

УДК 616-009.17
<https://doi.org/10.17816/MAJ26249>

ДИАГНОСТИЧЕСКИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ПОСТУРОЛОГИЧЕСКИХ МЕТОДОВ ПРИ ЭКСТРАПИРАМИДНЫХ ЗАБОЛЕВАНИЯХ

А.В. Кудреватых^{1,2}, И.В. Милыхина^{1,2,3}

¹ Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Институт экспериментальной медицины», Санкт-Петербург;

² Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Первый Санкт-Петербургский государственный медицинский университет им. акад. И.П. Павлова» Министерства здравоохранения Российской Федерации, Санкт-Петербург;

³ Федеральное государственное бюджетное учреждение «Петербургский институт ядерной физики им. Б.П. Константинова» Национального исследовательского центра «Курчатовский институт», Санкт-Петербург

Для цитирования: Кудреватых А.В., Милыхина И.В. Диагностические возможности постурологических методов при экстрапирамидных заболеваниях // Медицинский академический журнал. — 2020. — Т. 20. — № 1. — С. 45–50. <https://doi.org/10.17816/MAJ26249>

Поступила: 22.01.2020

Одобрена: 27.02.2020

Принята: 02.03.2020

Поза — это положение тела в пространстве. С помощью позы поддерживается равновесие тела в статических и динамических условиях. Баланс тела обусловлен сложной системой регуляции. Областью знаний, изучающей процессы поддержания баланса, является постурология. Более 20 лет стабилметрия, как метод диагностики постурального баланса, широко используется в клинической практике. Данный метод применяют у пациентов с патологиями центральной и периферической нервной системы. В обзоре отражены современные представления о формировании позы и механизмах поддержания постурального баланса, а также диагностических возможностях стабилметрии у пациентов с заболеваниями экстрапирамидной системы.

Ключевые слова: постурология; поза; постуральный баланс; стабилметрия; болезнь Паркинсона; эссенциальный тремор; нейродегенеративные заболевания.

DIAGNOSTIC CAPABILITIES OF POSTUROLOGICAL METHODS IN EXTRAPYRAMIDAL DISORDERS

A.V. Kudrevatykh^{1,2}, I.V. Milyukhina^{1,2,3}

¹ Institute of Experimental Medicine, Saint Petersburg, Russia;

² Pavlov First Saint Petersburg State Medical University, Saint Petersburg, Russia;

³ Petersburg Nuclear Physics Institute, Saint Petersburg, Russia

For citation: Kudrevatykh AV, Milyukhina IV. Diagnostic capabilities of posturological methods in extrapyramidal disorders. *Medical Academic Journal*. 2020;20(1):45-50. <https://doi.org/10.17816/MAJ26249>

Received: January 22, 2020

Revised: February 27, 2020

Accepted: March 3, 2020

The posture is the position of the body in space, the ultimate goal of which is to maintain balance in static and dynamic conditions. The balance of the body is due to a complex system of regulation. The field of knowledge that studies balance maintenance processes is posturology. For over 20 years, stabilometry as a method of diagnosing postural balance has been widely used in clinical practice. This method has found its application in patients with pathologies of central and peripheral nervous systems. In this review we present modern concepts of postural balance formation and mechanisms of postural balance maintenance, as well as diagnostic capabilities of stabilometry in patients with diseases of extrapyramidal system.

Keywords: posturology; postural balance; stabilometry; Parkinson's disease; essential tremor; neurodegenerative disorders.

Postura переводится с латинского языка как поза. Поза — это положение тела в пространстве [1]. Субъект принимает наиболее энергетически выгодную для организма позу для обеспечения мобильности и в конечном счете для поддержания равновесия (баланса) в статических и динамических условиях [1, 2]. Баланс тела обусловлен сложной системой регуляции. Условно уровни регуляции можно разделить

на центральные (основные) и периферические (вторичные). К центральным относятся органы вестибулярного аппарата, мозжечок, кора головного мозга и ретикулярная формация, к периферическим — экстерорецепторы стопы, проприорецепторы сухожилий, суставных капсул и мышц, а также зрительные рецепторы [3]. Схематично процесс формирования позы и контроля постурального баланса можно

Список сокращений

БП — болезнь Паркинсона; МСА — мультисистемная атрофия; ЭТ — эссенциальный тремор.

представить следующим образом. Первым звеном биомеханики данного процесса является сенсорная система (рецепторы сетчатки, кожи стоп, вестибулярные рецепторы, сухожильные рецепторы Гольджи и мышечные веретена), которая собирает информацию об окружающей среде [1, 4]. Собранный информация поступает в мозжечок, кору и ствол мозга, проходя процессы обработки и формируя представление о положении тела в пространстве. Затем через мотонейроны спинного мозга информация доходит до мышц, сокращение которых изменяет взаиморасположение суставов, в результате чего происходит поддержание позы и баланса [1, 3]. Таким образом, постоянный круговой контроль от афферентной системы к эфферентной через центральную нервную систему к органу-исполнителю (мышца) определен как постуральная система [5]. Непрерывная работа постуральной системы приводит к постоянным «тонким» мышечным сокращениям, которые регулируют работу суставов, в результате чего формируются мелкоамплитудные отклонения оси центра масс от опорной зоны — постуральные колебания [6], поддерживающие постуральный баланс.

Постуральный баланс — это вертикальная проекция оси тела (центра масс) на опорную зону [7]. Баланс может быть статическим и динамическим. Вытягивание позвоночного столба вверх от основания крестца с тремя физиологическими искривлениями определяет статический тип баланса. Динамический тип, в свою очередь, поддерживает стабильное состояние во время различных движений [1]. Основной определяющей величиной координации позы и движения является центр давления. Центр давления — это среднее значение всех давлений на поверхность стопы [8]. При обоих типах баланса центр давления поддерживается в соответствии с анатомическими структурами, но с минимальным потреблением энергии, распределяя вес тела по всему опорно-двигательному аппарату [5].

Постурология — область знаний о количественной оценке функциональных взаимоотношений между позой, балансом и гравитацией [9]. Постурология, как способ изучения позы, объединяет несколько моделей: нейрофизиологическую, биомеханическую и психосоматическую. Методом оценки постурологических показателей является постурография, также используют термины «стабилометрия» и «стабилография».

Стабилометрия в неврологии

Стабилометрия — аппарат оценки нарушений баланса, основанный на преобразовании механических колебаний физиологического

гравитационного поля человека в электрические сигналы, которые усиливаются, регистрируются и анализируются [9].

Более 20 лет стабилометрию широко используют в клинической практике. Данный метод нашел свое применение и у пациентов с патологиями центральной и периферической нервной системы. В оценке постурального баланса более других нуждаются пациенты с прогрессирующими заболеваниями нервной системы, в клиническую картину которых входит синдром постуральных нарушений. Все патологии экстрапирамидной системы и нейродегенеративные заболевания протекают в сочетании с постуральной дисфункцией, приводящей к тяжелой инвалидизации в связи с высоким риском падений.

В связи со сложностью дифференциальной диагностики заболеваний, сопровождающихся синдромом паркинсонизма, ученые продолжают поиск маркеров, с помощью которых будет возможна более точная диагностика уже на ранних стадиях заболевания. Стабилометрия, так же как и компьютерная томография, магнитно-резонансная томография, электроэнцефалография, электронейромиография и другие методы, относится к числу вспомогательных методов исследования. В 2018 г. впервые проведено стабилометрическое обследование пациентов с предманифестной стадией болезни Гентингтона. Результаты данного исследования продемонстрировали, что у пациентов с манифестной болезнью Гентингтона показатели стабиллограммы были хуже, чем у пациентов с предманифестными стадиями болезни и пациентами контрольной группы, что не было неожиданностью. Однако и у пациентов в предманифестной стадии болезни Гентингтона стабилометрические показатели были значительно хуже, чем у здоровых лиц контрольной группы [10]. Кроме диагностики постуральных нарушений, а также оценки их выраженности, стабилометрию использовали для контроля качества лечения пациентов с болезнью Гентингтона. Так, с помощью стабилометрических тестов оценивали влияние препарата тетрабеназина на постуральную дисфункцию [11].

В 2000 г. был проведен сравнительный анализ стабилометрических показателей у пациентов с ранними стадиями болезни Паркинсона (БП) и прогрессирующим надъядерным параличом. У пациентов с прогрессирующим надъядерным параличом площадь и время колебаний центра давления были увеличены по сравнению с пациентами с БП и контрольной группой. Стабилометрия характеризуется стопроцентной чувствительностью и специфичностью для дифференциации данных патологий [12].

Оценка постурального баланса с помощью стабиллометрии была проведена и в ряде исследований у пациентов с болезнью Альцгеймера. В результате исследования 2019 г. была продемонстрирована значительная разница таких стабиллометрических показателей, как общая скорость колебаний центра давления, медиально-латеральная и переднезадняя площадь колебаний центра давления, между пациентами с болезнью Альцгеймера и пациентами контрольной группы. Кроме того, авторы из всех показателей стабиллограммы особо выделили общую скорость колебаний центра давления с закрытыми глазами, как наиболее чувствительный параметр, и предложили его рассмотреть в качестве потенциального биомаркера моторных нарушений у пациентов с деменцией [13]. В более раннем исследовании 2014 г. также была отмечена связь между скоростью колебаний центра давления и когнитивными нарушениями. Данный стабиллометрический показатель было предложено использовать как основной для оценки постуральных расстройств у пациентов с когнитивными нарушениями, в том числе и с болезнью Альцгеймера [14]. Однако существуют данные, что наиболее чувствительный параметр у пациентов с болезнью Альцгеймера — это переднезаднее колебание центра давления [15].

Еще одним нейродегенеративным заболеванием, привлекающим исследователей в связи с относительно высокой встречаемостью и тяжестью проявлений, является мультисистемная атрофия (МСА). При проведении стабиллометрического обследования у больных МСА была выявлена разница в постуральном балансе между двумя подтипами МСА: паркинсоническим (МСА тип Р) и мозжечковым (МСА тип С). Анализ полученных данных позволил авторам предположить, что у пациентов с МСА типа С постуральные нарушения более выражены, чем у пациентов с МСА типа Р. Кроме того, было отмечено, что наибольший вклад в изменения стабиллометрических показателей вносило наличие постурального тремора, характерного в большей степени для пациентов с МСА типа С [16].

Эссенциальный тремор (ЭТ) — одно из самых распространенных заболеваний экстрапирамидной системы [17]. Кроме того, в настоящее время существует гипотеза, что ЭТ является нейродегенеративным заболеванием [18]. В литературе исследования с использованием стабиллометрии у пациентов с ЭТ встречаются чаще, чем при вышеописанных патологиях. Вероятно, это связано с повышенным интересом к недавно обнаруженному синдрому постуральных расстройств у пациентов с данной нозологией.

Сведения относительно постурального баланса у пациентов с ЭТ противоречивы. В одном из ранних исследований было продемонстрировано, что значения такого стабиллометрического показателя, как общий путь центра давления, были значительно ниже у пациентов с ЭТ, чем у пациентов контрольной группы. При этом на этот показатель влияли когнитивные нарушения. Однако по стабиллометрическому показателю «центр давления» различий между группами выявлено не было [19]. В исследованиях, проведенных позже, были обнаружены выраженная постуральная неустойчивость у пациентов с ЭТ и значительная разница стабиллометрических показателей между пациентами с ЭТ и пациентами контрольной группы. Интересно, что выраженность постуральных нарушений не зависела от возраста пациентов и длительности течения ЭТ, как можно было предположить [20, 21]. Следует отметить, что авторы всех представленных исследований в качестве недостатка исследования называют малое количество выборки. Отечественными авторами С. Васичкиным и О. Левиным также было проведено стабиллометрическое обследование пациентов с ЭТ. Полученные ими результаты не противоречат данным зарубежных коллег: показано увеличение значений основных стабиллометрических показателей у пациентов с ЭТ в сравнении с контролем. Кроме того, выявлена зависимость постуральных показателей у пациентов с ЭТ от выраженности постурального и кинетического тремора верхних конечностей [22]. Описанное наблюдение согласуется с данными, полученными при обследовании пациентов с МСА, о влиянии постурального тремора на постуральный баланс [16]. При этом в исследовании пациентов с ЭТ, проведенном в 2006 г., описано влияние на постуральные показатели только тремора головы [19].

Наиболее широкое применение среди всех нейродегенеративных и экстрапирамидных заболеваний стабиллометрия получила у пациентов с БП. С учетом накопленных данных данный вид исследования рассматривают как основной эффективный метод раннего выявления постуральной нестабильности у пациентов с БП [23]. Несмотря на многочисленное количество исследований в данной области, результаты разных авторов противоречивы. Некоторые авторы указывают на недостаток своих исследований в виде немногочисленности обследуемых групп и отсутствия деления пациентов в зависимости от стадии и формы БП. Так, максимальное количество пациентов с БП, вошедших в исследования постурального баланса, составляет 58 [24], а минимальное — 6 [25].

В большинстве исследований у пациентов с БП зарегистрированы более высокие значения показателей стабиллограммы (площадь колебаний центра давления, общий передне-задний и медиально-латеральный путь центра давления, средняя скорость колебаний, амплитуда колебаний центра давления), чем у пациентов контрольной группы [26–30], в других работах различия между данными показателями отсутствовали [31–33] или их значения были меньше [34, 35]. Исследование пациентов с ранними стадиями БП (I–II по шкале Хен – Яра) продемонстрировало, что уже на ранних стадиях заболевания формируется поструральная нестабильность. Более того, стабиллография чувствительна к данным изменениям в отличие от клинических методов диагностики [36–38]. Стабиллометрическое обследование пациентов с БП легло в основу предположения и подтверждения влияния когнитивных и простых моторных задач на поструральную нестабильность. Многие исследователи сообщили об увеличении значений показателей стабиллограммы в условиях наличия дополнительных когнитивных задач у пациентов с БП [36, 39].

Таким образом, стабиллометрия является чувствительным и надежным методом диагностики поструральных изменений у пациентов с нейродегенеративными заболеваниями и патологиями экстрапирамидной системы. Однако, несмотря на достаточно широкое использование данного метода, не разработаны основные принципы и подходы к использованию и интерпретации данных в связи с противоречивыми результатами. На сегодняшний день опубликованы данные всего нескольких исследований, посвященных оценке поструральной нестабильности на ранних стадиях БП и других заболеваний, с которыми следует проводить дифференциальную диагностику при подозрении на БП. Большинство авторов оценивают поструральный контроль во всех группах пациентов с БП без разделения на стадии и формы, что негативно влияет на интерпретацию результатов и дает противоречивую информацию о поструральном контроле. Существует явная необходимость в дальнейших исследованиях в данной области с расширением количества обследуемых пациентов и детальным анализом результатов с учетом фенотипических особенностей близких по клиническим проявлениям нозологий.

Литература

- Carini F, Mazzola M, Fici C, et al. Posture and posturology, anatomical and physiological profiles: overview and current state of art. *Acta Biomed.* 2017;88(1):11-16. <https://doi.org/10.23750/abm.v88i1.5309>.
- Scoppa F. Posturology: the neurophysiological model, the biomechanical model, the model psychosomatic. *Otoneurologia.* 2002;9:3-13.
- Barker V. Postura, Posizione e Movimento. Rome: Mediterranee;1998.
- Oravitan M. Posturology-fundamental concepts and practical applications. *Analele UVT-Seria EFS.* 2009;11:61-69.
- Гаже П.М., Вебер Б. Постурология. Регуляция и нарушения равновесия человека. – СПб.: СПбМАПО, 2008. [Posturologiya. Regulyatsiya i narusheniya ravnovesiya cheloveka. Saint Petersburg: SPbMAPO; 2008. (In Russ.)]
- Balasubramaniam R, Wing AM. The dynamics of standing balance. *Trends Cogn Sci.* 2002;6(12):531-536. [https://doi.org/10.1016/s1364-6613\(02\)02021-1](https://doi.org/10.1016/s1364-6613(02)02021-1).
- Barton JE, Roy A, Sorkin JD, et al. An engineering model of human balance control-part I: biomechanical model. *J Biomech Eng.* 2016;138(1). <https://doi.org/10.1115/1.4031486>.
- Winter DA. Human balance and posture control during standing and walking. *Gait Posture.* 1995;3(4):193-214. [https://doi.org/10.1016/0966-6362\(96\)82849-9](https://doi.org/10.1016/0966-6362(96)82849-9).
- Gori L, Firenzuoli F. Posturology. Methodological problems and scientific evidence. *Recenti Prog Med.* 2005;96(2):89-91.
- Reyes A, Salomonczyk D, Teo WP, et al. Computerised dynamic posturography in premanifest and manifest individuals with Huntington's Disease. *Sci Rep.* 2018;8(1):14615. <https://doi.org/10.1038/s41598-018-32924-y>.
- Fekete R, Davidson A, Ondo WG, Cohen HS. Effect of tetrabenazine on computerized dynamic posturography in Huntington disease patients. *Parkinsonism Relat Disord.* 2012;18(7):896-898. <https://doi.org/10.1016/j.parkreldis.2012.04.029>.
- Ondo W, Warrior D, Overby A, et al. Computerized posturography analysis of progressive supranuclear palsy: a case-control comparison with Parkinson's disease and healthy controls. *Arch Neurol.* 2000;57(10):1464-1469. <https://doi.org/10.1001/archneur.57.10.1464>.
- Sant'Anna P, Silva FO, Rodrigues A, et al. Posturographic analysis of older adults without dementia and patients with Alzheimer's disease: A cross-sectional study. *Dement Neuropsychol.* 2019;13(2):196-202. <https://doi.org/10.1590/1980-57642018dn13-020008>.
- Mignardot JB, Beauchet O, Annweiler C, et al. Postural sway, falls, and cognitive status: a cross-sectional study among older adults. *J Alzheimers Dis.* 2014;41(2):431-439. <https://doi.org/10.3233/JAD-132657>.
- Leandri M, Cammisuli S, Cammarata S, et al. Balance features in Alzheimer's disease and amnesic mild cognitive impairment. *J Alzheimers Dis.* 2009;16(1):113-120. <https://doi.org/10.3233/JAD-2009-0928>.
- Li X, Wang Y, Wang Z, et al. 3-Hz postural tremor in multiple system atrophy cerebellar type (MSA-C)-a static posturography study. *Neurol Sci.* 2018;39(1):71-77. <https://doi.org/10.1007/s10072-017-3130-3>.
- Шток В.Н., Левин О.С., Федорова Н.В. Руководство для врачей: экстрапирамидные расстройства. Классификация, терминология, диагностика, лечение. – М.: Медицинское информационное агентство, 2002. [Shtok VN, Levin OS, Fedorova NV. Rukovodstvo dlya

- врачей: экстрапиримидные расстройства. Классификация, терминология, диагностика, лечение. Moscow: Meditsinskoe informatsionnoe aginstvo; 2002. (In Russ.)]
18. Benito-Leon J. Essential tremor: a neurodegenerative disease? *Tremor Other Hyperkinet Mov (N Y)*. 2014;4:252. <https://doi.org/10.7916/D8765CG0>.
 19. Bove M, Marinelli L, Avanzino L, et al. Posturographic analysis of balance control in patients with essential tremor. *Mov Disord*. 2006;21(2):192-198. <https://doi.org/10.1002/mds.20696>.
 20. Hoskovicova M, Ulmanova O, Sprdlik O, et al. Disorders of balance and gait in essential tremor are associated with mid-line tremor and age. *Cerebellum*. 2013;12(1):27-34. <https://doi.org/10.1007/s12311-012-0384-4>.
 21. Prasad S, Velayutham SG, Reddam VR, et al. Shaky and unsteady: Dynamic posturography in essential tremor. *J Neurol Sci*. 2018;385:12-16. <https://doi.org/10.1016/j.jns.2017.12.003>.
 22. Васичкин С.В., Левин О.С. Нарушения ходьбы и постуральной устойчивости у пациентов с эссенциальным тремором // Журнал неврологии и психиатрии им. С.С. Корсакова. – 2016. – Т. 116. – № 6-2. – С. 88–90. [Vasichkin SV, Levin OS. Gait disorders and postural instability in patients with an essential tremor. *Zh Nevrol Psikhiatr Im S S Korsakova*. 2016;116(6-2):88-90. (In Russ.)]. <https://doi.org/10.17116/jnevro20161166288-90>.
 23. Nardone A, Schieppati M. Balance in Parkinson's disease under static and dynamic conditions. *Mov Disord*. 2006;21(9):1515-1520. <https://doi.org/10.1002/mds.21015>.
 24. Adkin AL, Frank JS, Jog MS. Fear of falling and postural control in Parkinson's disease. *Mov Disord*. 2003;18(5):496-502. <https://doi.org/10.1002/mds.10396>.
 25. Schmit JM, Riley MA, Dalvi A, et al. Deterministic center of pressure patterns characterize postural instability in Parkinson's disease. *Exp Brain Res*. 2006;168(3):357-367. <https://doi.org/10.1007/s00221-005-0094-y>.
 26. Fukunaga JY, Quitschal RM, Dona F, et al. Postural control in Parkinson's disease. *Braz J Otorhinolaryngol*. 2014;80(6):508-514. <https://doi.org/10.1016/j.bjorl.2014.05.032>.
 27. Oude Nijhuis LB, Allum JH, Nanhoe-Mahabier W, Bloem BR. Influence of perturbation velocity on balance control in Parkinson's disease. *PLoS One*. 2014;9(1):e86650. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0086650>.
 28. Ickenstein GW, Ambach H, Kloditz A, et al. Static posturography in aging and Parkinson's disease. *Front Aging Neurosci*. 2012;4:20. <https://doi.org/10.3389/fnagi.2012.00020>.
 29. Blaszczyk JW, Orawiec R, Duda-Klodowska D, Opala G. Assessment of postural instability in patients with Parkinson's disease. *Exp Brain Res*. 2007;183(1):107-114. <https://doi.org/10.1007/s00221-007-1024-y>.
 30. Stylianou AP, McVey MA, Lyons KE, et al. Postural sway in patients with mild to moderate Parkinson's disease. *Int J Neurosci*. 2011;121(11):614-621. <https://doi.org/10.3109/00207454.2011.602807>.
 31. Zawadka-Kunikowska M, Zalewski P, Klawe JJ, et al. Age-related changes in cognitive function and postural control in Parkinson's disease. *Aging Clin Exp Res*. 2014;26(5):505-510. <https://doi.org/10.1007/s40520-014-0209-z>.
 32. Ganesan M, Pal PK, Gupta A, Sathyaprabha TN. Dynamic posturography in evaluation of balance in patients of Parkinson's disease with normal pull test: concept of a diagonal pull test. *Parkinsonism Relat Disord*. 2010;16(9):595-599. <https://doi.org/10.1016/j.parkreldis.2010.08.005>.
 33. Johnson L, James I, Rodrigues J, et al. Clinical and posturographic correlates of falling in Parkinson's disease. *Mov Disord*. 2013;28(9):1250-1256. <https://doi.org/10.1002/mds.25449>.
 34. Ebersbach G, Baas H, Csoti I, et al. Scales in Parkinson's disease. *J Neurol*. 2006;253 Suppl 4:IV32-35. <https://doi.org/10.1007/s00415-006-4008-0>.
 35. Termoz N, Halliday SE, Winter DA, et al. The control of upright stance in young, elderly and persons with Parkinson's disease. *Gait Posture*. 2008;27(3):463-470. <https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2007.05.015>.
 36. Fernandes A, Coelho T, Vitoria A, et al. Standing balance in individuals with Parkinson's disease during single and dual-task conditions. *Gait Posture*. 2015;42(3):323-328. <https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2015.06.188>.
 37. Chastan N, Debono B, Maltete D, Weber J. Discordance between measured postural instability and absence of clinical symptoms in Parkinson's disease patients in the early stages of the disease. *Mov Disord*. 2008;23(3):366-372. <https://doi.org/10.1002/mds.21840>.
 38. Barbieri FA, Polastri PF, Baptista AM, et al. Effects of disease severity and medication state on postural control asymmetry during challenging postural tasks in individuals with Parkinson's disease. *Hum Mov Sci*. 2016;46:96-103. <https://doi.org/10.1016/j.humov.2015.12.009>.
 39. Ferrazzoli D, Fasano A, Maestri R, et al. Balance dysfunction in Parkinson's Disease: the role of posturography in developing a rehabilitation program. *Parkinsons Dis*. 2015;2015:520128. <https://doi.org/10.1155/2015/520128>.

Сведения об авторах / Information about the authors

Анастасия Владимировна Кудреватых — врач-невролог клиники ФГБНУ «Институт экспериментальной медицины», Санкт-Петербург; ассистент кафедры неврологии и мануальной медицины последипломного образования ФГБОУ ВО «Первый Санкт-Петербургский государственный медицинский университет им. акад. И.П. Павлова» Министерства здравоохранения Российской Федерации, Санкт-Петербург.

Anastasiya V. Kudrevatykh — MD, neurologist in Center for Neurodegenerative Diseases of Institute of Experimental Medicine Clinic, assistant of Department of Neurology and Manual Medicine, Faculty of Postgraduate education of Pavlov First Saint Petersburg State Medical University, Saint Petersburg, Russia.

Ирина Валентиновна Милухина — канд. мед. наук, врач-невролог, руководитель НКЦ нейродегенеративных заболеваний клиники ФГБНУ «Институт экспериментальной медицины»; научный сотрудник отдела Экологической физиологии ФГБНУ ИЭМ; старший научный сотрудник НИЦ ФГБОУ ВО «Первый Санкт-Петербургский государственный медицинский университет им. акад. И.П. Павлова» Министерства здравоохранения Российской Федерации; младший научный сотрудник ФГБУ «Петербургский институт ядерной физики им. Б.П. Константинова» Национального исследовательского центра «Курчатовский институт», Санкт-Петербург.

Irina V. Miliukhina — MD, PhD, neurologist, Head of the Center for Neurodegenerative Diseases of Institute of Experimental Medicine Clinic, Senior Researcher of Department of Ecological Physiology of IEM, Senior Researcher of Pavlov First Saint-Petersburg State Medical University, Junior Researcher of Petersburg Nuclear Physics Institute, Saint Petersburg, Russia.

✉ **Контактное лицо / Corresponding author**

Анастасия Владимировна Кудреватых / Anastasiya V. Kudrevatykh
E-mail: kudrevatykh91@mail.ru