2008: 291-296.
9. Usachev V.I. Estimation of dynamic stabilization of vertical body position in diagnostics of effectiveness of treatment and rehabilitation. Abstracts of the 5TH International Posture Symposium. Bratislava, 2008, 53.
10. Усачев В.И., Доценко В.И., Кононов А.Ф., Артемов В.Г. Новая методология стабилметрической диагностики нарушения функции равновесия тела. Вестн. оторинолар., 2009, 3: 19-22.
11. Усачев В.И., Артемов В.Г., Кононов А.Ф. Способ оценки функционального состояния человека (ИДС). Патент на изобретение № 2380035. М., 2010 (приоритет от 26.01.2009 года).