© Слотина А.Е., Иконникова Е.С., Коцоев Г.А., Егунова А.С., Панина У.В., Федотова Е.Ю., Гнедовская Е.В., С

# Анализ стратегии поддержания равновесия у пациентов с болезнью Паркинсона

**А.Е. Слотина, Е.С. Иконникова, Г.А. Коцоев, А.С. Егунова, У.В. Панина, Е.Ю. Федотова, Е.В. Гнедовская, Н.А. Супонева**

*Российский центр неврологии и нейронаук, Москва, Россия*

**Аннотация**

***Введение.*** *Актуальность проблемы нарушения равновесия у пациентов с болезнью Паркинсона (БП) обусловлена необходимостью предотвращения падений и травм, а также обеспечения возможности пациентам сохранить максимальную самостоятельность и мобильность. Перспективны разработки в области скрининга позы и походки с помощью цифрового анализа изображений, для которых важно понимание базовых стратегий поддержания равновесия.*

***Цель*** *исследования – изучить стратегии поддержания равновесия в фазах «on» и «off» БП при помощи классических и интегральных показателей стабилометрии.*

***Материалы и методы.*** *В исследование включены 27 пациентов с БП. Медиана возраста – 61 год. Среднее значение суточной эквивалентной дозы леводопы – 889,71 мг. Всем пациентам была проведена клиническая оценка равновесия по шкале баланса Берг и тестирование на стабилометрической платформе в фазах «on» и «off».*

***Результаты.*** *По шкале баланса Берг у пациентов с БП отмечены лёгкие нарушения равновесия, более выраженные в фазе «off» ($p < 0,05$). Данные по классическим показателям теста Ромберга в фазе «on» показали ухудшение функции равновесия и преобладание роли зрения в стратегии её поддержания. При анализе векторных интегральных показателей в фазе «off» отмечено значимое увеличение угловой скорости и коэффициента резкого изменения направления движений ($p < 0,05$). Стабилометрические данные свидетельствуют о наличии нарушений равновесия в обеих фазах при БП, с разными компенсаторными стратегиями.*

***Заключение.*** *Несмотря на наличие у пациентов с БП лёгких нарушений равновесия и низкого риска падения по данным клинической оценки, показатели стабилометрии на самом деле свидетельствуют о более серьёзных нарушениях статического равновесия, способствующих увеличению риска падения. Стоит отметить, что диагностическая значимость классических показателей стабилометрии в фазе «off» снижается, значимую роль приобретают векторные показатели, характеризующие стратегию поддержания равновесия. Мы считаем, что именно данная группа интегральных показателей может эффективно использоваться для оценки качества равновесия и базовых компенсаторных стратегий у пациентов с БП на фоне проводимого лечения. Эти результаты имеют ценность для дальнейших разработок цифровизированных технологий анализа равновесия с применением искусственного интеллекта.*

***Ключевые слова:*** *стабилометрия; болезнь Паркинсона; равновесие; постуральный контроль; риск падения*

**Этическое утверждение.** Исследование проводилось при добровольном информированном письменном согласии пациентов. Протокол исследования одобрен Локальным этическим комитетом Российского центра неврологии и нейронаук (протокол № 3-6/22 от 20.04.2022).

**Источник финансирования.** Исследование выполнено в рамках государственного задания Российского центра неврологии и нейронаук (№122041800156-8, № 122041800162-9).

**Конфликт интересов.** Авторы заявляют об отсутствии явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией настоящей статьи.

**Адрес для корреспонденции:** 125367, Россия, Москва, Волоколамское шоссе, д. 80. Российский центр неврологии и нейронаук. E-mail: slotina@neurology.ru. Слотина А.Е.

**Для цитирования:** Слотина А.Е., Иконникова Е.С., Коцоев Г.А., Егунова А.С., Панина У.В., Федотова Е.Ю., Гнедовская Е.В., Супонева Н.А. Анализ стратегии поддержания равновесия у пациентов с болезнью Паркинсона. *Анналы клинической и экспериментальной неврологии.* 2025;19(2):5–15.
DOI: https://doi.org/10.17816/ACEN.1292
EDN: https://elibrary.ru/DEYLLG

Поступила 18.02.2025 / Принята в печать 28.03.2025 / Опубликована 30.06.2025

# Strategies for Maintaining Balance in Patients with Parkinson's Disease

**Anastasiya E. Slotina, Ekaterina S. Ikonnikova, Georgii A. Kotsoev, Alena S. Egunova, Uliana V. Panina, Ekaterina Yu. Fedotova, Elena V. Gnedovskaya, Natalia A. Suponeva**

*Russian Center of Neurology and Neurosciences, Moscow, Russia*

**Abstract**

***Introduction.*** *The relevance of studying balance impairment in patients with Parkinson's disease (PD) lies in the need to prevent falls and injuries while enabling patients to maintain maximum independence and mobility. Promising advances in posture and gait screening using digital image processing require a thorough understanding of fundamental balance maintenance strategies.*

***The study was aimed*** *at investigating balance maintenance strategies during PD "on" and "off" periods using classical and integral stabilometric parameters.*

***Materials and methods.*** *The study included 27 PD patients with the median of 61 years. The mean total daily levodopa equivalent dose was 889.71 mg. All patients underwent clinical balance assessment using the Berg Balance Scale and stabilometric platform testing during "on" and "off" periods.*

***Results.*** *Berg Balance Scale scores revealed mild balance impairments in PD patients, with greater severity during the "off" period ($p < 0.05$). Classical Romberg test parameters during the "on" period demonstrated deteriorated balance function and increased reliance on visual strategies for balance maintenance. Analysis of vector integral parameters during the "off" period showed a significant increase in angular velocity and coefficient of abrupt direction changes ($p < 0.05$). Stabilometry data indicate balance impairments in both PD "on" and "off" states, accompanied by different compensatory strategies.*

***Conclusion.*** *Despite clinical assessments suggesting only mild balance impairments and low fall risk in PD patients, stabilometric parameters revealed more significant static balance disorders contributing to fall risk. Notably, the diagnostic value of classical stabilometric parameters decreases during the "off" period, while vector parameters characterizing balance maintenance strategies gain importance. We propose that these integral parameters can effectively assess balance quality and fundamental compensatory strategies in PD patients undergoing treatment. The findings are valuable for developing digitalized balance analysis technologies incorporating artificial intelligence.*

***Keywords:*** *stabiliometry; Parkinson's disease; balance; postural control; risk of falls*

**Ethics approval.** All patients provided their voluntary written informed consent to participate in the study. The study protocol was approved by the Local Ethics Committee of the Russian Center of Neurology and Neurosciences (Protocol No. 3-6/22, April 20, 2022).

**Source of funding.** This research was conducted as part of the state assignment the Russian Center of Neurology and Neurosciences (No. 122041800156-8, No. 122041800162-9).

**Conflict of interest.** The authors declare that there are no obvious and potential conflicts of interest related to the publication of this article.

**For correspondence:** 80 Volokolamskoye shosse, Moscow, Russia, 125367. Russian Center of Neurology and Neurosciences.
E-mail: slotina@neurology.ru. Anastasiya E. Slotina

**For citation:** Slotina A.E., Ikonnikova E.S., Kotsoev G.A., Egunova A.S., Panina U.V., Fedotova E.Yu., Gnedovskaya E.V., Suponeva N.A. Strategies for maintaining balance in patients with Parkinson's disease. *Annals of Clinical and Experimental Neurology.* 2025;19(2):5–15.
DOI: https://doi.org/10.17816/ACEN.1292
EDN: https://elibrary.ru/DEYLLG

Received 18.02.2025 / Accepted 28.03.2025 / Published 30.06.2025

## Введение

Интерес исследователей к проблеме нарушения равновесия и постуральной устойчивости у пациентов, страдающих болезнью Паркинсона (БП), объясняется тем, что именно постуральные нарушения чаще всего связаны с повышенным риском падения, которое может приводить к серьёзным последствиям (переломы, черепно-мозговые травмы и др.), в том числе быть причиной летальных исходов [1–3]. Как показывают эпидемиологические данные, падения при БП могут возникать хотя бы один раз у 50% пациентов, а повторные эпизоды встречаются у 35% пациентов [4, 5].

В литературе особое внимание уделяется методике компьютерной стабилометрии при изучении различных нарушений равновесия и вертикальной позы при заболеваниях нервной системы [6–8]. Данный метод достаточно давно зарекомендовал себя как объективная оценка функции равновесия и активно применяется в клинической практике [9]. Благодаря широкой доступности с возможностью объективизации данных оценки постуральных функций стабилометрические платформы практически всегда используются для оценки эффективности реабилитационных методик или иных методов лечения.

При проведении стабилометрического исследования ранее было рекомендовано использовать для оценки наиболее простые и надёжные параметры, такие как длина «пути», максимальные отклонения и наибольшая амплитуда [10], однако большинством разработчиков программного обеспечения предлагается использовать и другие, более сложные интегральные показатели, поскольку их анализ позволяет более полно оценить функцию равновесия и проанализировать стратегию его поддержания [11]. Интегральные показатели являются математически вычисляемыми величинами, позволяющими оценить различные аспекты регуляции вертикальной позы. Эта группа показателей не всегда унифицирована: в различных приборах используются оригинальные способы математического анализа данных статокинезиграммы, но всё-таки основа большинства интегральных показателей – отношения между площадями перемещения центра масс, длиной «пути» и площадью, положением центра масс и скоростью, а также аналогичных векторных показателей. К ним относятся коэффициент Ромберга, комплексный коэффициент, коэффициент асимметрии относительно смещения и аналогичные им [12]. Предполагается, что именно применение данных показателей может позволить выявить новые механизмы регуляции поддержания вертикальной позы и функции равновесия у пациентов с БП, а также полноценно оценить постурографический профиль пациента. Ранее продемонстрирована применимость интегральных показателей при оценке функции равновесия при БП, в том числе в динамике на фоне фармакотерапии [13–15].

Важным аспектом является то, что состояние пациентов с БП при применении специфической терапии меняется в течение дня, что связано с началом и окончанием действия лекарственной противопаркинсонической терапии, относительно чего выделяют две фазы: включение («on») и выключение («off»). Как показал анализ литературы, в исследованиях, посвящённых изучению постуральной функции при БП, пациенты обследуются либо в «on», либо в «off» фазе [16, 17], но сравнительные исследования не проводили. Нам удалось найти только одну работу по дифференцированной оценке функции равновесия с анализом в обеих фазах [6], при этом исследование было посвящено анализу влияния апоморфина на постуральную устойчивость.

Наша гипотеза заключается в том, что в фазах «on» и «off» пациенты с БП могут использовать разные компенсаторные стратегии для поддержания равновесия. Изучение этих механизмов в разных фазах у данной группы пациентов может быть использовано для разработки персонифицированных цифровизированных программ скрининга и профилактики падений.

**Целью** исследования было определение стратегии поддержания равновесия в фазах «on» и «off» при помощи классических и интегральных показателей стабилометрии.

## Материалы и методы

Данные стабилометрии собирали в рамках исследования, одобренного Локальным этическим комитетом Российского центра неврологии и нейронаук (протокол № 3-6/22 от 20.04.2022).

Критерии включения:
- клинический диагноз БП, установленный согласно соответствующим критериям Международного общества болезни Паркинсона и расстройств движений [18];
- стадия заболевания II–III по шкале Hoehn–Yahr;
- возраст 40–80 лет;
- полученное разрешение на обработку персональных данных и подписанное информированное добровольное согласие на участие в исследовании.

В настоящее исследование были включены 27 пациентов (14 женщин и 13 мужчин) с подтверждённым диагнозом БП, из них 13 пациентов были на II стадии по шкале Hoehn–Yahr, 14 – на III. При оценке формы заболевания у 4 пациентов определялась акинетико-ригидная форма, у 23 – смешанная. Медиана возраста группы пациентов составила 61,56 [24; 75] года. Медиана эквивалентной суточной дозы леводопы составила 889,71 [320; 2073,5] мг.

В соответствии с целью настоящего исследования тестирование пациентов на стабилометрической платформе проводили в двух фазах в течение дня: фаза «on» – более 8 ч от приёма препаратов леводопы и фаза «off» – через 1,0–1,5 ч после приёма препаратов леводопы согласно схеме терапии. При этом 20 пациентов были также обследованы 2 раза в день в фазах «on» и «off» через 1, 3 и 6 мес. Данные повторных стабилометрических исследований также были включены в настоящий анализ и, таким образом, финальное количество проанализированных стабилограмм составило 58 для фазы «on» и 58 – для фазы «off».

Всем пациентам была проведена первичная клиническая оценка равновесия по шкале баланса Берг [19] в фазах «on» и «off» для определения различий в поддержании равновесия для обеих фаз.

В дальнейшем пациентам проводилось инструментальное исследование на системе компьютерной стабилометрии «Стабилан 01-2» («ОКБ “РИТМ”») в фазах «on» и «off». Данная система предназначена для компьютерной фиксации и последующей математической обработки положения и смещения центра давления человека (ЦД) в двухмерной системе координат при выполнении клинико-диагностических тестов. Для обследования пациентов и оценки поддержания функции равновесия нами были выбраны следующие клинико-диагностические тесты:

1. Тест «Ромберга» состоит из 2 проб – с открытыми и закрытыми глазами и предназначен для оценки статического постурального контроля, а также определения роли зрения в процессе поддержания равновесия. Данный тест является основным и наиболее часто используемым в различных клинико-диагностических исследованиях, по своей сути является инструментальным вариантом клинической пробы Ромберга, проводимой при рутинном неврологическом осмотре [20]. Анализ результатов данного теста заключается в сравнении

показателей проб с открытыми и закрытыми глазами. В норме значение данного показателя располагается в диапазоне от 100 до 250. Значение меньше 100 говорит о том, что зрение отрицательно влияет на функцию равновесия и с закрытыми глазами процесс поддержания лучше. Значение больше 250 свидетельствует о том, что пациент осуществляет функцию равновесия в основном за счёт зрения и при его выключении функция равновесия резко ухудшается.

2. Тест «Устойчивость» – позволяет оценить лимит устойчивости человека при отклонении в одном из 4 направлений: вперёд, назад, вправо и влево. При этом нормальным является соотношение длины отклонения вперёд/назад 1,0–1,5, а отклонений вправо/влево – 1.

Помимо специфической оценки описанных выше тестов, проводили анализ стабилографического сигнала. С этой целью оценивали 3 группы интегральных показателей стабилограммы:

1. Классические показатели – методы оценки стабилограммы, стандартизированные для всех видов платформ, которые включают смещение ЦД, скорость перемещения ЦД и изменение площади статокинезиграммы, площадь статокинезиграммы (площадь доверительного эллипса), индекс скорости, коэффициенты кривизны, длину траектории ЦД, длину в зависимости от площади и др.

2. Векторные показатели, характеризующие распределение векторов скорости и ускорения движения ЦД, включающие качество функции равновесия, площадь векторограммы, коэффициент резкого изменения направления движения, показатели линейной и угловой скорости, мощность векторограммы и др.

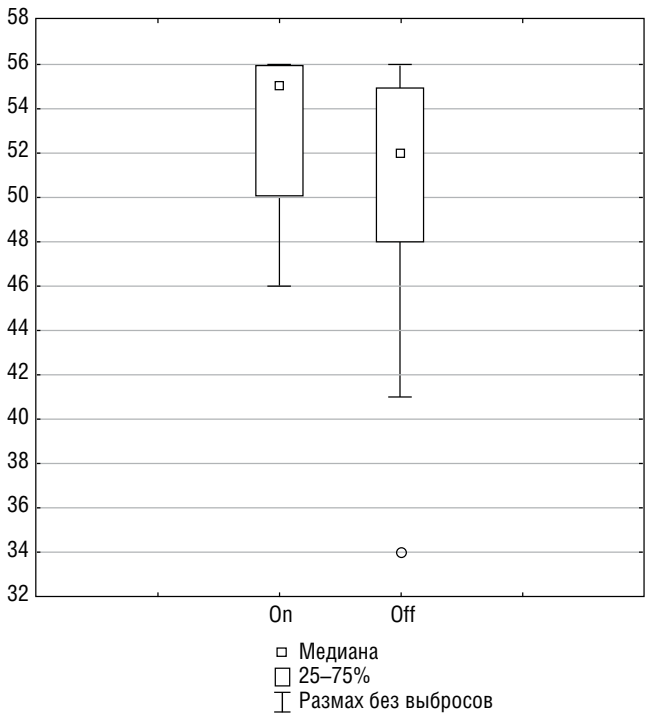


**Рис. 1. Изменение функции равновесия по шкале баланса Берг в фазах «on» и «off» при БП.**

3. Показатели спектра, характеризующие частотный спектр стабилографического сигнала в двух плоскостях: фронтальной и сагиттальной.

Спектр стабилограммы распределяется на три основные зоны:

- зона высокой частоты (2–6 Гц) – характеризует колебания ЦД, связанные с физиологическими процессами, влияющими на поддержание функции равновесия, чаще всего преобладание амплитуд данного спектра встречается при различных неврологических заболеваниях;
- зона низкой частоты (0,2–2,0 Гц) – колебания ЦД, связанные с регуляцией позы, характеризует сокращения крупных мышц, используемых для контроля функции равновесия при определённых видах неустойчивости;
- зона очень низкой частоты (0–0,2 Гц) – характеризует колебания ЦД, связанные с базовыми, установочными (коррекционными) постуральными реакциями, наблюдаемыми при поддержании вертикальной позы у здорового человека [12].

Показатели спектра включают в себя амплитуды пиков статокинезиграммы во фронтальной и сагиттальной плоскостях, а также мощности зон стабилограммы.

Статистическую обработку результатов проводили с помощью критерия Вилкоксона (при сравнении зависимых выборок), коэффициента корреляции Спирмена с применением пакета прикладных программ «Statistica v. 13.0» («StatSoft»). Данные представляли в виде медианы и квартилей [$Q_1$; $Q_3$]. Значимыми считали различия при $p < 0,05$.

## Результаты

При анализе клинических данных по шкале баланса Берг было отмечено, что медиана баллов у пациентов с БП как в «on», так и в «off» фазе соответствовала лёгким нарушениям равновесия и низкому риску падения: 53,44 [50; 56] и 50,65 [48; 55] соответственно, но значимо равновесие было хуже в фазе «off» ($p = 0,001$; рис. 1).

По результатам стабилометрического исследования проанализированы общие данные теста Ромберга (показатели отношений поддержания равновесия с открытыми и закрытыми глазами) у пациентов с БП в фазах «on» и «off» (табл. 1). Наблюдалось значимое ($p = 0,005$) уменьшение коэффициента Ромберга в фазе «off», при этом его значение становилось нормальным в сравнении со значением в фазе «on». Данные изменения могут говорить о преобладании роли зрения в стратегии поддержания равновесия в фазе «on», когда при его выключении функция равновесия у пациентов резко ухудшается. Анализ распределения по группам в зависимости от величины значения коэффициента Ромберга в фазе «off» показал, что наблюдается значительный сдвиг в сторону опоры на проприорецепцию, а роль зрения при поддержании равновесия в данной фазе значительно снижается (рис. 2).

**Таблица 1. Изменение общих показателей теста Ромберга у пациентов с БП, Me [$Q_1$; $Q_3$]**

| Коэффициент | Фаза «on» | Фаза «off» | Значимость различий между фазами, *p* |
|---|---|---|---|
| Коэффициент Ромберга, % | 218 [120; 351] | 163 [99; 292] | 0,005 |
| Положение ЦД относительно межлодыжечной линии, мм$^{-1}$ | 2,59 [–0,56; 10,57] | 0,91 [–1,76; 5,61] | 0,001 |
| Длина в зависимости от площади, мм$^{-1}$ | 0,78 [0,64; 1,12] | 1,24 [0,77; 1,67] | 0,06 (тенденция) |

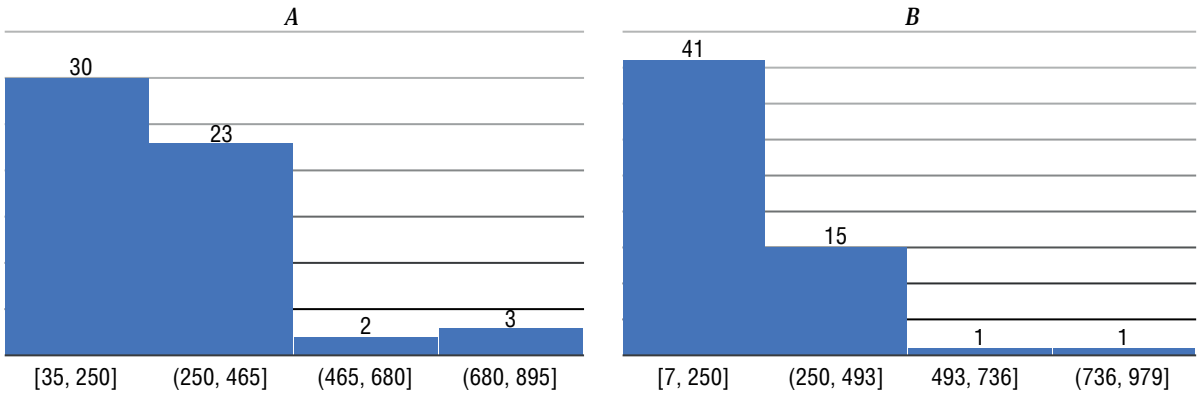


**Рис. 2. Распределение коэффициента Ромберга в фазах «on» (*A*) и «off» (*B*) при БП.**

Выявлено значимое ($p$ = 0,001) уменьшение показателя, характеризующего корреляционную зависимость между положением ЦД в сагиттальной плоскости относительно межлодыжечной линии и скоростью перемещений ЦД с закрытыми глазами. В норме средняя величина данного показателя близка к нулю. В большей степени данный показатель отображает уровень смещения положения ЦД при поддержании равновесия в основной стойке (положение тела, при котором ноги выпрямлены в суставах, туловище выпрямлено, голова держится ровно, прямо, взгляд направлен вперёд, руки свободно свисают по сторонам) и, соответственно, степень компенсаторных реакций (повышенного напряжения трёхглавой мышцы голени) при реализации голеностопной стратегии равновесия. Полученные нами данные свидетельствовали о том, что у большинства пациентов в фазах «on» и «off» значение показателя положения ЦД относительно межлодыжечной линии значительно выше или ниже нуля, т. е. центр давления смещён вперед или назад соответственно. Однако в фазе «off» у пациентов наблюдается приближение показателя к нормальным значениям Me = 0,94 [–1,76; 5,61], что может указывать на то, что в данной фазе задействуется меньшее количество компенсаторных механизмов для поддержания функции равновесия и свидетельствовать в пользу лучшей устойчивости. В то же время полученные данные по тенденции к уменьшению длины в зависимости от площади (с открытыми глазами) в фазе «on» ($p$ = 0,06) свидетельствуют о меньшем разбросе центра масс на площади с открытыми глазами в данной фазе. В литературе описано, что низкие значения показателя длины в зависимости от площади ассоциированы с более энергоэффективной стратегией поддержания равновесия [12]. Данные изменения в совокупности с изменениями коэффициента положения ЦД относительно межлодыжечной линии могут говорить о том, что, несмотря на большее количество задействованных компенсаторных механизмов, в фазе «on» стратегия поддержания равновесия является более физиологичной по сравнению с фазой «off».

Далее для оценки функции равновесия был проведён анализ статокинезиграмм с открытыми (табл. 2) и закрытыми (табл. 3) глазами по базовым интегративным показателям функции равновесия: классическим, векторным и спектральным.

По результатам статистического анализа получены значимые различия между фазами «on» и «off» по всем анализируемым показателям статокинезиграммы как для закрытых, так и для открытых глаз.

Среди классических показателей особое внимание стоит уделить тем, которые описывают площадь эллипса статокинезиграммы, то есть основной части площади, занимаемой стабилограммой (исключены случайные выбросы и петли), и характеризуют рабочую площадь опоры человека. Главным показателем является площадь доверительного эллипса. Значимое его изменение наблюдалось как у пациентов в фазе «on», так и в фазе «off». При этом площадь эллипса в фазе «on» с открытыми глазами увеличивалась всего на 50 ед. ($p$ = 0,049; табл. 2), а с закрытыми глазами – в 2 раза ($p$ = 0,001; табл. 3). Данные изменения, вероятнее всего, могут быть связаны с тем, что в фазе «off» у пациентов наблюдается значимое увеличение общей ригидности и, соответственно, колебания ЦД происходят на меньшей плоскости, а при переходе пациента в фазу «on» ригидность снижается и разброс перемещения ЦД становится больше. Согласно данным литературы, увеличение площади эллипса говорит об ухудшении функции равновесия, однако рассматривать его изме-

**Таблица 2. Изменение показателей статокинезиграммы при выполнении теста Ромберга с открытыми глазами у пациентов с БП, Me [$Q_1$; $Q_3$]**

| Коэффициент | Фаза «on» | Фаза «off» | Значимость различий между фазами, *p* |
|---|---|---|---|
| **Классические показатели** | | | |
| Средняя скорость перемещения ЦД | 8,64 [6,92; 13,11] | 8,43 [6,56; 10,24] | 0,049 |
| Скорость изменения площади статокинезиграммы) | 13,55 [7,60; 14,30] | 9,50 [7,60; 14,30] | 0,026 |
| Площадь доверительного эллипса | 148,35 [89,50; 273,10] | 102,80 [77,40; 156,60] | 0,049 |
| Индекс скорости | 5,49 [4,41; 8,24] | 5,34 [4,12; 6,52] | 0,05 |
| Длина траектории ЦД по фронтали | 96,50 [73,50; 155,80] | 90,20 [63,10; 109,20] | 0,012 |
| **Векторные показатели** | | | |
| Качество функции равновесия | 84,61 [66,54; 89,85] | 85,29 [79,45; 90,94] | 0,013 |
| Коэффициент резкого изменения направления движения | 9,08 [4,62; 13,45] | 14,26 [9,44; 18,88] | 0,001 |
| Средняя линейная скорость | 8,65 [6,92; 13,11] | 8,44 [6,55; 10,25] | 0,049 |
| Амплитуда вариации линейной скорости | 5,12 [4,06; 8,87] | 4,60 [3,77; 7,10] | 0,003 |
| Средняя угловая скорость | 17,95 [13,10; 23,90] | 23,65 [18,50; 28,10] | 0,001 |
| Амплитуда вариации угловой скорости | 19,80 [16,40; 24,00] | 22,10 [18,60; 27,50] | 0,003 |
| **Показатели спектра** | | | |
| Амплитуда 2-го пика сагитталь | 2,40 [1,51; 3,03] | 1,65 [1,20; 2,21] | 0,005 |

нения необходимо в совокупности с другими показателями [8, 12]. Помимо площади, на статокинезиграмме с закрытыми глазами у пациентов при переходе в фазу «on» отмечалось значимое ($p$ = 0,049) уменьшение коэффициента сжатия эллипса (табл. 3). Данный коэффициент определяет «сплюснутость» статокинезиграммы, т. е. отношение длины большой оси доверительного эллипса к малой. Как правило, меньшие значения коэффициента сжатия характерны при более стабильном поддержании функции равновесия, т. е. стабилограмма приобретает вытянутую форму. Причём, как показал анализ длины статокинезиграммы, основные изменения в фазе «on» происходят за счёт её увеличения во фронтальной плоскости (табл. 2, 3). Эти данные могут свидетельствовать о том, что у пациентов при переходе в фазу «on» расширяется спектр колебаний ЦД в стороны и снижается вперёд и назад. Таким образом, можно наблюдать, что у пациентов с БП в фазе «off» гипокинезия и выраженная мышечная ригидность проявляются не только в крупных целенаправленных движениях, но и в наиболее автоматизированных двигательных функциях – постуральных синергиях. Данный факт подтверждается также уменьшением индекса скорости ЦД (табл. 2, 3), т. е. перемещение ЦД становится более медленным.

При дальнейшем анализе были рассмотрены векторные показатели статокинезиграммы. Данный тип показателей характеризует распределение векторов скорости и ускорения движения ЦД. Векторный подход предполагает, что при своевременной компенсации человеком отклонений его тела от вертикали скорость движения ЦД должна быть минимальной. А нарушения в системе регуляции вертикальной позы будут приводить к задержкам и ошибкам при коррекции отклонений тела от вертикали и, соответственно, бóльшим отклонениям ЦД, бóльшим скоростям и резким изменениям направлений его движения.

В данной группе показателей получены изменения в качестве функции равновесия (оценивает, насколько минимальна скорость ЦД) у пациентов как в фазе «on», так и в фазе «off» (табл. 2, 3). В норме данный показатель соответствует 100% и считается, что чем выше его значение, тем лучше пациент поддерживает своё равновесие. Нами отмечено, что более выраженное снижение показателя наблюдалось с закрытыми глазами в обеих фазах, при этом значение в фазе «on» было значимо ($p$ = 0,049) ниже, чем в фазе «off» (табл. 3), что может свидетельствовать о более выраженных нарушениях функции поддержания равновесия для фазы «on». Это также подтверждается более высоким значением в фазе «on» показателей средней линейной скорости ($p$ = 0,002) и амплитуды вариации линейной скорости ($p$ = 0,001) как с открытыми, так и с закрытыми глазами (табл. 2, 3).

Однако, несмотря на выявленное ухудшение функции равновесия в фазе «on», нами также получены интересные данные по векторным показателям для фазы «off». Как с закрытыми, так и с открытыми глазами наблюдалось значимое ($p$ = 0,001) увеличение коэффициента резкого изменения направления движения (табл. 2, 3), который характеризует процент резких поворотов вектора скорости (более 45°) относительно общего количества векторов. Помимо данного показателя, значимые увеличения наблюдались в амплитуде вариации угловой скорости ($p$ = 0,001) и накопленном угле смещения

**Таблица 3. Изменение показателей статокинезиграммы при выполнении теста Ромберга с закрытыми глазами у пациентов с БП, Me [$Q_1$; $Q_3$]**

| Коэффициент | Фаза «on» | Фаза «off» | Значимость различий между фазами, *p* |
|---|---|---|---|
| **Классические показатели** | | | |
| Средняя скорость перемещения ЦД | 13,66 [10,90; 27,97] | 12,12 [8,93; 18,13] | 0,002 |
| Скорость изменения площади статокинезиграммы | 26,10 [16,70; 62,10] | 18,20 [11,20; 35,20] | 0,001 |
| Площадь доверительного эллипса | 313,9 [194,0; 474,90] | 160,90 [103,0; 306,10] | 0,001 |
| Коэффициент сжатия доверительного эллипса | 1,64 [1,29; 2,17] | 1,79 [1,45; 2,44] | 0,049 |
| Индекс скорости | 8,53 [6,82; 17,56] | 7,05 [5,58; 11,12] | 0,002 |
| Длина траектории по фронтали | 137,05 [88,90; 262,10] | 120,50 [79,90; 168,50] | 0,001 |
| Длина траектории по сагиттали | 192,9 [134,50; 273,80] | 199,80 [156,90; 403,40] | 0,049 |
| **Векторные показатели** | | | |
| Качество функции равновесия | 64,89 [44,97; 76,15] | 71,72 [48,69; 83,74] | 0,049 |
| Коэффициент резкого изменения направления движения | 6,93 [5,12; 9,44] | 11,65 [7,23; 15,65] | 0,001 |
| Средняя линейная скорость | 13,66 [10,88; 27,97] | 12,12 [8,93; 18,14] | 0,002 |
| Амплитуда вариации линейной скорости | 10,19 [6,89; 17,56] | 7,64 [6,04; 11,17] | 0,001 |
| Средняя угловая скорость | 15,30 [12,90; 19,30] | 20,65 [16,20; 25,40] | 0,001 |
| Амплитуда вариации угловой скорости | 17,95 [16,30; 21,90] | 21,85 [19,0; 24,80] | 0,001 |
| Накопленный угол смещения | 0,22 [-2,40; 4,04] | -0,60 [-4,29; 1,51] | 0,026 |
| Соотношение линейной и угловой скорости | 0,84 [0,58; 1,45] | 0,61 [0,45; 0,90] | 0,001 |
| **Показатели спектра** | | | |
| Амплитуда 1-го пика фронталь | 4,67 [3,57; 6,0] | 2,99 [2,13; 4,0] | 0,001 |
| Амплитуда 2-го пика фронталь | 3,0 [1,95; 3,95] | 1,91 [1,36; 2,55] | 0,001 |
| Амплитуда 3-го пика фронталь | 1,97 [1,38; 2,82] | 1,37 [0,91; 1,82] | 0,001 |
| Мощность 3-й зоны | 12 [10,0; 15,0] | 14 [12,0; 17,0] | 0,002 |
| Амплитуда 1-го пика сагитталь | 7,1 [5,32; 8,78] | 5,39 [3,34; 7,41] | 0,001 |
| Амплитуда 2-го пика сагитталь | 3,75 [3,01; 5,28] | 3,09 [2,42; 3,87] | 0,002 |
| Амплитуда 3-го пика сагитталь | 2,63 [1,93; 3,59] | 2,11 [1,54; 2,66] | 0,026 |

($p$ = 0,026), что подтверждает данные, полученные по коэффициенту резкого изменения направления движения. Обнаруженные в фазе «off» изменения позволяют сделать заключение о том, что, несмотря на «кажущееся» состояние большей устойчивости, по данным стабилометрического исследования у пациентов всё же наблюдаются нарушение и изменение стратегии поддержания равновесия. Данные выводы подтверждаются полученным увеличением мощности статокинезиграммы в фазе «off», которая характеризует величину колебаний ЦД с векторами скорости, бóльшими по амплитуде, т. е. более грубую (с резкими движениями) стратегию поддержания функции равновесия в сравнении с фазой «on».

Таким образом, на основании анализа векторных показателей можно сделать вывод о том, что, несмотря на наличие нарушений равновесия, у пациентов в фазе «on» стратегия поддержания равновесия является более физиологичной и плавной, о чём свидетельствует изменение показателей, отражающих работу мышц (трёхглавая мышца голени), ответственных за реализацию физиологичной – голеностопной стратегии поддержания равновесия, а также меньшее в сравнении с фазой «off» значение векторных показателей резких изменений направления движения ЦД. В свою очередь, для фазы «off» при меньшем нарушении в показателях площади статокинезиграммы наблюдается более резкое изменение векторов движения с бóльшими скоростями, что может говорить о сниженных компенсаторных возможностях при стабилизации вертикального положения в основной стойке. Полученные данные также подтверждаются более выраженными изменениями функции равновесия

по шкале баланса Берг, которые в фазе «off» значимо хуже. Данная шкала включает большое количество динамических проб, направленных на выявление постуральной неустойчивости при их выполнении, и полученные изменения статокинезиграммы в фазе «off» могут свидетельствовать о том, что наибольшие трудности пациенты испытывают именно при перемене положения тела, т. к. становится невозможным плавно и физиологично компенсировать равновесие.

Анализ показателей спектра проводился как дополнительная методика для оценки изменений стабилографического сигнала в двух плоскостях (фронтальной и сагиттальной). Основные различия между пациентами в фазах «on» и «off» наблюдались в амплитудах пиков спектра статокинезиграммы, однако в большинстве не выходили за пределы высокочастотных колебаний, которые связаны с физиологическими процессами (табл. 2, 3). Однако с закрытыми глазами у пациентов в фазе «off» наблюдался сдвиг амплитуды 1, 2 и 3-го пиков, которые характеризуют амплитуду 3 наиболее выраженных колебаний ЦД на спектре стабилограммы ниже высокочастотного спектра, т. е. преобладание колебаний ЦД, необходимых для регуляции позы и поддержания равновесия.

Анализ теста «Устойчивость» выявил гораздо меньшее количество различий в фазах «on» и «off» при БП. Так, анализ смещения пациентов в стороны (вправо, влево, вперёд и назад), как и анализ классических показателей, не выявил статистически значимых изменений в функции равновесия в обеих фазах. Обращает на себя внимание, что основные различия в тесте «Устойчивость» наблюдались в векторных показателях и по одному показателю спектра статокинезиграммы (табл. 4). Данный тип показателей статокинезиграммы позволяет характеризовать скорость движения ЦД с точки зрения компенсаторных реакций.

При выполнении теста «Устойчивость» у пациентов с БП в фазе «off» значимо увеличились коэффициент резкого изменения направления движения, средняя угловая скорость и амплитуда вариации угловой скорости. Помимо этого, обращает на себя внимание разница в показателе соотношения линейной и угловой скорости, который в фазе «on» значимо ниже, чем в фазе «off», что свидетельствует в пользу того, что линейная скорость смещения ЦД для фазы «on» выше, чем угловая. Данный показатель, как и векторные, подтверждает, что стратегия поддержания равновесия в фазе «on» является более физиологичной. Полученные в процессе проведения теста изменения свидетельствуют о том, что, несмотря на отсутствие изменений в длине перемещения пациента в стороны, в данном периоде стратегия поддержания равновесия становится более грубой (с более резкими движениями) при выполнении статико-динамической пробы со смещением, как и при выполнении статического теста Ромберга, в котором также наблюдались подобные реакции в фазе «off». Несмотря на полученные статистически значимые изменения амплитуды 1-го пика в сагиттальной плоскости по показателям спектра, данные изменения наблюдались в границах высокочастотного спектра, что свидетельствует о нормальных компенсаторных реакциях при выполнении статико-динамической пробы со смещением у пациентов в фазах «on» и «off».

## Обсуждение

Как показывают данные исследований, несмотря на хорошее действие препаратов леводопы на мышечную ригидность и скованность, воздействия на постуральную функцию может не быть [21]. Именно поэтому важным является определение ключевых показателей постуральной неустойчивости на фоне действия противопаркинсонической терапии и без неё, что может позволить разработать в дальнейшем способы скрининговой оценки и эффективной профилактики рисков падений.

В результате проведённого исследования определены основные показатели, характеризующие постуральные нарушения у пациентов с БП, и их различия в фазах «on» и «off», связанных с действием препаратов. Так, у пациентов в фазе «on» увеличивался коэффициент Ромберга, определяющий роль зрения в поддержании функции равновесия, т. е. при выключении зрительного контроля происходило ухудшение статического равновесия. Эти данные в целом сопоставимы с результатами исследований, которые подтверждают преобладающую роль зрения у пациентов с БП при поддержании равновесия [22, 23]. Однако нельзя не отметить, что в фазе «off» влияние зрения значимо снижается, что говорит о сдвиге механизмов контроля равно-

**Таблица 4. Изменение показателей статокинезиграммы при выполнении теста «Устойчивость» у пациентов с БП, Me [$Q_1$; $Q_3$]**

| Коэффициент | Фаза «on» | Фаза «off» | Значимость различий между фазами, *p* |
|---|---|---|---|
| **Векторные показатели** | | | |
| Коэффициент резкого изменения направления движения | 6,73 [5,10; 9,26] | 8,39 [6,26; 12,20] | 0,001 |
| Средняя угловая скорость | 15,30 [12,50; 17,90] | 17,10 [14,10; 21,80] | 0,001 |
| Амплитуда вариации угловой скорости | 18,20 [17,10; 19,70] | 19,20 [17,10; 21,40] | 0,004 |
| Соотношение линейной и угловой скорости | 1,84 [1,41; 2,55] | 1,58 [1,21; 1,98] | 0,003 |
| **Показатели спектра** | | | |
| Амплитуда первого пика сагитталь | 38,55 [31,69; 47,19] | 37,65 [28,76; 44,12] | 0,049 |

весия в сторону опоры на проприорецепцию. Отдельные исследования также показывают, что такая стратегия поддержания равновесия может наблюдаться у пациентов с БП, однако исследователи, как правило, связывают данные изменения со стадией заболевания, при этом не отмечая, в какой именно фазе было проведено обследование [24]. Таким образом, у пациентов в обеих фазах наблюдается нарушение функции равновесия, что также сопоставимо с данными отдельных исследований [25], но стратегии компенсации различаются.

Среди классических показателей обращает на себя внимание значение площади доверительного эллипса (площадь статокинезиграммы) – её значение с закрытыми глазами в 2 раза превышало значение с открытыми глазами для фазы «off» и в 1,5 раза для фазы «on». Данные изменения подтверждают описанные выше изменения коэффициента Ромберга и говорят о том, что пациенты с БП хуже поддерживают равновесие при выключении зрения. Похожие изменения были выявлены и другими исследователями [26] и подтверждают факт ухудшения функции равновесия у пациентов со 2–3-й стадией БП с закрытыми глазами, однако в этих работах не была отмечена фаза, в которой было проведено стабилометрическое исследование. Полученные данные оказались сопоставимы с результатами ранее опубликованных исследований, сравнивающих разные формы БП и показывающих аналогичные изменения площади статокинезиограммы и скорости перемещения центра давления у пациентов с акинетико-ригидной формой заболевания [27].

Сравнение в разных фазах показало, что значение в фазе «off» было в 2 раза меньше, чем в фазе «on», как с открытыми, так и с закрытыми глазами (с учётом изменений для закрытых и открытых глаз). Полученные изменения, вероятнее всего, связаны с повышением общей ригидности пациентов в фазе «off» в связи с окончанием действия принятой дозы леводопы, за счёт чего пациенты оказываются подвержены меньшему смещению при поддержании вертикальной позы. Как было показано ранее, у пациентов, получающих противопаркинсоническую терапию, наблюдается некоторое увеличение показателя площади статокинезиграммы с закрытыми глазами в сравнении с пациентами, не получающими лечения [28], что в целом сопоставимо с полученными нами данными. Однако в упомянутой работе нарушения равновесия были менее выраженными, что может быть связано с оценкой пациентов с более лёгкой степенью тяжести БП. Таким образом, данный интегральный показатель (площадь статокинезиграммы) может служить значимым маркером нарушений статической функции равновесия у пациентов с БП даже на ранних стадиях заболевания, особенно в фазе «on». В свою очередь, использование этого показателя как ведущего маркера при стабилометрическом исследовании в фазе «off» может приводить к неверной трактовке, особенно при лёгких нарушениях функции равновесия, так как его значение статистически значимо меньше значения, получаемого в фазе «on», что и было показано в нашей работе. Данные большей скованности, за счёт которой, вероятнее всего, наблюдется меньшее значение площади статокинеизиграммы у пациентов в фазе «off», подтверждаются полученным в настоящем исследовании снижением общего показателя скорости перемещения ЦД как с открытыми, так и с закрытыми глазами.

Несмотря на то что полученные нами данные по классическим показателям статокинезиграммы, характеризующим нарушение функции статического равновесия, были хуже у пациентов в фазе «on», дальнейший анализ интегральных показателей позволил выявить механизмы, лежащие в основе нарушений равновесия и оказывающие влияние на повышение риска падений для фазы «off». Так, при анализе векторных показателей выявлено увеличение коэффициента резкого изменения направления движения, амплитуды вариации угловой скорости и накопленного угла смещения в фазе «off». Данные изменения позволяют охарактеризовать компенсаторные стратегии, используемые пациентами в фазе «off» для поддержания статического равновесия, как опасные с точки зрения риска падения. Пациенты в данной фазе удерживают равновесие в большей степени за счёт резких изменений направления движения ЦД с высокой угловой скоростью, что может негативно сказываться на динамическом равновесии (при перемене положения тела) и приводить к падению пациента в тех случаях, когда требуется изменение направления движения или перемена положения тела. Помимо этого, изменения векторных показателей, характеризующих резкие изменения направления движения ЦД, могут стать хорошим маркером нарушений равновесия в фазе «off», в отличие от классических стабилометрических показателей, которые в данной фазе гораздо больше приближены к нормативным значениям (а в ряде случаях соответствуют норме) в сравнении с фазой «on». Мы считаем, что именно данная группа интегральных показателей может эффективно использоваться для оценки качества равновесия и базовых компенсаторных стратегий, используемых пациентами с БП на фоне проводимого лечения. В изученных источниках литературы мы не встречали анализа подобных показателей при БП.

Полученные нами данные по выявленным компенсаторным реакциям, характеризующим нарушения равновесия в фазе «off», подтверждаются также проведённым дополнительно анализом спектральной части статокинезиграммы. Выявлен сдвиг амплитуд спектра в сторону низкочастотных колебаний, которые используются организмом как компенсаторные реакции для поддержания устойчивости в вертикальном положении. В свою очередь, наблюдаемое в фазе «on» преобладание высокочастотных колебаний, характеризующее физиологические процессы в организме, в литературе связывается с повышенным риском падений у пациентов с БП [13].

С одной стороны, полученные нами результаты показывают, что в фазе «on» у пациентов более выраженно нарушена функция равновесия, особенно с закрытыми глазами, что может быть связано с увеличением риска падений за счёт снижения общей ригидности и, как следствие, ухудшением постуральных функций. С другой стороны, несмотря на «кажущуюся» бóльшую устойчивость пациентов в фазе «off», наличие грубых компенсаторных реакций, характеризующих более резкие движения ЦД

для поддержания устойчивости, также способствует увеличению риска падений у пациентов с БП. Именно эти реакции могут обусловливать увеличение числа падений пациентов с БП в утренние и ночные часы, когда пациент в силу отсутствия действия препаратов не может более свободно использовать физиологические стратегии поддержания функции равновесия.

## Заключение

Постуральная неустойчивость является серьёзным симптомом БП, который впоследствии может приводить к увеличению числа падений и связанных с ними тяжёлых, а зачастую инвалидизирующих последствий. Полученные данные показали, что, несмотря на наличие клинически лёгких нарушений равновесия по шкале баланса Берг, по данным стабилометрического исследования у пациентов наблюдаются достаточно выраженные нарушения статического равновесия. Изучение интегральных показателей стабилограммы в фазах «on» и «off» позволило выявить основные механизмы, лежащие в основе стратегии поддержания равновесия в вертикальной позе для данных фаз, а также определить базовые группы интегральных показателей стабилометрии, отражающих нарушение равновесия: увеличение площади статокинезиграммы и скоростных показателей перемещения ЦД, а также их зависимость от зрительного контроля.

Таким образом, у пациентов с БП в фазах «on» и «off» наблюдаются выраженные нарушения равновесия при поддержании вертикальной позы, однако компенсаторные стратегии, используемые пациентами в данных фазах, различаются. Именно поэтому при проведении клинических или реабилитационных исследований по коррекции постуральных нарушений у данной категории больных стабилометрическое исследование необходимо проводить в обе фазы.

Применение интегральных показателей стабилометрии служит для оценки функции равновесия и определения стратегий поддержания равновесия у пациентов с БП. Они также полезны для дальнейших разработок цифровизированных технологий анализа равновесия с применением искусственного интеллекта, которые позволят автоматизировать и упростить скрининг населения и внедрение мер по профилактике падений.

**Ограничения исследования.** В настоящее исследование были включены пациенты с лекарственными дискинезиями: выраженные дискинезии наблюдались в 8% исследований, умеренные – в 15%. При этом при математической обработке данных движения ЦД программным обеспечением использовались алгоритмы, позволяющие исключить резкие выбросы, возникающие при его движениях. Расчёт интегральных показателей осуществлялся с исключением резких движений ЦД.

## Список источников | References

1. Roytman S, Paalanen R, Griggs A, et al. Cholinergic system correlates of postural control changes in Parkinson's disease freezers. *Brain.* 2023;146(8):3243–3257. doi: 10.1093/brain/awad134
2. Stuart S, Vitório R, Morris R, et al. Cortical activity during walking and balance tasks in older adults and in people with Parkinson's disease: a structured review. *Maturitas.* 2018;113:53–72. doi: 10.1016/j.maturitas.2018.04.011
3. Карпова Е.А. Постуральные нарушения при болезни Паркинсона (клинико-стабилометрический анализ): дис. ... канд. мед. наук. М., 2003.
   Karpova EA. Postural disorders in Parkinson's disease (clinical and stabilometric analysis) [dissertation]. Moscow; 2003. (In Russ.)
4. Bloem BR, Grimbergen YA, Cramer M, et al. Prospective assessment of falls in Parkinson's disease. *J Neurol.* 2001;248(11):950–958. doi: 10.1007/s004150170047
5. Opara J, Błaszczyk J, Dyszkiewicz A. Prevention of falls in Parkinson disease. *Med Rehabil* 2005;9(1):25–28.
6. Bartolić A, Pirtosek Z, Rozman J, Ribaric S. Postural stability of Parkinson's disease patients is improved by decreasing rigidity. *Eur J Neurol.* 2005;12(2):156–159. doi: 10.1111/j.1468-1331.2004.00942.x
7. Nardone A, Godi M, Grasso M, et al. Stabilometry is a predictor of gait performance in chronic hemiparetic stroke patients. *Gait Posture.* 2009;30(1):5–10. doi: 10.1016/j.gaitpost.2009.02.006
8. Хижникова А.Е., Клочков А.С., Фукс А.А. и др. Влияние тренировок в виртуальной реальности на психофизиологические и постуральные нарушения у пожилых. *Вестник РГМУ*. 2021;(6):49–57. Khizhnikova AE, Klochkov AS, Fuks AA, et al. Effects of virtual reality exergame on psychophysiological and postural disorders in elderly patients. *Vestnik RGMU*. 2021;(6):49–57. doi: 10.24075/vrgmu.2021.058
9. Terekhov Y. Stabilometry as a diagnostic tool in clinical medicine. *Can Med Assoc J.* 1976;115(7):631–633.
10. Nagymáté G, Orlovits Z, Kiss RM. Reliability analysis of a sensitive and independent stabilometry parameter set. *PLoS One.* 2018;13(4):e0195995. doi: 10.1371/journal.pone.0195995
11. Доценко В.И., Усачев В.И., Морозова С.В., Скедина М.А. Современные алгоритмы стабилометрической диагностики постуральных нарушений в клинической практике. *Медицинский совет.* 2017;(8):116–122.
    Dotsenko VI, Usachev VI, Morozova SV, Skedina MA. Modern algorithms of postural disturbances in clinical practice. *Medical Council.* 2017;(8):116–122. doi: 10.21518/2079-701X-2017-8-116-122
12. Скворцов Д.В. Стабилометрическое исследование: краткое руководство. М.; 2010.
    Skvorcov DV. Stabilometric research: a quick guide. Moscow; 2010. (In Russ.)
13. Карпова Е.А., Иванова-Смоленская И.А., Черникова Л.А. и др. Клинико-стабилометрический анализ постуральных нарушений при болезни Паркинсона. *Журнал неврологии и психиатрии им. С.С. Корсакова.* 2004;(1):20–23.
    Karpova EA, Ivanova-Smolenskaya IA, Chernikova LA, et al. Clinical and stabilometric analysis of postural instability in parkinson's disease. *Zh Nevrol Psikhiatr Im S S Korsakova.* 2004;(1):20–23.
14. Третьякова Н.А. Компьютерная стабилометрия в диагностике постуральных нарушений при болезни Паркинсона: автореферат дис. ... канд. мед. наук. Саратов; 2012.
    Tret'yakova NA. Computer stabilometry in the diagnosis of postural disorders in Parkinson's disease. Saratov; 2012. (In Russ.)
15. Чигалейчик Л.А., Тесленко Е.Л., Карабанов А.В. и др. Стабилометрическое исследование пробы Ромберга у пациентов с ранними проявлениями болезни Паркинсона. *Асимметрия.* 2020;14(4):16–25.
    Chigaleychik LA, Teslenko EL, Karabanov AV, et al. Stabilometric study of romberg test in patients with early stages of parkinson's disease. *Asimmetriya.* 2020;14(4):16–25. doi: 10.25692/ASY.2020.14.4.002
16. Gimenez FV, Ripka WL, Maldaner M, Stadnik AMW. Stabilometric analysis of Parkinson's disease patients. *Annu Int Conf IEEE Eng Med Biol Soc.* 2021;2021:1341–1344. doi: 10.1109/EMBC46164.2021.9629598
17. Sebastia-Amat S, Tortosa-Martínez J, Pueo B. The Use of the static posturography to assess balance performance in a Parkinson's disease population. *Int J Environ Res Public Health.* 2023;20(2):981. doi: 10.3390/ijerph20020981
18. Postuma RB, Berg D, Stern M. et al. MDS clinical diagnostic criteria for Parkinson's disease. *Mov Disord.* 2015;30(12):1591–1601. doi: 10.1002/mds.26424

19. Супонева Н.А., Юсупова Д.Г., Зимин А.А. и др. Валидация Шкалы баланса Берг в России. *Неврология, нейропсихиатрия, психосоматика.* 2021;13(3):12–18.
Suponeva NA, Yusupova DG, Zimin AA, et al. Validation of a Russian version of the Berg Balance Scale. *Neurology, Neuropsychiatry, Psychosomatics.* 2021;13(3):12–18. doi: 10.14412/2074-2711-2021-3-12-18
20. Мезенчук А.И., Кубряк О.В. Проба Ромберга: от ходьбы в темноте до тестов на стабилоплатформе. *Альманах клинической медицины.* 2022;50(5):335–347.
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(5):335–347. doi: 10.18786/2072-0505-2022-50-040
21. Palakurthi B, Burugupally SP. Postural instability in Parkinson's disease: a review. *Brain Sci.* 2019;9(9):239. doi: 10.3390/brainsci9090239
22. Lahr J, Pereira MP, Pelicioni PH, et al. Parkinson's disease patients with dominant hemibody affected by the disease rely more on vision to maintain upright postural control. *Percept Mot Skills.* 2015;121(3):923–934. doi: 10.2466/15.PMS.121c26x0
23. Adamovich SV, Berkinblit MB, Hening W, et al. The interaction of visual and proprioceptive inputs in pointing to actual and remembered targets in Parkinson's disease. *Neuroscience.* 2001;104(4):1027–1041. doi: 10.1016/s0306-4522(01)00099-9
24. Paolucci T, Iosa M, Morone G, et al. Romberg ratio coefficient in quiet stance and postural control in Parkinson's disease. *Neurol Sci.* 2018;39(8):1355–1360. doi: 10.1007/s10072-018-3423-1
25. Nardone A, Schieppati M. Balance in Parkinson's disease under static and dynamic conditions. *Mov Disord.* 2006;21(9):1515–1520. doi: 10.1002/mds.21015
26. Sebastia-Amat S, Tortosa-Martínez J, Pueo B. The use of the static posturography to assess balance performance in a Parkinson's disease population. *Int J Environ Res Public Health.* 2023; 20(2):981. doi: 10.3390/ijerph20020981
27. Третьякова Н.А., Повереннова И.Е. Состояние постуральных функций при болезни Паркинсона по данным компьютерной стабилометрии. *Саратовский научно-медицинский журнал.* 2011;7(4):874–879.
Tretiakova NA, Poverennova IE. Computer stabilometer data on state of postural functions in patients with Parkinson's disease. *Saratov Journal of Medical Scientific Research.* 2011;7(4):874–879.
28. Потрясова А.Н., Базиян Б.Х., Илларионшкин С.Н. Комплексная оценка постуральной неустойчивости у пациентов с ранними стадиями болезни Паркинсона. *Нервные болезни.* 2018;(2):12–16.
Potryasova AN, Baziyan BH, Illarioshkin SN. Complex assessment of postural instability in patients with early-stage Parkinson's disease. *Nervnye bolezni.* 2018; 2:12–16. doi: 10.24411/2226-0757-2018-12017

## Информация об авторах

*Слотина Анастасия Евгеньевна* – канд. мед. наук, н. с., врач-невролог, врач физической и реабилитационной медицины Института нейрореабилитации и восстановительных технологий Российского центра неврологии и нейронаук, Москва, Россия, https://orcid.org/0000-0003-1395-6645
*Иконникова Екатерина Сергеевна* – м. н. с. Института нейрореабилитации и восстановительных технологий Российского центра неврологии и нейронаук, Москва, Россия, https://orcid.org/0000-0001-6836-4386
*Коцоев Георгий Александрович* – врач-невролог 5-го неврологического отделения с молекулярно-генетической лабораторией Института клинической и профилактической неврологии Российского центра неврологии и нейронаук, Москва, Россия, https://orcid.org/0009-0006-7417-1402
*Егунова Алена Сергеевна* – врач-ординатор Российского центра неврологии и нейронаук, Москва, Россия, https://orcid.org/0009-0000-8166-7103
*Панина Ульяна Валерьевна* – врач-ординатор Российского центра неврологии и нейронаук, Москва, Россия, https://orcid.org/0009-0003-0970-7934
*Федотова Екатерина Юрьевна* – д-р мед. наук, в. н. с., руководитель 5-го неврологического отделения с молекулярно-генетической лабораторией Института клинической и профилактической неврологии Российского центра неврологии и нейронаук, Москва, Россия, https://orcid.org/0000-0001-8070-7644
*Гнедовская Елена Владимировна* – д-р мед. наук, член-корреспондент РАН, в. н. с., заместитель директора по научной и научно-организационной работе, директор Института медицинского образования и профессионального развития Российского центра неврологии и нейронаук, Москва, Россия, https://orcid.org/0000-0001-6026-3388
*Супонева Наталья Александровна* – д-р мед. наук, член-корреспондент РАН, директор Института нейрореабилитации и восстановительных технологий Российского центра неврологии и нейронаук, Москва, Россия, https://orcid.org/0000-0003-3956-6362

**Вклад авторов:** *Слотина А.Е.* – обработка и статистический анализ данных, написание текста рукописи, редактирование и доработка печатной версии; *Иконникова Е.С.* – написание текста рукописи, обработка данных; *Коцоев Г.А.* – набор материала и проведение исследования, осмотр пациентов, написание текста рукописи; *Егунова А.С., Панина У.В.* – редактирование текста рукописи и подготовка печатной версии; *Федотова Е.Ю., Супонева Н.А.* – руководство исследованием, написание и рецензирование текста рукописи; *Гнедовская Е.В.* – рецензирование и подготовка печатной версии.

## Information about the authors

*Anastasiya E. Slotina* – Cand. Sci. (Med.), researcher, neurologist, PRM doctor, Institute of Neurorehabilitation and Recovery Technologies, Russian Center of Neurology and Neurosciences, Moscow, Russia, https://orcid.org/0000-0003-1395-6645
*Ekaterina S. Ikonnikova* – researcher, Institute of Neurorehabilitation and Recovery Technologies, Russian Center of Neurology and Neurosciences Moscow, Russia, https://orcid.org/0000-0001-6836-4386
*Georgii A. Kotsoev* – neurologist, 5th Neurological department with a molecular genetic laboratory, Institute of Clinical and Preventive Neurology, Russian Center of Neurology and Neurosciences Moscow, Russia, https://orcid.org/0009-0006-7417-1402
*Alena S. Egunova* – resident, Russian Center of Neurology and Neurosciences, Moscow, Russia, https://orcid.org/0009-0000-8166-7103
*Uliana V. Panina* – resident, Russian Center of Neurology and Neurosciences, Moscow, Russia, https://orcid.org/0009-0003-0970-7934
*Ekaterina Yu. Fedotova* – Dr. Sci. (Med.), leading researcher, Head, 5th Neurological department with a molecular genetic laboratory, Institute of Clinical and Preventive Neurology, Russian Center of Neurology and Neurosciences Moscow, Russia, https://orcid.org/0000-0001-8070-7644
*Elena V. Gnedovskaya* – Dr. Sci. (Med.), Corresponding Member of RAS, leading researcher, Deputy Director for research and scientific-organizational work, Head of Institute of Medical Education and Professional Development, Russian Center of Neurology and Neurosciences, Moscow, Russia, https://orcid.org/0000-0001-6026-3388
*Natalia A. Suponeva* – Dr. Sci. (Med.), Corresponding Member of RAS, Director, Institute of Neurorehabilitation and Recovery Technologies, Russian Center of Neurology and Neurosciences, Moscow, Russia, https://orcid.org/0000-0003-3956-6362

**Authors' contribution:** *Slotina A.E.* – processing and statistical analysis of data, writing the article, editing and finalizing the printed version; *Ikonnikova E.S.* – writing the article, data processing; *Kotsoev G.A.* – collection of material and conducting of research, examination of patients, writing of article; *Egunova A.S., Panina U.V.* – editing the article and preparing the printed version; *Fedotova E.Yu., Suponeva N.A.* – research supervision, writing and reviewing of article; *Gnedovskaya E.V.* – reviewing and preparing the printed version.