

ВОЗРАСТНЫЕ ОСОБЕННОСТИ ПОСТУРАЛЬНОЙ СТАБИЛЬНОСТИ У ЖЕНЩИН ПОЖИЛОГО ВОЗРАСТА

© 2020 г. ¹А. В. Дёмин, ²А. Б. Гудков, ²О. Н. Попова, ^{3,4}Ф. А. Щербина

¹ФГАОУ ВО «Северный (Арктический) федеральный университет имени М. В. Ломоносова» Минобрнауки России, г. Архангельск; ²ФГБОУ ВО «Северный государственный медицинский университет», г. Архангельск; ³ФГБОУ ВО «Мурманский арктический государственный университет», г. Мурманск; ⁴ФГБОУ ВО «Мурманский государственный технический университет», г. Мурманск, Россия

Цель работы – установить возрастные особенности компонентов постурального баланса (КПБ) у женщин пожилого возраста с сохраненной постуральной стабильностью. *Методы.* Обследованы 424 женщины в возрасте 60–69 лет (средний возраст (M ± SD) – (63,9 ± 2,7) года), не испытавшие ни одного падения за последние 12 месяцев. Выделены две группы женщин: 60–64 лет (n = 251) и 65–69 лет (n = 173). Для оценки КПБ проводили Sensory Organization Test (SOT) компьютерного постурографического комплекса «Smart Equitest Balance Manager». *Результаты.* При анализе показателей качества функции равновесия (КФР) в функциональных пробах 1–4 и 6, а также стратегии поддержания позы (СПП) 1–6 SOT статистически значимых различий между группами не обнаружено (p > 0,1), однако КФР в пробе 5 у женщин 65–69 лет были выше (p = 0,045). Сравнение результирующих оценок КФР и СПП SOT также не выявило значимых различий, указывая на то, что у женщин 65–69 лет, не испытавших падений, не наблюдается изменений адаптационных возможностей, а также статических и статодинамических нейрофизиологических механизмов поддержания баланса. Анализ показателей степени участия соматосенсорной и зрительной (зрительно-пространственной) информации в контроле над балансом также не выявил различий между возрастными группами. Однако показатели вестибулярной информации в контроле поддержания баланса у женщин 65–69 лет были выше (p = 0,045). *Выводы.* Высокие значения КФР в пробе 5 и результативность вестибулярной информации в контроле поддержания баланса у женщин после 64 лет будут определять сохранение у них функции постуральной стабильности, оказывать благоприятное влияние на продолжительность их жизни, а также определять степень риска преждевременных изменений КПБ.

Ключевые слова: компьютерная постурография, Sensory Organization Test, процесс старения, женщины 60–69 лет, постуральный баланс, постуральная стабильность

AGE-RELATED FEATURES OF POSTURAL STABILITY IN ELDERLY WOMEN

¹A. V. Dyomin, ²A. B. Gudkov, ²O. N. Popova, ^{3,4}F. A. Shcherbina

¹M. V. Lomonosov Northern (Arctic) Federal University, Arkhangelsk; ²Northern State Medical University, Arkhangelsk; ³Murmansk Arctic State University; ⁴Murmansk State Technical University, Murmansk, Russia

The aim of this paper is to study the age-related features of the components of the postural balance (CPB) in elderly women with preserved postural stability. *Methods.* In total, 424 women aged 60–69 years who did not experience a single fall in the last 12 months were examined. Women were divided into two groups: 60–64 years old (n = 251) and 65–69 years old (n = 173). To assess the CPB, a Sensory Organization Test (SOT) of the Computerized Dynamic Posturography «Smart Equitest Balance Manager» was performed. *Results.* When analyzing the quality indicators of the equilibrium function in functional tests 1–4 and 6, as well as the postural maintaining strategy (PMS) in 1–6 SOT conditions, no statistically significant differences were found between the groups (p > 0.1), but quality indicators of the equilibrium function in test 5 in women 65–69 years old were greater (p = 0.045) than in their younger counterparts. Quality indicators of the equilibrium function and SOT PMS did not differ between the groups indicating that women 65–69 years old who did not experience falls did not show changes in adaptive capabilities, as well as static and statodynamic neurophysiological mechanisms to maintain the balance. Analysis of somatosensory and visual (visual-spatial) information in balance control also did not reveal age-related changes between the groups. However, vestibular information indicators in monitoring balance maintenance in women 65–69 years old were higher (p = 0.045). *Conclusions.* The indicators of the equilibrium function in test 5 and the effectiveness of vestibular information in controlling the balance of women after 64 years will determine the preservation of postural stability functions and may have a beneficial effect on their life expectancy, and also determine the risk of premature changes in CPB.

Key words: Computerized Dynamic Posturography, Sensory Organization Test, aging process, women of 60–69 years old, postural balance, postural stability

Библиографическая ссылка:

Дёмин А. В., Гудков А. Б., Попова О. Н., Щербина Ф. А. Возрастные особенности постуральной стабильности у женщин пожилого возраста // Экология человека. 2020. № 4. С. 56–64.

For citing:

Dyomin A. V., Gudkov A. B., Popova O. N., Shcherbina F. A. Age-Related Features of Postural Stability in Elderly Women. *Ekologiya cheloveka* [Human Ecology]. 2020, 4, pp. 56–64.

В настоящее время при оценке особенностей компонентов постурального баланса (КПБ) у людей пожилого возраста важно оценивать не только общевозрастные тенденции этих изменений [9, 12], но и возрастные особенности КПБ у лиц с постуральной

стабильностью [6, 15]. Как известно, постуральная стабильность является одной из двух поведенческих функций системы постурального управления человека [16]. Постуральную стабильность можно определить, как способность ЦНС балансировать, стабилизиро-

вать и локализовать общий центр массы (ОЦМ) тела человека в пределах базы поддержки ее опоры при различных дестабилизирующих воздействиях (как внутренних, так и внешних) в процессе его жизнедеятельности. При этом человек может находиться в состоянии покоя (поддержание статического баланса) или в процессе контролируемого различного движения (поддержание динамического баланса) [16].

Падение у человека можно рассматривать как неспособность удержания и стабилизации ОЦМ в пределах базы поддержки ее опоры. Необходимо подчеркнуть, что у пожилого человека падения являются объективным признаком снижения функции постральной стабильности (постуральная нестабильность) [3, 16]. Как известно, проблема постральной нестабильности характерна в первую очередь для людей пожилого и старческого возраста, поскольку изменение функции постральной стабильности даже при нормальном (не патологическом) старении происходит у лиц после 64 лет [3, 16, 18, 19, 24], хотя сейчас имеются данные и о более ранних ее изменениях, начиная с 50-летнего возраста [11]. Сохранение функции постральной стабильности у пожилых людей будет также определять активную общественную деятельность и продолжение трудовой деятельности на пенсии, особенно после 64 лет [4].

Ранее были изучены особенности КПБ у женщин 55–64 лет, не испытавших ни одного падения в течение последних 12 месяцев, как признака отсутствия выраженных изменений функции постральной стабильности (с сохраненной постральной стабильностью) [6]. По данным Sensory Organization Test (SOT) компьютерной постурографии было установлено, что возрастные изменения КПБ у женщин после 59 лет происходят независимо от сохраненной у них функции постральной стабильности. Проведенные исследования позволили обосновать параметры SOT для оценки преждевременных изменений КПБ у людей 55–64 лет [6]. Также были проведены исследования изменений КПБ у женщин в возрасте 60–64 и 65–69 лет [5], но без выявления особенностей качества функции равновесия (КФР) и сенсорной организации пострального баланса в отдельных группах женщин (с наличием или отсутствием падений). Все это и послужило основанием для выполнения данной работы. Цель работы – установить возрастные особенности КПБ у женщин пожилого возраста с сохраненной постральной стабильностью.

Методы

Обследованы 424 женщины в возрасте 60–69 лет (средний возраст ($M \pm SD$) – $(63,9 \pm 2,7)$ года), не испытавшие ни одного падения за последние 12 месяцев, что можно рассматривать как отсутствие у них выраженных изменений функции постральной стабильности (с сохраненной постральной стабильностью). Все женщины дали добровольное информированное согласие на обследование. Необходимо отметить особенности организации опроса женщин

о наличии или отсутствии у них падений. Вопрос о падениях задавался три раза: первый раз до начала постурографического обследования, второй – во время обследования и третий – после обследования, во время ознакомления с результатами исследований. Как показывает практика, люди в пожилом и старческом возрасте часто не акцентируют внимания на своих падениях, которые не сопровождались какими-либо ушибами или травмами, и попросту забывают о них [24], поэтому обследованным женщинам предоставлялось время вспомнить о наличии или отсутствии у них падений за последние 12 месяцев.

В первую возрастную группу (ВГ) были включены женщины, календарный возраст (КВ) которых находился в пределах 60–64 лет ($n = 251$), во вторую ВГ – женщины в возрасте 65–69 лет ($n = 173$). Субъективно состояние своего здоровья в период обследования они оценивали не ниже удовлетворительного. Важным критерием включения было отсутствие жалоб на проблемы, связанные с функцией равновесия. Критериями исключения из обследования были: заболевания опорно-двигательного аппарата, наблюдение в психоневрологическом диспансере, наличие в анамнезе инсультов, черепно-мозговых травм, хронических заболеваний в стадии декомпенсации, злоупотребление алкоголем и постоянное проживание в учреждениях стационарного типа.

Субъективно-переживаемый возраст (СПВ) определялся путем опроса обследуемых, на сколько лет они себя чувствуют с учетом функционального состояния и здоровья. Данный показатель является хорошим коррелятором процесса «успешного старения» (Successful aging) [2]. Определяли также уровень возрастной самооценки (УВС) как разницу между СПВ и КВ.

С помощью методики диагностики самооценки Ч. Д. Спилбергера и Ю. Л. Ханина устанавливался уровень ситуативной (СТ) и личностной (ЛТ) тревожности. Полученные значения по методике до 30 баллов оценивались как низкая тревожность, 31–45 – средняя, 46 и более баллов – высокая [8].

Темп старения (ТС) у обследованных женщин вычисляли по методике В. П. Войтенко, 3-й вариант. Нормальный (физиологический) ТС определялся как ТС от +4,9 до –4,9 года, замедленный – как ТС от –5 до –9,9 года и медленный – ТС от –10 лет и менее [1].

Для оценки КФР, стратегии поддержания позы (СПП) и сенсорной организации пострального баланса проводился SOT компьютерного динамического постурографического комплекса «Smart Equitest Balance Manager» (США). В основе SOT лежит диагностика способности человека эффективно сохранять свое равновесие и обрабатывать отдельные сигналы сенсорных систем (зрительной, вестибулярной и соматосенсорной), участвующих в поддержании пострального баланса и управлении им. В данном тесте анализируются следующие функциональные состояния / пробы (Conditions): COND1 – спокойное

стояние с открытыми глазами; COND2 – спокойное стояние с закрытыми глазами; COND3 – стояние с открытыми глазами при дестабилизирующем пространственном воздействии; COND4 – стояние с открытыми глазами при дестабилизирующем воздействии опорной поверхности; COND5 – стояние с закрытыми глазами при дестабилизирующем воздействии опорной поверхности; COND6 – стояние с открытыми глазами при полном дестабилизирующем воздействии, как пространственном, так и опорной поверхности. Оценивается КФР в каждой из 6 функциональных проб при помощи показателя Equilibrium Score (EQL), выраженного в процентах от 0 до 100 (также оценивается в баллах), при этом идеальная устойчивость человека (наилучший EQL) равна 100 %. Показатель EQL (от 1 до 6) mean (m) – это среднее значение трех выполненных попыток в той или иной функциональной пробе (COND1–6). EQL–CMP (Composite of all equilibrium scores) – это составная результирующая оценка КФР всего теста, включающая в себя среднее значение трех выполненных попыток COND1 и COND2 и сумму всех значений выполненных попыток COND3–6. Данный показатель позволяет характеризовать адаптационные возможности и эффективность функционирования статических и статодинамических нейрофизиологических механизмов поддержания баланса обследуемого. Как и EQL, у здорового человека EQL–CMP должен стремиться к 100 %.

Оценку сенсорных систем, участвующих в постуральном балансе, проводили расчетным способом следующим образом: степень участия соматосенсорной информации в контроле над балансом RAT–SOM (Ratio for sensory analysis-Somatosensory) равна отношению EQL-2m к EQL-1m; степень участия зрительной информации в постуральном балансе RAT–VIS (Ratio for sensory analysis-Visual) – отношению EQL-4m к EQL-1m; степень участия вестибулярной информации в контроле над балансом RAT–VEST (Ratio for sensory analysis-Vestibular) – отношению EQL-5m к EQL-1m; степень предпочтения зрительной информации в постуральном балансе под воздействием факторов окружающей среды RAT–PREF (Ratio for sensory analysis-patient Preference) – отношению суммы показателей EQL-3m и EQL-6m к сумме показателей EQL-2m и EQL-5m. Данный показатель также позволяет говорить об особенностях зрительно-пространственной информации в контроле над балансом. Все полученные данные умножали на 100 %.

SOT также оценивает возможность выявить СПП человека. Показатель PST (Postural strategy score) от 1 до 6, равный или стремящийся к 100 %, свидетельствует о преобладании голеностопной стратегии в постуральном балансе, а равный или стремящийся к 0 % – о преобладании тазобедренной. PST (от 1 до 6) mean (m) – это среднее значение трех выполненных попыток в той или иной функциональной пробе (COND1–6). Показатель PST–CMP (Composite of all

postural strategy) позволяет оценить физиологические механизмы и адаптационные возможности организма, а также эффективность стратегии поддержания позы обследуемого по данным всего SOT. Данный показатель рассчитывается как среднее значение PSTm всех проб [6].

Статистическая обработка полученных данных производилась с использованием компьютерной программы SPSS 22. В связи с тем, что не во всех выборках обнаружено нормальное распределение показателей, параметры оценивались по группам и представлены медианой (Me) и процентильным интервалом 25–75 (Q1–Q3). Для сравнения групп и исследования связей использовались непараметрические методы (тест Манна – Уитни для сравнения двух независимых выборок). С целью выявления наличия связей между показателями использовали коэффициент корреляции р-Спирмена с поправкой Бонферрони.

Результаты

Сравнительная характеристика УВС показала (табл. 1), что у женщин 60–64 лет медиана и третий квартиль были выше, чем у женщин 65–69 лет, а первые квартили в обеих ВГ были одинаковыми (U Манна – Уитни = 17 141; p < 0,001).

Все квартили ТС у женщин первой ВГ были выше, чем у женщин второй ВГ (U = 17 572,5; p = 0,001), указывая на то, что по мере увеличения продолжительности жизни происходит снижение ТС [1]. Наличие замедленного и медленного ТС у женщин 65–69 лет оказывает положительное влияние на функцию их постуральной стабильности. Поскольку падения у женщин 65–69 лет могут быть результатом преждевременного изменения КПБ [3], наличие сохраненной постуральной стабильности у женщин в данной ВГ можно рассматривать как индикатор отсутствия или сглаженности интенсивности процессов их преждевременного старения. Кроме того, результаты исследования показывают, что значение УВС у женщин 65–69 лет с сохраненной постуральной стабильностью также отражает адаптационные возможности организма и его функциональных систем, тем самым оказывая влияние на эффективность процесса их «успешного старения».

Таблица 1

Показатели уровней возрастной самооценки, тревожности и темпа старения у женщин пожилого возраста с сохраненной постуральной стабильностью, Me (Q1–Q3)

Показатель	Возрастная группа, лет		Уровень статистической значимости различий (p)
	60–64 n = 251	65–69 n = 173	
КВ, лет	62,0 (61,0–63,0)	66,0 (66,0–68,0)	< 0,001
УВС, лет	–5,0 (–10,0...–1,0)	–7,0 (–10,0...–5,0)	< 0,001
ТС, лет	–9,4 (–12,9...–5,0)	–11,1 (–14,9...–7,2)	0,001
СТ, баллы	39,0 (35,0–43,0)	39,0 (35,0–42,0)	0,896
ЛТ, баллы	46,0 (42,0–50,0)	44,0 (42,0–49,0)	0,048

Характеристика СТ у обследованных женщин не выявила статистически значимых различий ($p > 0,1$), при этом медиана и первый квартиль данного показателя во всех ВГ были одинаковыми. Медиана и третий квартиль ЛТ у женщин 60–64 лет были выше ($U = 19\,268,5$; $p = 0,048$). При этом для большинства обследованных женщин в первой ВГ характерно преобладание высоких уровней ЛТ, для женщин второй ВГ – средних уровней ЛТ. Установлены прямые умеренные связи между ТС и показателями СТ (ρ -Спирмена = 0,351; $p < 0,001$) и ЛТ (ρ -Спирмена = 0,490; $p < 0,001$). Следовательно, оценка СТ и ЛТ у людей в пожилом возрасте также отражает степень их психоэмоциональной адаптации к возрастным изменениям, определяя риск ускоренного психоэмоционального старения. У женщин 65 лет и старше с сохраненной постуральной стабильностью психоэмоциональное старение становится определяющим при прогнозировании продолжительности и качества их жизни [2].

При анализе показателей EQL-1m, EQL-2m и EQL-3m SOT у обследованных женщин 60–69 лет с сохраненной постуральной стабильностью статистически значимых различий между ВГ не обнаружено (табл. 2). При этом медианы данных показателей в обеих группах были одинаковыми, а первые квартили

EQL-2m и EQL-3m у женщин 65–69 лет были выше. У женщин после 64 лет с сохраненной постуральной стабильностью не наблюдается снижения КФР COND1–3. Таким образом, на основании данных предыдущих исследований [3, 6] можно говорить о том, что КФР COND1–3 SOT у женщин 65–69 лет отражает степень преждевременных изменения КПБ, оказывающих существенное влияние на качество их жизни. Выявлены сильные прямые корреляционные связи между показателями EQL-3m и ЛТ (ρ -Спирмена = 0,735; $p < 0,001$). Следовательно, снижение КФР в пробе 3 у женщин 60–69 лет будет ухудшать эмоционально-поведенческое реагирование, повышать риск невротического конфликта, эмоционального срыва, а также развития психосоматических заболеваний. Можно говорить о высокой чувствительности колебаний центра тяжести (ЦТ) человека в оценке его психоэмоционального состояния и поведенческого реагирования.

Установлено, что все квартили EQL-5m у женщин ВГ 65–69 лет были выше, чем у женщин ВГ 60–64 лет ($U = 19\,228,5$; $p = 0,045$). Анализ EQL-4m и EQL-6m не выявил статистически значимых различий между ВГ, однако медианы данных показателей, а также первый квартиль EQL-6m были ниже у женщин в первой ВГ. Полученные результаты позволяют заключить, что высокие значения КФР COND4–6 у женщин после 64 лет будут определять постуральную стабильность. Способность постуральной системы у женщин 60–69 лет быстро адаптироваться к изменяющимся условиям окружающей среды следует рассматривать как прогностические параметры преждевременных изменений КПБ [3, 18, 19], что указывает на возможность прогнозирования ухудшения функции постуральной стабильности у пожилых людей по данным SOT.

При сравнительной оценке EQL–СМР статистически значимых различий между группами не выявлено, однако все квартили данного показателя у женщин 60–64 лет были ниже. Вероятно, у женщин 65–69 лет, не испытавших падений, не наблюдается снижения адаптационных возможностей функции равновесия, а также существенных изменений статических и статодинамических нейрофизиологических механизмов постурального баланса.

При анализе СПП COND1–6 SOT не установлено статистически значимых различий. Обращает на себя внимание то, что медианы показателей PST-5m и PST-6m у женщин 60–64 лет были ниже. Изучение PST–СМР также не выявлено значимых различий, при этом медианы данного показателя у женщин первой ВГ были ниже. Все это позволяет говорить об отсутствии у женщин 65–69 лет с сохраненной постуральной стабильностью возрастных изменений корректировок баланса через стратегию голеностопного сустава [12]. Таким образом, у женщин с постуральной стабильностью после 64 лет не происходит изменений в физиологических механизмах и снижения адаптационных возможностей СПП.

Таблица 2

Результаты Sensory organization test (SOT) у женщин пожилого возраста с сохраненной постуральной стабильностью, Ме (Q1–Q3), %

Показатель	Возрастная группа, лет		p-уровень
	60–64 n = 251	65–69 n = 173	
<i>Качество функции равновесия SOT</i>			
EQL-1m	95 (94–96)	95 (94–96)	0,982
EQL-2m	93 (90–94)	93 (91–94)	0,989
EQL-3m	91 (87–93)	91 (88–93)	0,752
EQL-4m	87 (82–91)	88 (82–91)	0,587
EQL-5m	65 (57–71)	67 (61–72)	0,045
EQL-6m	65 (56–73)	66 (57–73)	0,523
EQL–СМР	79 (75–82)	80 (76–83)	0,135
<i>Постуральная стратегия SOT</i>			
PST-1m	98 (98–99)	98 (98–99)	0,569
PST-2m	98 (97–99)	98 (97–99)	0,877
PST-3m	97 (96–98)	97 (96–98)	0,830
PST-4m	88 (85–91)	88 (84–91)	0,833
PST-5m	75 (70–80)	76 (71–81)	0,206
PST-6m	75 (69–80)	76 (68–81)	0,701
PST–СМР	88 (86–91)	89 (86–91)	0,511
<i>Сенсорный анализ SOT</i>			
RAT–SOM	98 (96–99)	98 (96–99)	0,524
RAT–VIS	92 (87–96)	93 (86–96)	0,663
RAT–VEST	68 (60–75)	71 (64–76)	0,045
RAT–PREF	99 (95–104)	98 (94–102)	0,144

Анализ ранговой корреляции Спирмена выявил умеренные обратные связи между PST–CMP и показателями УВС (ρ -Спирмена = $-0,315$; $p = 0,006$) и ТС (ρ -Спирмена = $-0,335$; $p = 0,004$). Полученные результаты указывают на то, что результирующая оценка СПП SOT у женщин пожилого возраста отражает адаптационные возможности и преждевременное изменение их КПБ, а также уровень их возрастной самооценки. Скоординированные моторные реакции, качество функционирования мышц и суставов ног, а также мышц спины у пожилых людей можно рассматривать как критерии для оценки преждевременного старения, уровня возрастной самооценки, продолжительности и качества их жизни. Поэтому целесообразно рекомендовать проведение электромиографических исследований у пожилых людей для определения особенностей КПБ и риска падений.

Сравнительная оценка RAT–SOM не выявила статистически значимых различий. Полученные данные говорят о том, что результативность соматосенсорной информации в контроле над балансом у людей 65 лет и старше, не испытавших падений, оказывает положительное влияние на уровень возрастной самооценки и качество их жизни [3], а также обосновывают необходимость внедрения физкультурно-оздоровительных программ, направленных на улучшения постурального баланса и снижения риска падений [16, 22]. Выполненные исследования показывают, что изменения PST–CMP будут также связаны с изменениями RAT–SOM [14]. Анализ RAT–VIS не выявил значимых различий, что подчеркивает важность зрительной информации в контроле над балансом с возрастом и при сохраненной функции постуральной стабильности у лиц после 64 лет [16].

Выявлено, что показатели RAT–VEST у женщин во второй ВГ были выше, чем у женщин в первой ВГ ($U = 19\ 221$; $p = 0,045$). Следовательно, у женщин после 64 лет результативность вестибулярной информации в контроле над балансом будет являться важным признаком постуральной стабильности, а также отражать степень выраженности преждевременных изменений КПБ. Корреляционный анализ выявил сильные обратные связи между RAT–VEST и ЛТ (ρ -Спирмена = $-0,856$; $p < 0,001$). Поэтому снижение вестибулярной информации в контроле над балансом, а также любые вестибулярные нарушения и головокружение [16] у людей в пожилом возрасте будут повышать у них риск развития высоких уровней ЛТ.

Сравнение данных RAT–PREF статистически значимых различий между группами не обнаружило. Вероятно, у женщин с сохраненной постуральной стабильностью после 64 лет не происходит изменений зрительно-пространственной информации в контроле над балансом. Известно, что ухудшение сенсорной организации постурального контроля у людей после 59 лет можно также рассматривать как риск преждевременного старения [3].

Таким образом, результаты проведенного исследования позволяют выявить дифференцированные

особенности КПБ при постуральной стабильности у женщин после 64 лет, которые заключаются в отсутствии возрастных изменений: КФР в функциональных пробах 1–4 и 6; СПП COND1–6; результирующей оценки КФР и СПП SOT; степени участия соматосенсорной, зрительной (зрительно-пространственной) информации в контроле над балансом. При этом установлены значимо лучшие значения КФР COND5 и степени участия вестибулярной информации в контроле поддержания баланса. Следовательно, высокие значения КФР в функциональной пробе 5 и степени участия вестибулярной информации в контроле над балансом следует рассматривать как критерий реактивного контроля в поддержании статодинамического и динамического баланса при сохранении постуральной стабильности у женщин 65–69 лет. Очевидно, что возрастные изменения постурального баланса у женщин после 64 лет напрямую связаны с наличием у них постуральной стабильности.

Обсуждение результатов

Полученные данные указывают на то, что показатели УВС у женщин 60–69 лет отражают уровень психофизиологической адаптации. Данный показатель является полезным инструментом для раннего выявления лиц с повышенным риском неблагоприятных исходов как физического, так и психологического старения, а также предиктором их «успешного старения» [7, 21]. В связи с этим можно говорить о том, что наличие постуральной стабильности у женщин 64 лет и старше является важной составляющей их физического и психологического благополучия. В исследовании В. Мігуска с соавт. отмечается, что субъективный возраст у пожилых людей является более сильным предиктором позитивной ориентации и удовлетворенности жизнью, чем КВ, и он также обладает сильной связью с оценкой их работоспособности [17]. Низкие значения показателей возрастной самооценки у людей в пожилом возрасте также коррелируют с ощущением себя счастливым и востребованным [7]. Стало быть, позитивная жизненная ориентация у женщин после 64 лет, отсутствие выраженных постуральных изменений (наличие постуральной стабильности), а также высоких уровней СТ и ЛТ будут определять их удовлетворенность жизнью в старости.

Ухудшение возрастной самооценки у пожилых женщин можно рассматривать как следствие или риск развития психоэмоционального стресса, снижение работоспособности [17]. Субъективный возраст у людей в пожилом возрасте интегрирует биологические, психологические и социальные сигналы о старении [7], а также удовлетворенность жизнью и позитивную ориентацию на будущее. В связи с этим наличие постуральной стабильности у женщин 65 лет и старше можно рассматривать как один из прогностических показателей увеличения продолжительности и качества их жизни, а также работоспособности, в том числе продолжения трудовой деятельности на пенсии [20]. Ощущение пожилым человеком себя на

свой КВ и старше можно рассматривать как первый признак субъективного ощущения старости, риска для физического и психологического благополучия, снижения удовлетворенностью жизнью, а также риска преждевременного физического и психологического старения.

Установлены связи между личностной тревожностью, уровнем возрастной самооценки и показателями SOT компьютерной постурографии у обследованных женщин пожилого возраста. Известно, что развитие невнимательности у пожилых лиц будет негативно отражаться на уровне тревожности [23]. Можно предположить, что концентрация внимания также будет определять производительность поструральной стратегии, зрительной (зрительно-пространственной) и вестибулярной информации в контроле над балансом.

Известно, что психоэмоциональное состояние пожилого пациента может затруднять эффективность проведения постурографической диагностики [16]. В рамках настоящей работы при постурографическом обследовании эту проблему удалось решить через учет скорости и частоты колебательных движений ЦТ. Такую технологию мы назвали «стабилокоррекция». Однако при использовании этой технологии увеличивается время обследования одного пациента примерно на 30 минут.

Сенсорная информация в поструральном балансе человека связана с его вниманием, вычислительной мыслительной деятельностью, а также с поведенческим ситуационным реагированием [10]. Снижение когнитивных функций у людей пожилого и старческого возраста сопровождается падениями и снижением у них КПБ [20]. Все это позволяет говорить о том, что колебательные движения ЦТ, показатели вестибулярной и зрительно-пространственной информации в контроле над балансом у пожилых людей отражают их психоэмоциональные и когнитивные изменения. В настоящее время следует говорить о новом направлении постурографических исследований, направленных на изучение особенностей колебательных движений ЦТ при различных эмоциональных и психических состояниях, когнитивных изменениях, а также особенностей движения ЦТ не только при физической, но и психологической реабилитации. Кроме того, изучение особенностей мозговых проявлений у лиц с поструральной стабильностью и нестабильностью становится важным аспектом в формировании новых знаний о риске падений и его прогнозировании.

Сохранение функции поструральной стабильности у пожилых людей после 64 лет определяется физиологическими, нейрофизиологическими и психофизиологическими механизмами поведенческого взаимодействия с окружающей средой, их изменениями, которые являются важной составляющей процесса их «успешного старения» [3]. На основании предыдущего исследования установлено, что у женщин после 64 лет в общепопуляционной когорте происходит снижение КФР в функциональных пробах 1, 3–6, СПП COND3, 4, 6, результирующих оценок КФР и СПП SOT, а

также зрительной, вестибулярной и зрительно-пространственной информации в контроле над балансом [5]. Следовательно, снижение КФР в функциональной пробе 2, СПП COND1, 2, 5, соматосенсорной информации в контроле поддержания балансом у женщин 65–69 лет можно рассматривать как предикторы преждевременного изменения КПБ. На основании данных SOT компьютерной постурографии можно говорить о том, что у женщин 65–69 лет с поструральной стабильностью не наблюдается каких-либо преждевременных изменений КПБ, а также изменений в деятельности ЦНС, связанных с регуляцией устойчивой вертикальной позы. Поскольку на падения людей в пожилом и старческом возрасте влияют множество факторов, то выполненные исследования показывают, что с помощью компьютерной постурографии можно прогнозировать не только риски самих падений, но и изменения функции поструральной стабильности, которые будут повышать этот риск.

Выполненные ранее исследования показали, что у женщин после 59 лет с поструральной стабильностью наблюдается снижение КФР в пробах 1–3, СПП в пробах 1, 2, 4–6, результирующей оценки СПП SOT, а также зрительно-пространственной информации в поструральном балансе [6]. Таким образом, снижение КФР в пробах 4–6, результирующей оценки КФР, СПП COND3 SOT, соматосенсорной, зрительной и вестибулярной информации в контроле над балансом у женщин 65–69 лет будут определять снижение функции поструральной стабильности (постуральную нестабильность), тем самым определяя эффективность КПБ. Поскольку поструральная стабильность является неотъемлемой частью управления и стабилизации позы, которые необходимы для различных статических, статодинамических и динамических задачах [16], становится важным изучение особенностей нормальной поструральной стабильности у пожилых людей при поддержании не только статического, но и динамического баланса.

Известно, что каждая сенсорная информация, участвующая в поструральном контроле, частично избыточна. Это условие необходимо в первую очередь для того, чтобы по крайней мере частично компенсировать информацию в тех сенсорных подсистемах баланса, в которых наблюдается дефицит [3, 16]. Следовательно, сохранение способности к избыточному функционированию соматосенсорной, зрительной и особенно вестибулярной информации в поддержании баланса у женщин 65–69 лет можно рассматривать как критерий отсутствия преждевременных изменений сенсорной организации управления.

Имеются исследования, в которых авторы определяют КФР в пробе 4 SOT, как один из первостепенных параметров возрастных изменений КПБ без его патологии [12]. Другие авторы, напротив, заостряют внимание на том, что в первую очередь снижение КФР COND3 и 6 указывает на преждевременные изменения КПБ [18]. Возможно также, что хорошее функционирование вестибулярной информации

в контроле над балансом у женщин 65–69 лет без падений будет оказывать положительное влияние на показатели КФР в COND4 и 6. На основании двухнедельной постурографической реабилитации посредством биологической обратной связи с использованием комплекса «Smart Equitest Balance Manager» (10 сеансов по 30 минут каждый) у пожилых лиц как с падениями, так и без падений Pierchala K. с соавт. [19] выявили улучшение показателей КФР в COND4–6, в то же время в COND1–3 существенных изменений данного коэффициента не установлено.

На основании полученных данных и результатов предыдущих исследований [4–6, 20] можно говорить о том, что снижение показателей КФР в COND1–3 у пожилых людей будет указывать на возрастные или преждевременные изменения КПБ, а изменения показателей в КФР в функциональных пробах 4–6 будет определять эффективность функционирования КПБ, необходимой для нормальной жизнедеятельности и продолжения трудовой деятельности на пенсии.

Установлена важность оценки СПП у пожилых людей с постуральной стабильностью. Следует заметить, что интерпретации данных показателей в научных публикациях сведены к минимуму или вообще не рассматриваются при описании SOT [5]. Анализ показателей PST COND1–6 SOT позволяет дать характеристику использования движений около лодыжек, бедер и верхней части тела для сохранения устойчивого равновесия в той или иной функциональной пробе. Колебания в пределах голеностопных суставов характеризуются низкими частотами (0,5 Гц и ниже), в то время как колебания в пределах тазобедренных суставов характеризуются высокими частотами (от 1 Гц и выше) [13]. Преобладание тазобедренной стратегии в поддержании баланса увеличивает скорость и площадь колебания ЦТ, которые, как известно, являются одними из важных и информативных количественных показателей компьютерной стабиллометрии (постурографии), наиболее чувствительными к возрастным изменениям постурального баланса и даже указывают на преждевременное старение [3, 5]. Таким образом, увеличение скорости и площади колебания ЦТ у женщин пожилого возраста будет указывать на снижение функции постуральной стабильности. Неспособность быстро адаптироваться к удержанию и стабилизации ЦТ в пределах базы его опоры при пространственных изменениях окружающей среды у женщин 65–69 лет будет повышать у них риск падений, что можно рассматривать как снижение процесса их «успешного старения». Любые изменения в лодыжках и голеностопных суставах, а также суставах стопы, особенно деформация первого пальца стопы, у пожилых женщин являются важными факторами функциональных возможностей поддержания баланса при старении [23]. Высокие показатели сенсорной организации контроля поддержания баланса, низкие значения скоординированных моторных реакций, отсутствие выраженных изменений в мышцах и суставах ног,

а также в мышцах спины будет определять процесс «успешного старения» у женщин после 64 лет.

Заключение

Результаты проведенного исследования позволили выявить особенности КПБ у женщин 60–69 лет с сохраненной постуральной стабильностью. При оценке результатов обследований на компьютерном постурографическом комплексе «Smart Equitest Balance Manager» возникает необходимость в разработке и внедрении в практику новых нормативных показателей компьютерной постурографии, которые бы определяли риски ранних изменений КПБ, поскольку существующие нормативные параметры позволяют выявить лишь преждевременные или предпатологические изменения. Все это обосновывает необходимость формирования новых и дополнения уже существующих знаний о пределах «оптимального», «нормального» и «аномального» функционирования постурального баланса у пожилых людей, которые необходимы для повышения эффективности постурографической диагностики и контроля постурографической коррекции посредством биологической обратной связи.

Авторство

Дёмин А. В. предложил идею статьи, разработал ее концепцию, внес существенный вклад в дизайн исследования, принял участие в подготовке первого варианта статьи; Гудков А. Б. участвовал в подготовке первого варианта статьи, внес существенный вклад в редактирование рукописи, окончательно утвердил присланную в редакцию рукопись; Попова О. Н. приняла участие в подготовке первого варианта статьи, внесла существенный вклад в редактирование окончательного варианта статьи; Щербина Ф. А. принял участие в разработке концепции статьи и в написании первого варианта рукописи.

Авторы подтверждают отсутствие конфликта интересов.

Дёмин Александр Викторович – SPIN 8134-5870; ORCID 0000-0001-8161-5776

Гудков Андрей Борисович – SPIN 4369-3372; ORCID 0000-0001-5923-0941

Попова Ольга Николаевна – SPIN 5792-0273; ORCID 0000-0002-0135-4594

Щербина Федор Александрович – SPIN 5194-1380

Список литературы

1. *Войтенко В. П.* Здоровье здоровых. Введение в санологию. Киев: Здоровье, 1991. 246 с.
2. *Грибанов А. В., Дёмин А. В., Гудков А. Б., Панков М. Н.* Характеристика качества жизни у городских женщин 55–64 лет // *Успехи геронтологии.* 2018. № 3. С. 387–393.
3. *Гудков А. Б., Дёмин А. В., Грибанов А. В.* Характеристика постурального контроля у женщин пожилого возраста с синдромом падений // *Успехи геронтологии.* 2015. Т. 28, № 3. С. 513–520.
4. *Гудков А. Б., Чащин В. П., Демин А. В., Попова О. Н.* Оценка качества жизни и постурального баланса у женщин старших возрастных групп, продолжающих работу в своей профессии // *Медицина труда и промышленная экология.* 2019. № 8. С. 473–478.
5. *Дёмин А. В., Гудков А. Б., Долгобородова А. А., Попова О. Н., Пащенко В. П.* Возрастная характеристика

постурального баланса у женщин 60–69 лет // Журнал медико-биологических исследований. 2018. Т. 6, № 4. С. 332–339.

6. Дёмин А. В., Гудков А. Б., Попова О. Н., Торшин В. И. Возрастные особенности показателей сенсорного организационного теста у женщин пожилого возраста с постуральной стабильностью // Вятский медицинский вестник. 2018. № 4 (60). С. 43–48.

7. Мелёхин А. И., Сергиенко Е. А. Субъективный возраст как предиктор жизнедеятельности в поздних возрастах // Современная зарубежная психология. 2015. Т. 4, № 3. С. 6–14. URL: http://psyjournals.ru/files/79056/jmfp_2015_3_n1_Melehin.pdf (дата обращения: 12.12.2019).

8. Практикум по психологии состояний / под ред. А. О. Прохорова. СПб.: Речь, 2004. 480 с.

9. Borah D., Wadhwa S., Singh U., Yadav S. L., Bhattacharjee M., Sindhu V. Age related changes in postural stability // Indian journal of physiology and pharmacology. 2007. Vol. 51, N 4. P. 395–404.

10. Chong R. K., Mills B., Dailey L., Lane E., Smith S., Lee K. H. Specific interference between a cognitive task and sensory organization for stance balance control in healthy young adults: visuospatial effects // Neuropsychologia. 2010. Vol. 48 (9). P. 2709–2718.

11. Ersoy Y., MacWalter R. S., Durmus B., Altay Z. E., Baysal O. Predictive effects of different clinical balance measures and the fear of falling on falls in postmenopausal women aged 50 years and over // Gerontology. 2009. Vol. 55, N 6. P. 660–665.

12. Faraldo-García A., Santos-Pérez S., Crujeiras R., Soto-Varela A. Postural changes associated with ageing on the sensory organization test and the limits of stability in healthy subjects // Auris, nasus, larynx. 2016. Vol. 43, N 2. P. 149–154.

13. Horak F. B., Nashner L. M. Central programming of postural movements: adaptation to altered support-surface configurations // Journal of neurophysiology. 1986. Vol. 55, N 6. P. 1369–1381.

14. Horak F. B., Nashner L. M., Diener H. C. Postural strategies associated with somatosensory and vestibular loss // Experimental brain research. 1990. Vol. 82, N 1. P. 167–177.

15. Laughton C. A., Slavin M., Katdare K., Nolan L., et al. Aging, muscle activity, and balance control: physiologic changes associated with balance impairment // Gait and posture. 2003. Vol. 18, N 2. P. 101–108.

16. Lord S. R., Close C. T., Sherrington C., Menz H. B. Falls in Older People: Risk Factors and Strategies for Prevention. 2nd ed. Cambridge: Cambridge University Press, 2007. 408 p.

17. Mirucka B., Bielecka U., Kisiełowska M. Positive orientation, self-esteem, and satisfaction with life in the context of subjective age in older adults // Personality and Individual Differences. 2016. Vol. 99. P. 206–221.

18. Mijđeci B., Aksoy S., Atas A. Avaliação do equilíbrio em idosos que sofrem queda e aqueles que não sofrem quedas // Associação Brasileira de Otorrinolaringologia e Cirurgia Cérvico-Facial. 2012. Vol. 78, N 5. P. 104–109.

19. Pierchala K., Lachowska M., Wysocki J., et al. Evaluation of the Sensory Organization Test to differentiate non-fallers from single- and multi-fallers // Advances in clinical and experimental medicine: official organ Wrocław Medical University. 2019. Vol. 28, N 1. P. 35–43.

20. Redfern M. S., Chambers A. J., Sparto P. J., et al. Inhibition and decision-processing speed are associated with performance on dynamic posturography in older adults // Experimental brain research. 2019. Vol. 237 (1). P. 37–45.

21. Shrira A., Bodner E., Palgi Y. The interactive effect of subjective age and subjective distance-to-death on psychological distress of older adults // Aging and mental health. 2014. Vol. 18, N 8. P. 1066–1070.

22. Smalley A., White S. C., Burkard R. The effect of augmented somatosensory feedback on standing postural sway // Gait & posture. 2018. Vol. 60. P. 76–80.

23. Spink M. J., Fotoohabadi M. R., Wee E., et al. Foot and ankle strength, range of motion, posture, and deformity are associated with balance and functional ability in older adults // Archives of physical medicine and rehabilitation. 2011. Vol. 92, N 1. P. 68–75.

24. Spirduso W. W., Francis K. L., MacRae P. G. Physical Dimensions of Aging. 2nd Ed. Champaign: Human Kinetics, 2005. 384 p.

References

1. Voitenko V. P. *Zdorov'e zdorovykh. Vvedenie v sanologiyu* [The Health of the Healthy. Introduction to Sanology]. Kiev, Zdorov'e Publ., 1991, 246 p.

2. Griбанov A. V., Dyomin A. V., Gudkov A. D., Pankov V. N. Quality of life characteristics in urban female population aged 55-64 years. *Uspekhi Gerontologii* [Advances in Gerontology]. 2018, 3, pp. 387-393. [In Russian]

3. Gudkov A. B., Dyomin A. V., Griбанov A. V. Postural control characteristics in elderly women with fallers. *Uspekhi Gerontologii* [Advances in Gerontology]. 2015, 25 (3), pp. 513-520. [In Russian]

4. Gudkov A. B., Chashchin V. P., Demin A. V., Popova O. N. Assessment of quality of life and postural balance in women of older age groups who continue to work in their profession. *Meditcina truda i promyshlennaiia ekologiia*, 2019, 8, pp. 473-478. [In Russian]

5. Demin A. V., Gudkov A. B., Dolgoborodova A. A., Popova O. N., Pashchenko V. P. Age Characteristics of Postural Balance in Women Aged 60-69 Years. *Zhurnal mediko-biologicheskikh issledovani* [Journal of Medical and Biological Research]. 2018, 6 (4), pp. 332-339. [In Russian]

6. Dyomin A. V., Gudkov A. B., Popova O. N., Torshin V. I. Age peculiarities of indicators of sensory organizational test in older women with postural stability. *Vyatskii meditsinskii vestnik* [Medical Newsletter of Vyatka]. 2018, 4, pp. 43-48. [In Russian]

7. Melekhin A. I., Sergienko E. A. The Subjective Age as a Predictor of Vital Functions of Elder People. *Sovremennaya zarubezhnaya psikhologiya* [Journal of Modern Foreign Psychology]. 2015, 4 (3), pp. 6-14. Available at: http://psyjournals.ru/files/79056/jmfp_2015_3_n1_Melehin.pdf (accessed: 12.12.2019). [In Russian]

8. *Praktikum po psikhologii sostoyanii* [Workshop on the psychology of states]. Ed. A. O. Prokhorov. Saint Petersburg, Rych Publ., 2004, 480 p.

9. Borah D., Wadhwa S., Singh U., Yadav S. L., Bhattacharjee M., Sindhu V. Age related changes in postural stability. *Indian journal of physiology and pharmacology*. 2007, 51 (4), pp. 395-404.

10. Chong R. K., Mills B., Dailey L., Lane E., Smith S., Lee K. H. Specific interference between a cognitive task and sensory organization for stance balance control in healthy young adults: visuospatial effects. *Neuropsychologia*. 2010, 48, pp. 2709-2718.

11. Ersoy Y., MacWalter R. S., Durmus B., Altay Z. E., Baysal O. Predictive effects of different clinical balance measures and the fear of falling on falls in postmenopausal women aged 50 years and over. *Gerontology*. 2009, 55 (6), pp. 660-665.

12. Faraldo-García A., Santos-Pérez S., Crujeiras R., Soto-Varela A. Postural changes associated with ageing on the sensory organization test and the limits of stability in healthy subjects. *Auris, nasus, larynx*. 2016, 43 (2), pp. 149-154.
13. Horak F. B., Nashner L. M. Central programming of postural movements: adaptation to altered support-surface configurations. *Journal of neurophysiology*. 1986, 55 (6), pp. 1369-1381.
14. Horak F. B., Nashner L. M., Diener H. C. Postural strategies associated with somatosensory and vestibular loss. *Experimental brain research*. 1990, 82 (1), pp. 167-177.
15. Laughton C. A., Slavin M., Katdare K., Nolan L., et al. Aging, muscle activity, and balance control: physiological changes associated with balance impairment. *Gait and posture*. 2003, 18 (2), pp. 101-108.
16. Lord S. R., Close C. T., Sherrington C., Menz H. B. *Falls in Older People: Risk Factors and Strategies for Prevention*. 2nd ed. Cambridge, Cambridge University Press, 2007, 408 p.
17. Mirucka B., Bielecka U., Kisielewska M. Positive orientation, self-esteem, and satisfaction with life in the context of subjective age in older adults. *Personality and Individual Differences*. 2016, 99, pp. 206-221.
18. Mújdecı B., Aksoy S., Atas A. Avaliação do equilíbrio em idosos que sofrem queda e aqueles que não sofrem quedas. *Associação Brasileira de Otorrinolaringologia e Cirurgia Cérvico-Facial*. 2012, 78 (5), pp. 104-109.
19. Pierchała K., Lachowska M., Wysocki J., et al. Evaluation of the Sensory Organization Test to differentiate non-fallers from single- and multi-fallers. *Advances in clinical and experimental medicine: official organ Wroclaw Medical University*. 2019, 28 (1), pp. 35-43.
20. Redfern M. S., Chambers A. J., Sparto P. J., et al. Inhibition and decision-processing speed are associated with performance on dynamic posturography in older adults. *Experimental brain research*. 2019, 237, pp. 37-45.
21. Shrira A., Bodner E., Palgi Y. The interactive effect of subjective age and subjective distance-to-death on psychological distress of older adults. *Aging and mental health*. 2014, 18 (8), pp. 1066-1070.
22. Smalley A., White S. C., Burkard R. The effect of augmented somatosensory feedback on standing postural sway. *Gait & posture*. 2018, 60, pp. 76-80.
23. Spink M. J., Fotoohabadi M. R., Wee E., et al. Foot and ankle strength, range of motion, posture, and deformity are associated with balance and functional ability in older adults. *Archives of physical medicine and rehabilitation*. 2011, 92 (1), pp. 68-75.
24. Spirduso W. W., Francis K. L., MacRae P. G. *Physical Dimensions of Aging*. 2nd Ed. Champaign, Human Kinetics, 2005, 384 p.

Контактна информация:

Дёмин Александр Викторович – кандидат биологических наук, доцент кафедры биологии человека и биотехнических систем ФГАОУ ВО «Северный (Арктический) федеральный университет имени М. В. Ломоносова» Министерства науки и высшего образования РФ
Адрес: 163045, г. Архангельск, проезд Бадигина, д. 3
E-mail: a.demin@narfu.ru