

ДЕРЯБИНА Ирина Николаевна, младший научный сотрудник лаборатории нейрофизиологии и высшей нервной деятельности института медико-биологических исследований Северного (Арктического) федерального университета имени М.В. Ломоносова. Автор 12 научных публикаций

КЭРЭУШ Яна Владимировна, младший научный сотрудник лаборатории прикладной психофизиологии института медико-биологических исследований Северного (Арктического) федерального университета имени М.В. Ломоносова. Автор 26 научных публикаций

МОРОЗ Таисия Петровна, младший научный сотрудник научно-исследовательской лаборатории нейрофизиологии и высшей нервной деятельности института медико-биологических исследований Северного (Арктического) федерального университета имени М.В. Ломоносова. Автор 21 научной публикации

ДЕМИН Александр Викторович, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник научно-исследовательской лаборатории нейрофизиологии и высшей нервной деятельности института медико-биологических исследований Северного (Арктического) федерального университета имени М.В. Ломоносова. Автор 85 научных публикаций, в т. ч. одной монографии

НЕЙРОФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ЖЕНЩИН ПОЖИЛОГО ВОЗРАСТА С ПОСТУРАЛЬНОЙ НЕСТАБИЛЬНОСТЬЮ¹

Для поддержания вертикальной позы системе постурального контроля необходимо стабилизировать тело человека в условиях гравитации и обеспечивать сбалансированность центра тяжести в вертикальной проекции. Однако, несмотря на общепринятые принципы контроля поддержания вертикальной позы, до сих пор не изучены нейрофизиологические особенности системы постурального контроля при постуральной нестабильности. В данной работе представлены результаты исследования поведенческого реагирования и биоэлектрической активности головного мозга у 65 женщин пожилого возраста (55–74 лет) с различным уровнем постуральной устойчивости. Для комплексного анализа поведенческого реагирования в разной среде использовали тестовую компьютерную систему «Бинатест». Биоэлектрическую активность головного мозга регистрировали, используя 128-канальную систему «GES-300» со шлемом GSN. Для анализа использовали 16 стандартных отведений. По данным фоновой электроэнцефалограммы (ЭЭГ) были выявлены достоверно более низкие значения спектральной мощности по альфа- и бета-диапазонам в лобной области правого полушария у женщин с постуральной нестабильностью, а также более низкие показатели амплитуды колебаний бета-диапазона в переднелобных, лобных и центральных областях правого полушария. Анализ поведенческого реагирования у пожилых женщин с постуральной нестабильностью показал снижение скорости обработки информации, что привело к увеличению времени выбора ответа и времени поисковой активности, также были выявлены трудности в вероятностном прогнозировании

¹Исследование выполнено при финансовой поддержке правительства Архангельской области (конкурс «Молодые ученые Поморья») в рамках научного проекта № 08-2015-03а «Мозговые проявления синдрома падений у женщин пожилого возраста, проживающих на Европейском Севере России».

и изменении когнитивной стратегии реагирования. Данные, полученные в ходе исследования, позволяют говорить о наличии нарушений в системе постурального контроля у женщин основной группы, что, вероятно, является причиной их постуральной нестабильности.

Ключевые слова: *пожилой возраст, постуральная стабильность, биоэлектрическая активность мозга, поведенческое реагирование.*

Проблеме старения и сохранения здорового долголетия в современном научном мире уделяется большое внимание. В последние годы в области исследования двигательных нарушений в пожилом и старческом возрасте особое место занимают вопросы изучения постуральных нарушений, под которыми понимают нарушения способности удерживать равновесие при изменении положения тела или ходьбе.

По литературным данным, существуют 2 группы факторов риска падений: внешние и внутренние. К внешним факторам относятся окружающая среда (плохое освещение, скользкие и неровные полы и т. п.), характер обуви и одежды, а также некорректно подобранные вспомогательные средства передвижения. Внутренние факторы риска падений у людей пожилого и старческого возраста вызваны возрастными физиологическими изменениями, в первую очередь в системе, обеспечивающей постуральный контроль, включающей в себя согласованную работу опорно-двигательного, вестибулярного аппаратов, сенсорных систем, периферической и центральной нервной системы (ЦНС).

Дисфункции сенсорных систем (зрительной, слуховой, тактильной, вестибулярной) и патологические изменения в опорно-двигательной системе (дегенеративные заболевания позвоночника, костей и суставов, саркопения и т. д.) являются одними из основных причин нарушения постурального контроля в пожилом возрасте. Нарушения в когнитивной и эмоционально-волевой сферах также являются факторами риска падений у лиц пожилого и старческого возраста [1].

Для оценки устойчивости вертикальной позы широкое применение получил метод стабилотметрии, оценивающий функции равновесия в различных условиях, а также компенсаторные

возможности регуляторных механизмов системы равновесия и эффективность ее работы. Однако для целостной оценки функционального состояния компонентов ЦНС необходимы дополнительные методы диагностики [2, 3].

Для реализации нейрофизиологического подхода в изучении постурального баланса в качестве дополнительного метода определения исходного функционального состояния ЦНС используют метод исследования, направленный на комплексный анализ психофизиологических показателей поведенческого реагирования в различных средах. Преимущество тестовой компьютерной системы «Бинатест» перед другими заключается в том, что форма стимульного материала непосредственно связана с проявлениями фундаментальных механизмов ЦНС, к тому же возможна оценка изменения состояния нервной системы и ее функционирования на целостном поведенческом уровне [4].

Также одним из информативных методов изучения нейрофизиологических механизмов деятельности мозга человека является количественный анализ ЭЭГ, в частности спектральный анализ и анализ когерентности, отражающей меру функциональной связанности между областями коры головного мозга. Этот подход широко применяется в многочисленных исследованиях, направленных на изучение двигательной, когнитивной и эмоциональной деятельности человека в норме и при патологии головного мозга, и может являться перспективным для изучения нейрофизиологических механизмов системы постурального контроля [5].

Целью нашего исследования явилось изучение нейрофизиологических особенностей женщин пожилого возраста с постуральной нестабильностью.

Материалы и методы. В исследовании принимали участие 65 женщин пожилого возраста (55–74 лет), из них 28 чел. – группа женщин с постуральной нестабильностью, имевших два и более падений в течение года (основная группа), 37 чел. – группа женщин с постуральной стабильностью (контрольная группа). Средний возраст в каждой из групп составил 63 года.

Для регистрации биоэлектрической активности головного мозга использовали 128-канальную систему «GES-300» (США) со шлемом GSN. ЭЭГ регистрировали в состоянии спокойного бодрствования с закрытыми (3 мин) и открытыми (1 мин) глазами. Для анализа ЭЭГ применяли данные 16 стандартных отведений, выбранных в соответствии с международной схемой «10-20». Количественную оценку ритмической организации ЭЭГ осуществляли с помощью спектрального анализа. Подвергнутые компьютерной математической обработке данные были представлены в виде оценок абсолютной спектральной мощности частот (АСМ), Гц: дельта – 0,5-3,5; тета – 3,5-7; альфа-1 – 7-11; альфа-2 – 11-13,5; бета-1 – 13,5-16,5; бета-2 – 16,5-20.

Для изучения психофизиологических особенностей поведенческого реагирования у обеих групп использовалась тестовая компьютерная система «Бинатест», разработанная НИИ медицинского приборостроения ЗАО «ВНИИМП-ВИТА» РАМН (Москва). Исследование проводилось в режимах «Свободный выбор», «Вероятностный выбор» и «Управляемый выбор».

В режиме «Свободный выбор» оценивались закономерности последовательного выбора реакции, дающие информацию о стереотипности и вариативности принятия решения. Испытуемый должен многократно нажимать щупом на правую и левую кнопки в произвольном порядке, не проявляя определенной последовательности нажатия.

В режиме «Вероятностный выбор» изучалась эффективность усвоения статистической структуры заданной последовательности и на этой основе возможность осуществлять прогноз очередного стимула. В данном задании испытуемый старался угадать последовательность

появления световых сигналов на правой или левой кнопке. При этом сначала происходило нажатие на верную, по мнению испытуемого, кнопку, а затем программа информировала о том, какая кнопка была верной.

В режиме «Управляемый выбор» анализировались общая скорость и успешность реагирования, временные показатели оперативности принятия решения (мс), дифференциальные показатели зависимости допускаемых ошибок от предыдущих действий. В данном режиме деятельность испытуемого представляет собой максимально быстрое реагирование на предъявляемый стимул [4].

Исследование проводилось в стандартных условиях: в первой половине дня, при хорошем самочувствии обследуемых, со стандартизированной словесной инструкцией и предварительной демонстрацией задания по методике.

Полученные данные подвергнуты статистической обработке с применением пакета «Statistic» и пакета прикладных программ «SPSS 21.0 for Windows». Для каждого из исследуемого показателя проводилась оценка распределения признаков на нормальность с использованием критериев Шапиро-Уилка. Распределение показателей не соответствовало критериям нормальности, вследствие этого использовали U-критерий Манна-Уитни для двух независимых выборок. Для описательной статистики признаков использовали медиану (Me) и интервал значений от первого (Q1) до третьего (Q3) квартиля. Ввиду нормальности распределения показателей и равенства дисперсий изучаемого признака применяли также t-критерий Стьюдента, а для описательной статистики – среднее арифметическое и стандартное отклонения. Критический уровень значимости (p) при проверке статистических гипотез в исследовании принимался $\leq 0,05$.

Результаты и обсуждение. При изучении особенностей поведенческого реагирования в режиме «Свободный выбор» было выявлено, что для пожилых женщин с постуральной нестабильностью характерно преобладание одиночного выбора правой (p = 0,019) и левой

кнопок ($p = 0,023$), т. е. постоянное чередование выбора. У пожилых женщин без нарушений постурального контроля не наблюдалось преобладания определенного выбора кнопки ($p = 0,05$).

Увеличение времени выбора ответа у женщин с постуральной нестабильностью ($p = 0,038$), возможно, обусловлено повышенной утомляемостью и снижением активационных процессов в переднеассоциативных областях коры, что приводит к изменению параметров реакции на внешний стимул. Замедление процесса обработки информации может расцениваться как снижение функции восприятия, что в свою очередь увеличивает время поисковой активности и время выбора ответа [6, 7]. В ряде исследований отмечается наличие особенностей в сфере гнозиса, в частности фраг-

ментарность восприятия у людей с нарушением равновесия [3, 8].

При оценке стратегий вероятностного прогнозирования событий внешней среды в режиме «Вероятностный выбор» было выявлено, что стратегия поведения людей пожилого возраста имеет специфические характеристики. Так, женщины с постуральной нестабильностью чаще выбирали одиночное нажатие кнопки, реже – повторное нажатие той же кнопки и еще реже – триады. В ситуации вероятностного прогноза женщины чаще выбирали смену диад левой кнопки, чем выбор диады ($p = 0,037$) и ее повтор ($p = 0,002$). Для правой кнопки характерно преобладание над выбором тройного нажатия кнопки как выбора диады ($p = 0,001$), так и смены диады ($p = 0,023$) (табл. 1).

Таблица 1

**ПОВЕДЕНЧЕСКОЕ РЕАГИРОВАНИЕ ПОЖИЛЫХ ЖЕНЩИН 55–74 ЛЕТ
С ПОСТУРАЛЬНОЙ НЕСТАБИЛЬНОСТЬЮ В РЕЖИМЕ «ВЕРОЯТНОСТНЫЙ ВЫБОР», МЕ (Q1-Q3), n = 28**

Показатель	Основная группа	Значимость различий (p)
Повторный выбор ЛК Повтор диады ЛК	35,50 (17,50-52,25) 25,00 (0-47,50)	$p < 0,001$
Повтор диады ЛК Смена диады ЛК	25,00 (0-47,50) 55,50 (34,00-81,00)	$p = 0,002$
Повторный выбор ЛК Смена диады ЛК	35,50 (17,50-52,25) 55,50 (34,00-81,00)	$p = 0,037$
Повторный выбор ПК Повтор диады ПК	38,50 (28,50-54,75) 40,00 (5,25-50,00)	$p = 0,001$
Повтор диады ПК Смена диады ПК	40,00 (5,25-50,00) 54,50 (38,50-64,50)	$p = 0,023$
Смена диады ПК Повторный выбор ПК	54,50 (38,50-64,50) 38,50 (28,50-54,75)	$p = 0,148$
Повтор ЛК на фоне успеха Повтор ЛК на фоне ошибки	39,50 (16,75-49,25) 35,00 (18,50-60,75)	$p = 0,503$
Повтор ПК на фоне успеха Повтор ПК на фоне ошибки	32,00 (14,00-56,75) 52,50 (24,00-74,50)	$p = 0,027$
Повтор ЛК на фоне успеха Повтор ПК на фоне успеха	39,50 (16,75-49,25) 32,00 (14,00-56,75)	$p = 0,520$
Повтор ЛК на фоне ошибки Повтор ПК на фоне ошибки	35,00 (18,50-60,75) 52,50 (24,00-74,50)	$p = 0,025$

Примечание: ЛК – левая кнопка, ПК – правая кнопка.

Женщины с постуральной стабильностью предпочитали одиночное и повторное нажатие кнопок. Повторный выбор – статистически значимо чаще повтора диады как для левой ($p < 0,001$), так и для правой кнопки ($p < 0,001$). Преобладание одиночного выбора кнопки над повторным выбором диад также оказался достоверным для левой ($p = 0,01$) и правой кнопок ($p = 0,04$). В целом женщины контрольной группы в равной степени предпочитали единичное и повторное нажатие кнопок, что говорит об усвоении вероятностной структуры среды, чего нельзя отметить у женщин основной группы (табл. 2).

Следует отметить, что наличие стереотипий поведенческого реагирования позволяет

строить наиболее сложные поведенческие программы, способствующие адаптации к различным условиям окружающей среды [9, 10]. Исходя из полученных нами результатов, можно предположить, что адаптивное стереотипное поведение у людей с постуральной неустойчивостью имеет тенденцию к уменьшению.

По показателям повторного выбора левой и правой кнопок в ситуациях успеха или неуспеха проводился анализ стратегий поведенческого реагирования. Пожилые люди основной группы значимо чаще использовали повтор правой кнопки на фоне ошибки, чем повтор левой кнопки на фоне неуспеха ($p = 0,025$). Для левой кнопки показатели значимо не различались ($p > 0,05$). Также результаты исследования

Таблица 2

**ПОВЕДЕНЧЕСКОЕ РЕАГИРОВАНИЕ ПОЖИЛЫХ ЖЕНЩИН 55–74 ЛЕТ
С ПОСТУРАЛЬНОЙ СТАБИЛЬНОСТЬЮ В РЕЖИМЕ «ВЕРОЯТНОСТНЫЙ ВЫБОР», МЕ (Q1-Q3), n = 37**

Показатель	Контрольная группа	Значимость различий (p)
Повторный выбор ЛК Повтор диады ЛК	43,00 (31,50-54,50) 33,00 (12,50-48,50)	$p < 0,001$
Повтор диады ЛК Смена диады ЛК	33,00 (12,50-48,50) 47,00 (36,50-64,50)	$p = 0,010$
Повторный выбор ЛК Смена диады ЛК	43,00 (31,50-54,50) 47,00 (36,50-64,50)	$p = 0,250$
Повторный выбор ПК Повтор диады ПК	46,00 (32,00-58,50) 26,00 (16,00-51,50)	$p < 0,001$
Повтор диады ПК Смена диады ПК	26,00 (16,00-51,50) 45,00 (32,00-63,00)	$p = 0,040$
Смена диады ПК Повторный выбор ПК	45,00 (32,00-63,00) 46,00 (32,00-58,50)	$p = 0,839$
Повтор ЛК на фоне успеха Повтор ЛК на фоне ошибки	39,00 (19,50-51,00) 53,00 (35,00-70,00)	$p = 0,007$
Повтор ПК на фоне успеха Повтор ПК на фоне ошибки	41,00 (22,00-57,50) 58,00 (35,50-75,00)	$p = 0,009$
Повтор ЛК на фоне успеха Повтор ПК на фоне успеха	39,00 (19,50-51,00) 41,00 (22,00-57,50)	$p = 0,269$
Повтор ЛК на фоне ошибки Повтор ПК на фоне ошибки	53,00 (35,00-70,00) 58,00 (35,50-75,00)	$p = 0,417$

Примечание: ЛК – левая кнопка, ПК – правая кнопка.

показали, что повтор правой кнопки на фоне ошибки происходил значимо чаще повтора правой кнопки в ситуации успеха ($p = 0,027$). Показатели повтора правой и левой кнопок на фоне успеха значимо не различались ($p > 0,05$). Можно предположить, что пожилые люди с постуральной нестабильностью в ситуации неуспеха предпочитали повторный выбор правой кнопки, что говорит о преобладании левополушарной стратегии восприятия и обработки информации [11]. Однако информативный компонент не приводит к изменению программы действий и способа прогнозирования.

Пожилые люди контрольной группы статистически значимо чаще использовали повтор правой кнопки на фоне ошибки, чем повтор этой же кнопки на фоне успеха ($p = 0,009$). Такая же закономерность прослеживается и для левой кнопки ($p = 0,007$). Таким образом, пожилые люди с постуральной стабильностью в ситуации неуспеха предпочитали повторный выбор правой и левой кнопок, что говорит о правильной стратегии прогнозирования закономерности окружающей среды.

При рассмотрении оперативности принятия решения в режиме «Управляемый выбор» в ситуации успеха и неуспеха было выявлено, что пожилые женщины контрольной группы быстрее принимали решение о повторе ответа при успехе ($p = 0,018$), а также в целом временные затраты на выбор ответа оказались меньше ($p = 0,05$). Рассматривая скорость реакции выбора как модель принятия решения, можно предположить, что этот параметр характеризует базовые процессы обработки информации головным мозгом. Тот факт, что наблюдалось удлинение времени реагирования у пожилых женщин основной группы, говорит о снижении темпа принятия решения и более низкой способности следовать определенному темпу деятельности, что может быть обусловлено некоторым снижением скорости переключения внимания и ухудшением процессов переработки информации, а также ее извлечения из оперативной памяти [3, 8].

При анализе данных биоэлектрической активности головного мозга в состоянии покоя у жен-

щин с постуральной нестабильностью в сравнении с контрольной группой выявлены статистически значимые различия абсолютной спектральной мощности и амплитуды по альфа- и бета-диапазонам в лобных областях справа. Так, у лиц из основной группы выявлены достоверно более низкие значения спектральной мощности диапазонов альфа-1 ($Me = 2,078 \text{ мкВ}^2$; $U = 233,0$; $Z = -2,100$; $p = 0,036$) и альфа-2 ($Me = 0,988 \text{ мкВ}^2$; $U = 225,0$; $Z = -2,242$; $p = 0,025$) в лобной области правого полушария (F4). Более низкие значения спектральной мощности альфа-диапазона, вероятно, указывают на изменения в стволовых и дисэнцефальных структурах головного мозга (атрофия гиппокампа, снижение церебральной перфузии в медиальных отделах височных долей) [12, 13].

В то же время группа лиц с постуральной нестабильностью отличалась более низкой спектральной мощностью бета-1-диапазона ($Me = 0,922 \text{ мкВ}^2$; $U = 215,00$; $Z = -2,420$; $p = 0,016$) в лобной области (F4) правого полушария по сравнению с контрольной группой ($Me = 2,523 \text{ мкВ}^2$). В отличие от низкочастотных ритмов, которые могут иметь как корковое, так и подкорковое происхождение, высокочастотные ритмы считаются корковым феноменом. Их параметры в высокой степени индивидуальны и изменчивы, что может указывать на связь с кодированием приобретенного опыта [14]. Низкая спектральная мощность колебаний бета-диапазона в лобной области может отражать дисфункцию корковых структур лобных долей (премоторная, моторная кора), ответственных за контроль двигательных актов. Известно, что изменения бета-ритмов ЭЭГ связаны как с восприятием простых стимулов, так и с процессами интеграции составляющих сложных стимулов, вниманием и уровнем бодрствования [15–19].

Также выявлено, что лица с постуральной нестабильностью отличаются более низкой амплитудой бета-диапазона в переднелобной (Fp2, $Me = 0,323 \text{ мкВ}$; $U = 247,0$; $Z = -2,03$; $p = 0,042$), лобной (F4, $Me = 0,278 \text{ мкВ}$; $U = 233,0$; $Z = -2,29$; $p = 0,022$) и центральной (C4, $Me = 0,263 \text{ мкВ}$;

$U = 246,5$; $Z = -2,04$; $p = 0,041$) областях правого полушария в сравнении с контрольной группой.

Успешное обеспечение поддержания вертикальной позы человека при ведущей роли правого полушария может объясняться его функциональными и морфологическими особенностями. В правом полушарии выявлено большее количество проводящих путей, обеспечивающих большую связь между структурами мозга, по сравнению с левым [18]. Также правое полушарие имеет более тесные функциональные связи с дизэнцефальными структурами мозга [19]. Поскольку основная роль в процессе поддержания вертикальной позы принадлежит правому полушарию [20], выявленная нами межполушарная асимметрия может быть отражением нарушения функционирования системы постурального контроля на корково-подкорковом уровне.

В результате анализа когерентности также были выявлены статистически значимые различия. Когерентность альфа-диапазона между переднелобными и лобными (Fp2-F8) областями как в правом ($M = 0,81 \pm 0,09$; $t = 1,95$; $p = 0,05$), так и в левом полушарии ($M = 0,82 \pm 0,14$; $t = 2,05$; $p = 0,04$) достоверно ниже у лиц с постуральной нестабильностью в сравнении с когерентностью правого и левого полушарий контрольной группы: $M = 0,97 \pm 0,07$ и $M = 0,95 \pm 0,08$ соответственно. Более низкие значения когерентности между лобными областями внутри обоих полушарий могут свидетельствовать о возможных дисфункциональных изменениях на корково-подкорковом уровне в системе постурального контроля.

Заключение. В условиях стохастической и детерминированной среды для женщин с по-

стуральной нестабильностью характерно увеличение времени выбора ответа, что снижает скорость обработки информации и увеличивает время поисковой активности и принятия решения. В ситуации вероятностного прогнозирования у женщин основной группы наблюдалась тенденция ограничения адаптационных возможностей организма, проявляющаяся в снижении показателей стереотипии, а также отмечались трудности в прогнозировании закономерностей окружающей среды и изменении когнитивной стратегии реагирования.

Анализ абсолютной спектральной мощности ЭЭГ продемонстрировал более низкие ее значения в лобных областях правого полушария по альфа- и бета-диапазонам у лиц основной группы по сравнению с контрольной. Также группа лиц с постуральной нестабильностью отличалась более низкими показателями амплитуды колебаний бета-диапазона в переднелобных, лобных и центральных областях правого полушария. Полученные данные позволяют предположить наличие нарушений в системе постурального контроля у женщин основной группы, что, возможно, обуславливает их постуральную нестабильность. Более низкие значения когерентности в лобных областях обоих полушарий у лиц с постуральной нестабильностью могут свидетельствовать о важном участии именно этих отделов мозга в переработке пространственной информации наряду с мультисенсорной интеграцией и формированием представления о положении собственного тела в пространстве для осуществления контроля вертикальной позы.

Список литературы

1. Демин А.В., Мороз Т.П. Особенности постуральной нестабильности и факторов риска падений у лиц пожилого и старческого возраста (литературный обзор) // Молодой ученый. 2014. № 3. С. 164–175.
2. Грибанов А.В., Шерстенникова А.К. Физиологические механизмы регуляции постурального баланса человека (обзор) // Вестн. Сев. (Арктич.) федер. ун-та. Сер.: Мед.-биол. науки. 2013. № 4. С. 20–29.
3. Демин А.В. Особенности постуральной нестабильности у лиц пожилого и старческого возраста // Вестн. Сев. (Арктич.) федер. ун-та. Сер.: Мед.-биол. науки. 2013. № 2. С. 13–19.
4. Яхно Н.Н., Жученко Т.Д., Подорольский В.А., Дамулин И.В. Клинико-стабилографическое исследование нарушений равновесия у больных пожилого возраста с хронической сосудистой мозговой недостаточностью // Неврол. вестн. 1994. Вып. 1–2. № 26. С. 20–22.

5. Матвеев Е.В. Применение экспериментальной модели пространственно-временного прогнозирования для построения инструментальных средств оценки высшей нервной деятельности человека // Мед. техника. 1997. № 6. С. 12–15.
6. Болдырева Г.Н., Жаворонкова Л.А., Шарова Е.В., Добронравова И.С. Межцентральные отношения ЭЭГ как отражение системной организации мозга человека в норме и патологии // Журн. высш. нерв. деятельности им. И.П. Павлова. 2003. Т. 53, № 4. С. 391–401.
7. Ильин Е.П. Психомоторная организация человека. СПб., 2003.
8. Умрюхин Е.А. Физиологические корреляты индивидуальных различий времени принятия решения при целенаправленной интеллектуальной деятельности человека // Физиология человека. 2008. Т. 34, № 5. С. 44–50.
9. Дамулин И.В., Жученко Т.Д., Левин О.С. Нарушения равновесия и походки у пожилых // Достижения в нейрогериатрии / под ред. Н.Н. Яхно, И.В. Дамулина. М., 1995. Т. 1. С. 71–97.
10. Дерягина Л.Е., Сидоров П.И., Соловьев А.Г. Адаптивное поведение человека в экстремальных условиях среды. Архангельск, 2001. 123 с.
11. Ворошилова И.И., Ефанов В.Н. Возможные направления психологической адаптации лиц пожилого возраста // Успехи соврем. естествознания. 2009. № 3. С. 33–35.
12. Грибанов А.В., Рысина Н.Н., Джос Ю.С., Иорданова Ю.А. Психофизиологические механизмы поведенческого реагирования в различных условиях среды (обзор) // Вестн. Сев. (Арктич.) федер. ун-та. Сер.: Мед.-биол. науки. 2013. № 3. С. 24–34.
13. Вольф Н.В., Глухих А.А. Фоновая электрическая активность мозга при «успешном» ментальном старении // Физиология человека. 2011. Вып. 37. № 5. С. 51–60.
14. Moretti D.V. Theta and Alpha EEG Frequency Interplay in Subjects with Mild Cognitive Impairment: Evidence from EEG, MRI, and SPECT Brain Modifications // Front. Aging Neurosci. 2015. Vol. 7, № 31. P. 1–14.
15. Николаев А.Р., Анохин А.П., Иваницкий Г.А. Спектральные перестройки ЭЭГ и организация корковых связей при пространственном и вербальном мышлении // Журн. высш. нерв. деятельности им. И.П. Павлова. 1996. Т. 46. С. 831–848.
16. Pulvermüller F., Birbaumer N., Lutzenberger W., Mohr B. High-Frequency Brain Activity: Its Possible Role in Attention, Perception and Language Processing // Prog. Neurobiol. 1997. Vol. 52, № 5. P. 427–445.
17. Tallon-Baudry C. The Roles of Gamma-Band Oscillatory Synchrony in Human Visual Cognition // Front. Biosci. 2009. Vol. 14, № 1. P. 321–332.
18. Hanslmayr S., Aslan A., Staudigl T., Klimesch W., Herrmann C.S., Bäuml K.-H. Prestimulus Oscillations Predict Visual Perception Performance Between and Within Subjects // NeuroImage. 2007. Vol. 37, № 4. P. 1465–1473.
19. Голдберг Э. Управляющий мозг: Лобные доли, лидерство и цивилизация. М., 2003. 335 с.
20. Брагина Н.Н., Доброхотова Т.А. Функциональные асимметрии человека. М., 1981. 287 с.
21. Жаворонкова Л.А., Жарикова А.В., Максакова О.А. Интегрирующая роль произвольного позного контроля при реабилитации больных с черепно-мозговой травмой // Журн. высш. нерв. деятельности им. И.П. Павлова. 2011. Т. 61, № 1. С. 24–33.

References

1. Demin A.V., Moroz T.P. Osobennosti postural'noy nestabil'nosti i faktorov riska padeniy u lits pozhilogo i starcheskogo vozrasta (literaturnyy obzor) [Peculiarities of Postural Instability and Risk Factors of Falls in Elderly and Senile People (Literature Overview)]. *Molodoy uchenyy*, 2014, no. 3, pp. 164–175.
2. Griбанov A.V., Sherstennikova A.K. Fiziologicheskie mekhanizmy regul'yatsii postural'nogo balansa cheloveka (obzor) [Physiological Mechanisms of Human Postural Balance Regulation (Review)]. *Vestnik Severnogo (Arkticheskogo) federal'nogo universiteta. Ser.: Mediko-biologicheskie nauki*, 2013, no. 4, pp. 20–29.
3. Demin A.V. Osobennosti postural'noy nestabil'nosti u lits pozhilogo i starcheskogo vozrasta [Peculiarities of Postural Instability in Elderly and Senile People]. *Vestnik Severnogo (Arkticheskogo) federal'nogo universiteta. Ser.: Mediko-biologicheskie nauki*, 2013, no. 2, pp. 13–19.
4. Yakhno N.N., Zhuchenko T.D., Podorol'skiy V.A., Damulin I.V. Kliniko-stabilograficheskoe issledovanie narusheniy ravновесиya u bol'nykh pozhilogo vozrasta s khronicheskoy sosudistoy mozgovoy nedostatochnost'yu

[Clinical Stabilographic Study of Imbalance in Older Patients with Chronic Cerebrovascular Insufficiency]. *Nevrologicheskiy vestnik*, 1994, no. 26, pp. 1–2, 20–22.

5. Matveev E.V. Primenenie eksperimental'noy modeli prostranstvenno-vremennogo prognozirovaniya dlya postroeniya instrumental'nykh sredstv otsenki vysshey nervnoy deyatel'nosti cheloveka [The Use of an Experimental Model of Spatio-Temporal Forecasting for the Development of Assessment Tools for Higher Nervous Activity in Humans]. *Meditsinskaya tekhnika*, 1997, no. 6, pp. 12–15.

6. Boldyreva G.N., Zhavoronkova L.A., Sharova E.V., Dobronravova I.S. Mezhtsentral'nye otnosheniya EEG kak otrazhenie sistemnoy organizatsii mozga cheloveka v norme i patologii [Intercentral EEG Relationships as a Reflection of Normal and Pathologic State of the Human Brain]. *Zhurnal vysshey nervnoy deyatel'nosti im. I.P. Pavlova*, 2003, vol. 53, no. 4, pp. 391–401.

7. Il'in E.P. *Psikhomotornaya organizatsiya cheloveka* [Psychomotor Organization in Humans]. St. Petersburg, 2003.

8. Umryukhin E.A. Fiziologicheskie korrelyaty individual'nykh razlichiy vremeni prinyatiya resheniya pri tselenapravlennoy intellektual'noy deyatel'nosti cheloveka [Physiological Correlates of individual Differences in Decision-Making Time During Purposeful Mental Activity in Humans]. *Fiziologiya cheloveka*, 2008, vol. 34, no. 5, pp. 44–50.

9. Damulin I.V., Zhuchenko T.D., Levin O.S. Narusheniya ravnovesiya i pokhodki u pozhilykh [Balance and Gait Disorders in Older People]. *Dostizheniya v neyrogeriatrii* [Advances in Neurogeriatrics]. Ed. by N.N. Yakhno, I.V. Damulin. Moscow, 1995. Vol. 1, pp. 71–97.

10. Deryagina L.E., Sidorov P.I., Solov'ev A.G. *Adaptivnoe povedenie cheloveka v ekstremal'nykh usloviyakh sredy* [Human Adaptive Behaviour in Extreme Environmental Conditions]. Arkhangel'sk, 2001. 123 p.

11. Voroshilova I.I., Efanov V.N. Vozmozhnye napravleniya psikhologicheskoy adaptatsii lits pozhilogo vozrasta [Possible Directions of Psychological Adaptation in Older Persons]. *Uspekhi sovremennogo estestvoznaniya*, 2009, no. 3, pp. 33–35.

12. Gribov A.V., Rysina N.N., Dzhos Yu.S., Iordanova Yu.A. Psikhofiziologicheskie mekhanizmy povedencheskogo reagirovaniya v razlichnykh usloviyakh sredy (obzor) [Psychophysiological Mechanisms of Behavioral Responses in Different Environmental Conditions (Overview)]. *Vestnik Severnogo (Arkticheskogo) federal'nogo universiteta. Ser.: Mediko-biologicheskie nauki*, 2013, no. 3, pp. 24–34.

13. Volf N.V., Gluhik A.A. Background Cerebral Electrical Activity in Healthy Mental Aging. *Human Physiology*, 2011, vol. 37, no. 5, pp. 559–567.

14. Moretti D.V. Theta and Alpha EEG Frequency Interplay in Subjects with Mild Cognitive Impairment: Evidence from EEG, MRI, and SPECT Brain Modifications. *Front. Aging Neurosci.*, 2015, vol. 7, no. 31, pp. 1–14.

15. Nikolaev A.R., Anokhin A.P., Ivanitskiy G.A. Spektral'nye perestroyki EEG i organizatsiya korkovykh svyazey pri prostranstvennom i verbal'nom myshlenii [Spectral EEG Restructuring and Organization of Cortical Connections in Spatial and Verbal Thinking]. *Zhurnal vysshey nervnoy deyatel'nosti im. I.P. Pavlova*, 1996, vol. 46, pp. 831–848.

16. Pulvermüller F., Birbaumer N., Lutzenberger W., Mohr B. High-Frequency Brain Activity: Its Possible Role in Attention, Perception and Language Processing. *Prog. Neurobiol.*, 1997, vol. 52, no. 5, pp. 427–445.

17. Tallon-Baudry C. The Roles of Gamma-Band Oscillatory Synchrony in Human Visual Cognition. *Front. Biosci.*, 2009, vol. 14, pp. 321–332.

18. Hanslmayr S., Aslan A., Staudigl T., Klimesch W., Herrmann C.S., Bäuml K.-H. Prestimulus Oscillations Predict Visual Perception Performance Between and Within Subjects. *NeuroImage*, 2007, vol. 37, no. 4, pp. 1465–1473.

19. Goldberg E. *The Executive Brain: Frontal Lobes and the Civilized Mind*. New York, 2001 (Russ. ed.: Goldberg E. *Upravlyayushchiy mozg: Lobnye doli, liderstvo i tsivilizatsiya*. Moscow, 2003. 335 p.).

20. Bragina N.N., Dobrokhotova T.A. *Funktsional'nye asimmetrii cheloveka* [Functional Asymmetries in Humans]. Moscow, 1981. 287 p.

21. Zhavoronkova L.A., Zharikova A.V., Maksakova O.A. Integriruyushchaya rol' proizvol'nogo poznogo kontrolya pri reabilitatsii bol'nykh s cherepno-mozgovoy travмой [The Integrating Role of Restoration of Voluntary Postural Control in the Rehabilitation of Patients with Craniocerebral Trauma]. *Zhurnal vysshey nervnoy deyatel'nosti im. I.P. Pavlova*, 2011, vol. 61, no. 1, pp. 24–33.

doi: 10.17238/issn2308-3174.2016.1.22

Deryabina Irina Nikolaevna

Institute of Medical and Biological Research, Northern (Arctic) Federal University named after M.V. Lomonosov
3 proezd Badigina, Arkhangelsk, 163045, Russian Federation;
e-mail: i.deryabina@narfu.ru

Kereush Yana Vladimirovna

Institute of Medical and Biological Research, Northern (Arctic) Federal University named after M.V. Lomonosov
3 proezd Badigina, Arkhangelsk, 163045, Russian Federation;
e-mail: ya.kereush@narfu.ru

Moroz Taisiya Petrovna

Institute of Medical and Biological Research, Northern (Arctic) Federal University named after M.V. Lomonosov
3 proezd Badigina, Arkhangelsk, 163045, Russian Federation;
e-mail: t.moroz@narfu.ru

Demin Aleksandr Viktorovich

Institute of Medical and Biological Research, Northern (Arctic) Federal University named after M.V. Lomonosov
3 proezd Badigina, Arkhangelsk, 163045, Russian Federation;
e-mail: a.demin@narfu.ru

NEUROPHYSIOLOGICAL FEATURES OF OLDER WOMEN WITH POSTURAL INSTABILITY

In order to maintain upright posture, the postural control system has to support the body against gravity and balance the centre of gravity in the vertical projection. However, despite the fact that standard principles of maintaining control of upright posture have long been known, no research has up to now been done into the neurophysiological features of the postural control system in postural instability. This work studied behavioral responses and brain bioelectrical activity in 65 older women (55–74 years) with various levels of postural stability. To analyse behavioral responses in different environments, we used the Binatest computer test system. Brain bioelectrical activity was recorded using the 128-channel GES-300 system (USA) with a GSN helmet. We used 16 standard leads for the analysis. According to EEG at rest, women with postural instability had statistically significantly lower values of spectral power in alpha and beta ranges in the frontal area of the right hemisphere. We also revealed lower amplitude of beta range oscillations in the prefrontal, frontal, and central areas of the right hemisphere. The analysis of behavioral responses in older women with postural instability showed a slower rate of information processing resulting in longer time of response selection and search activity. Difficulties in probabilistic forecasting and in changing cognitive response strategy were also revealed. The data obtained indicate postural control deficiencies in this group of women, which can be causing their postural instability.

Keywords: *older people, postural stability, brain bioelectrical activity, behavioral response.*

Контактная информация:

Дерябина Ирина Николаевна

адрес: 163045, г. Архангельск, проезд Бадицина, д. 3;
e-mail: i.deryabina@narfu.ru

Кэрэуш Яна Владимировна

адрес: 163045, г. Архангельск, проезд Бадицина, д. 3;
e-mail: ya.kereush@narfu.ru

Мороз Таисия Петровна

адрес: 163045, г. Архангельск, проезд Бадицина, д. 3;
e-mail: t.moroz@narfu.ru

Демин Александр Викторович

адрес: 163045, г. Архангельск, проезд Бадицина, д. 3;
e-mail: a.demin@narfu.ru