

УДК 616-092

Возрастные изменения показателей психомоторной координации в диапазоне 26–90 лет

Панкова Н.Б., Карганов М.Ю.

Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Научно-исследовательский институт общей патологии и патофизиологии». 125315, Москва, ул. Балтийская, д. 8

Целью работы была оценка возрастной динамики эффективности выполнения двигательной задачи в возрастном диапазоне от 26 до 90 лет, от онтогенетического этапа завершеного развития в сторону постепенного угасания функций.

Методы. В исследование включены результаты тестирования 1001 человека (666 женщин и 335 мужчин). Показатели психомоторной координации изучали на приборе компьютерный измеритель движений (КИД), при выполнении двигательной задачи, одинаковой для всех испытуемых – движении руки в локтевом суставе в горизонтальной плоскости. Оценивали скоростные и точностные показатели движений, плавность движений, скорость изменения двигательного стереотипа при смене амплитуды движений, сенсомоторную реактивность на стимулы разной модальности, моторную асимметрию.

Результаты. Дискриминантный анализ совокупности использованных показателей на 5 временных интервалах (26–35, 36–45, 46–55, 56–70 и 71–90 лет) показал значимое ухудшение психомоторной координации после 45 лет. Данное заключение подтверждено при анализе возрастной динамики отдельных показателей. Выявлено, что есть общие закономерности возрастной динамики психомоторики у женщин и у мужчин: снижение скоростных показателей, включая реактивность на световой стимул, снижение скорости перестройки паттерна движений при смене задачи (ловкости), ухудшение точности работы флексоров при снижении степени их моторной асимметрии (переход от правшества к обоюрукости). И есть дополнительные особенности у мужчин: более раннее снижение реактивности на звуковой стимул (на 10 лет раньше, чем у женщин), ухудшение точности работы не только флексоров, но и экстензоров.

Заключение. Выявленная возрастная динамика показателей психомоторной координации отражает снижение функциональных возможностей мышечной и нервной систем человека после 45 лет. Это обстоятельство необходимо учитывать при разработке социально-экономических проектов, чтобы планы на вовлечение людей в общественно полезную деятельность не превышали возможностей их организма.

Ключевые слова: двигательные тесты; психомоторная координация; сенсомоторная реактивность; моторная асимметрия; старение.

Для цитирования: Панкова Н.Б., Карганов М.Ю. Возрастные изменения показателей психомоторной координации в диапазоне 26–90 лет. Патогенез 2023; 21(3): 33-42.

DOI: 10.25557/2310-0435.2023.03.33-42

Для корреспонденции: Панкова Наталия Борисовна, e-mail: nbpankova@gmail.com

Финансирование. Работа выполнена в рамках государственного задания по теме «Оценка адаптивных реакций организма на действие физико-химических и экологических факторов среды» (№ FGFU-2022-0010).

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Поступила: 18.07.2023.

Age-related changes in psychomotor coordination parameters in the range of 26–90 years

Pankova N.B., Karganov M.Yu.

Institute of General Pathology and Pathophysiology, Baltiyskaya St. 8, Moscow 125315, Russian Federation

The aim of the work was to assess the age dynamics of the efficiency of motor task performance in the age range from 26 to 90 years, from the ontogenetic stage of completed development towards the gradual extinction of functions.

Methods. The study included the results of 1001 people (666 women and 335 men). Indicators of psychomotor coordination were studied on the device of a computer movement meter (CMM), when performing a motor task, the same for all subjects – the movement of the arm in the elbow joint in the horizontal plane. The speed and accuracy indicators of movements, smoothness of movements, the rate of change in the motor stereotype with a change in the amplitude of movements, sensorimotor reactivity to stimuli of different modality, and motor asymmetry were assessed.

Results. A discriminant analysis of the totality of the indicators used at 5-time intervals (26–35, 36–45, 46–55, 56–70 and 71–90 years) showed a significant deterioration in psychomotor coordination after 45 years. This conclusion was confirmed by the analysis of the age dynamics of individual indicators. It was revealed that there are general patterns of age-related dynamics of psychomotor activity in women and men: a decrease in speed indicators, including reactivity to a light stimulus, a decrease in the rate of reorganization of the movement pattern when changing tasks (dexterity), deterioration in the accuracy of the flexors with a decrease in the degree of their motor asymmetry (transition from rightness to double-handedness). And there are additional features in men: an earlier decrease in reactivity to a sound stimulus (10 years earlier than in women), a deterioration in the accuracy of not only flexors, but also extensors.

Conclusion. The revealed age-related dynamics of psychomotor coordination indicators reflects a decrease in the functional capabilities of the human muscular and nervous systems after 45 years. This circumstance must be considered when developing socio-economic projects so that plans to involve people in socially useful activities do not exceed the capabilities of their body.

Key words: motor tests; psychomotor coordination; sensorimotor reactivity; motor asymmetry; aging.

For citation: Pankova N.B., Karganov M.Yu. [Age-related changes in psychomotor coordination parameters in the range of 26–90 years]. *Patogenez [Pathogenesis]* 2023; 21(3): 33–42. (in Russian)

DOI: 10.25557/2310-0435.2023.03.33-42

For correspondence: Pankova Nataliya Borisovna, e-mail: nbpankova@gmail.com

Funding. This research was funded by an e State Assignment on the topic: «Assessment of adaptive responses of the body to the action of physicochemical and environmental factors» (№ FGFU-2022-0010).

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

Received: 18.07.2023.

Введение

Периодизация жизни человека важна не только для фундаментальной науки, но и имеет большое прикладное значение. При создании кадрового потенциала страны (города, предприятия, фирмы и т.д.) важно использовать оптимальные сроки развития физических и психических качеств человека (сенситивные периоды), чтобы сформировать качественные ресурсы с минимальными экономическими и педагогическими затратами, и без вреда для здоровья детей и подростков. А сроки задействованности кадровых ресурсов в общественно полезной деятельности не должны превышать функциональных возможностей организма человека.

Возрастная периодизация, принятая в гигиене и физиологии, предполагает наступление зрелого возраста у девушек в 21 год, у юношей – в 22 года. Дальше начинается зрелый возраст, который длится до выхода на пенсию, в соответствующие каждому полу свои годы. Фактически, зрелый возраст (или, по определению психологов – взрослость [1]), совпадает с основным периодом трудоспособности. По умолчанию считается, что физические и психофизиологические функции человека на данном временном отрезке жизни находятся на примерно одном уровне, а с выходом на пенсию начинают угасать. При этом, если человек чувствует себя достаточно хорошо, ему не возбраняется продолжать трудовую деятельность.

Спортивные физиологи с таким подходом согласны частично. Показано, что развитие физических качеств у человека происходит до 20–25 лет, особенно силы и выносливости [2]. А дальше начинаются процессы их инволюции, что в большинстве видов спорта проявляется как молодой возраст максимальных спортивных достижений (за исключением интеллектуальных игр и стрельбы), и снижение уровня спортивного мастерства у стареющих атлетов.

О возрастных изменениях возможностей сенсорных систем накоплен значительный материал в исследованиях психологов [1]. Так, оказалось, что у людей острота зрения значительно снижается после 50 лет, цветовая чувствительность – уже после 30. Слух также снижается с 50 лет, быстрее и в большей степени – для высоких частот. В плане собственно психических возможностей показано, что после 35 лет начинает снижаться уровень произвольного внимания и память различных видов (кратковременная и долговременная, зрительная и слуховая) [1].

Результаты физиологических исследований более оптимистичны, и говорят о снижении эффективности проведения нервного импульса по сенсорным и моторным путям (скорости и амплитуды ответа) лишь после 70 лет [3]. А нейрокогнитивные нарушения, связанные со старением даже в отсутствии патологии [4], могут быть значительно снижены/отсрочены под влиянием практики, например, описано повышение работоспособности в зрелом возрасте – до 60 лет [5].

Наши исследования на выборке в 636 человек показали, что показатели психомоторной координации, оцениваемые по эффективности выполнения одной и той же двигательной задачи на приборе «компьютерный измеритель движений» (КИД) в нормированных относительно пола и возраста 20 лет единицах (баллах), остаются на одном уровне не далее 45 лет [6]. Затем показатели психомоторики начинают заметно ухудшаться.

Целью данной работы стала оценка возрастной динамики эффективности выполнения двигательной задачи на приборе КИД в возрастном диапазоне от 26 до 90 лет, от онтогенетического этапа завершеного развития в сторону постепенного угасания функций, с использованием реальных (не нормированных) величин показателей (секунды, %).

Материалы и методы исследования

В анализ взяты результаты оценки психомоторной координации 1001 человека в возрасте от 26 до 90 лет. Весь возрастной период был разбит на 5 диапазонов длительностью по 10 лет. Характеристика выборок представлена в табл. 1. В связи с малочисленностью выборок

Таблица 1

Численность выборок разного возраста и пола

	Женщины	Мужчины
26–35	113	75
36–45	183	85
46–55	244	89
56–70	110	54
71–90	16	32
всего	666	335
	1001	

в старших возрастных группах мы использовали увеличенный диапазон 56–70 лет и объединили выборки 71–80 и 81–90 лет.

Участие в исследовании было основано на информированном согласии обследуемых лиц. Соответствие исследования международному (в том числе Хельсинкской декларации в редакции 2013 г.) и российскому законодательствам о правовых и этических принципах проведения научных исследований с участием человека подтверждено решением Комитета по этике ФГБНУ «НИИОПП», протокол №4 от 02.09.2019.

Все испытуемые были практически здоровы. Измерения проводили в основном в рабочее время, в медицинском кабинете предприятий или на рабочем месте (например, в образовательных организациях), за исключением незначительного числа людей из самых старших возрастных категорий, которые были обследованы в условиях санаторно-курортного лечения.

Показатели психомоторной координации изучали на приборе КИД [7], при выполнении двигательной задачи, одинаковой для всех испытуемых – движении руки в локтевом суставе в горизонтальной плоскости. В первом тесте необходимо совершать циклические движения (двигать рычаг) между парой светящихся светодиодов, с максимально возможной скоростью и максимальной точностью, при этом угловое расстояние между светодиодными маркерами за время теста дважды меняется [6, 7]. Оценивали:

- длительность цикла движения (ДЦД, с),
- время изменения двигательного стереотипа при смене амплитуды движений (ВИДС, с),
- точность движений как ошибка сенсорной коррекции работы условных флексоров и условных экстензоров – величина «промахиваний» курсора (в % от общей амплитуды движений) мимо светящегося маркера при приводящих (условная флексия) и отводящих (условная экстензия) движениях руки (ОКФ, %; ОКЭ, %),
- плавность движений как доля основной гармоники в ритмограмме (ПД, %).

Во втором тесте оценивали время реакции (латентные периоды) простой сенсомоторной реакции на световой (ВРС, с) и звуковой (ВРЗ, с) стимулы, и отношение ВРЗ/ВРС. Мы использовали отношение ВРС/ВРЗ не только как индикатор психофизиологических особенностей человека, но и как показатель, чувствительный к влиянию средовых факторов, в том числе – к особенностям профессиональной деятельности [8].

Все тесты выполняются обеими руками по очереди. При оценке количественных показателей для нивелирования влияния функциональной моторной асимметрии мы рассчитывали средние показатели (ср) для левой и правой руки. Моторную асимметрию (ас) оценивали отдельно, в % различий между показателями левой и правой рук, по принципу: для величин скорости движений (ДЦД, ВИДС, ВР) и ошибки сенсорной коррекции работы групп мышц (ОК), как обратной величины точности, признаком правшества считали более

низкие показатели правой руки; для величины плавности (ПД) – наоборот, признаком правшества были более высокие показатели правой руки.

Статистическую обработку данных проводили с использованием пакетов программ Statistica 8.0 и GraphPad Prism 8. Результаты женщин и мужчин анализировали по отдельности. Наличие возрастной динамики изменения психомоторной координации в целом (с учетом всех показателей) оценивали с использованием дискриминантного анализа, по алгоритму прямого пошагового анализа; статистическую значимость фактических дискриминантных функций проверяли, выполняя канонический анализ. Возрастную динамику отдельных показателей оценивали по критерию Краскела–Уоллиса с последующим множественным сравнением по критерию Данна; различия в возрастной динамике отдельных показателей у женщин и мужчин проверяли по алгоритму двухфакторного анализа (пол – возраст). Межгрупповые различия в отдельных возрастных интервалах оценивали по критерию Манна–Уитни. Равенство дисперсий оценивали по критерию Левена, характер распределения выборок – по критерию Шапиро–Уилка.

Результаты исследования и обсуждение

Проведенный дискриминантный анализ всех показателей психомоторной координации при выполнении двигательной задачи на приборе КИД показал, что как у женщин, так и у мужчин наблюдается статистически значимая возрастная динамика: Wilks' Lambda = 0,818, $F_{(36,2400)} = 3,688$, $p < 0,001$; Wilks' Lambda = 0,578, $F_{(56,1204)} = 3,255$, $p < 0,001$, соответственно.

У женщин в модель вошли (в порядке прямой пошаговой дискриминации) ДЦДср, ОКФср, ВРСас, ОКФас, ПЦУас, ПЦУср, ВРСср, ВРЗас, ОКЭас, из них статистически значимы – ДЦДср, ОКФср, ОКФас. У мужчин показателей в модели оказалось больше: ДЦДср, ОКФср, ПЦУср, ВРЗср, ВРЗас, ОКЭас, ПДас, ОКФас, ДЦДас, ВРСас, ВРСср, ВРЗ/ВРС, ПДср, ОКЭср, из них статистически значимы – ДЦДср, ОКФср, ПЦУср, ВРЗас, ПДас, ДЦДас. Важно, что и у женщин, и у мужчин отличия комплекса показателей психомоторной координации от такового в возрасте 26–35 лет были статистически значимы уже в возрастном периоде 46–55 лет, и такие различия сохранялись в более старших группах, что воспроизвело наши более ранние результаты на меньшей выборке [6].

Из четырёх дискриминантных функций для определения различий между показателями пяти возрастных периодов статистически значимой (по результатам канонического анализа) у женщин была только Root1: Wilks' Lambda = 0,817, $\chi^2_{(36)} = 130,139$, $p < 0,001$. Для второй функции Root2 отмечена статистическая тенденция: Wilks' Lambda = 0,948, $\chi^2_{(24)} = 34,363$, $p = 0,078$. У мужчин статистически значимыми были обе первые дискриминантные функции: для Root1 Wilks' Lambda = 0,577, $\chi^2_{(56)} = 173,554$, $p < 0,001$, для Root2 Wilks' Lambda = 0,837, $\chi^2_{(39)} = 56,002$, $p < 0,038$.

Анализ факторной структуры канонических функций показал, что в возрастной динамике показателей психомоторики у женщин и мужчин есть как общие моменты, так и свои особенности (табл. 2).

Из таблицы видно, что наибольший вес в снижении психомоторной функции как у женщин, так и у мужчин имеют ДЦДср (показатель скорости движений) и ОКФСр (показатель точности движений). Анализ динамики этих показателей на интервале 26–90 лет выявил значимое возрастание ДЦДср (рис. 1, А), причём у женщин показатели группы сравнения 26–35 лет значимо были превышены уже в результатах тестирования в 36–45 лет (и старше), тогда как у мужчин – только после 56 лет. Однако межполовых различий в возрастной динамике данного показателя не выявлено, несмотря на различия показателей женщин и мужчин на возрастных интервалах 36–45 и 46–50 лет.

Ошибка сенсорной коррекции флексоров также возрастала от 26 до 90 лет и у женщин, и у мужчин, что говорит о снижении точности движений (рис. 1, Б). При этом у женщин наихудшие показатели отмечены в возрасте 56–70 лет, тогда как у мужчин величина ОКФСр начинает превышать таковую в группе сравнения 26–35 лет уже с 46 лет. Также мы отмечаем тенденцию ($p = 0,085$) к более выраженному возрастному снижению точности движений в работе флексоров у мужчин. Вероятно, это также относится и к работе экстензоров – у женщин показатель ОКЭср даже не вошёл в модель дискриминации,

тогда как у мужчин данный показатель имеет достаточно большой вес в канонической функции, хотя и ниже порога статистической значимости.

Как общую закономерность для женщин и мужчин мы выделяем также снижение скорости перестройки паттерна движений при смене задачи (по показателю ВИДСср), что может отражать как снижение внимания, так и ухудшение ловкости, особенно в возрасте старше 70 лет (рис. 1, В). У женщин фактор ВИДСср в канонической функции не достиг уровня статистической значимости, вероятно, по причине весьма неплохих показателей в возрастном интервале 56–70 лет, не отличимых от группы сравнения 26–35 лет. У мужчин ВИДСср был выше (хуже), чем у женщин, в возрастных интервалах 26–35 и 36–45 лет, но затем снизился, и в целом до 70 лет не отличался от самой молодой группы. Поскольку в нашем исследовании принимали участие работающие пенсионеры, есть вероятность того, что они и остались на работе по достижении пенсионного возраста, так как сохранили высокий уровень внимания и ловкости. Мы не можем быть уверенными, что данный показатель покажет такую же возрастную динамику у тех людей, кто был вынужден уйти на пенсию в соответствующем возрасте по состоянию здоровья.

Показатели сенсомоторной реактивности (ВРС, ВРЗ) не вошли в группу статистически значимых в дискриминантных функциях женщин и мужчин. Однако в канонической функции у женщин фактор ВРСср

Таблица 2

Факторная структура канонических функций Root1 и Root2 у женщин и мужчин

Женщины			Мужчины		
Показатели	Root1	Root2	Показатели	Root1	Root2
ДЦДср	0,696	0,052	ДЦДср	-0,564	-0,219
ВИДСср	0,3263	-0,478	ВИДСср	-0,461	-0,494
ОКФСр	0,353	0,291	ОКФСр	-0,291	0,582
ОКЭср	—	—	ОКЭср	-0,124	0,526
ПДср	—	—	ПДср	-0,072	-0,084
ВРСср	0,478	0,028	ВРСср	-0,423	0,135
ВРЗср	—	—	ВРЗср	-0,339	0,495
ВРЗ/ВРС	—	—	ВРЗ/ВРС	-0,131	0,479
ДЦДас	—	—	ДЦДас	0,269	0,012
ВИДСас	-0,162	0,193	ВИДСас	—	—
ОКФас	-0,067	0,362	ОКФас	0,117	0,429
ОКЭас	0,073	0,219	ОКЭас	-0,120	-0,404
ПДас	—	—	ПДас	0,077	-0,244
ВРСас	0,246	-0,440	ВРСас	-0,122	-0,002
ВРЗас	0,025	-0,481	ВРЗас	-0,118	0,118

Примечания. Списки показателей у женщин и у мужчин даны в одинаковой последовательности, без поправки на уровень их статистической значимости – для удобства сравнения. Пустые ячейки означают отсутствие показателя в дискриминантной функции. В перечнях показателей жирным шрифтом выделены статистически значимые переменные дискриминантных функций; в столбцах Root1 и Root2 жирным шрифтом выделены статистически значимые переменные канонических функций. Фиолетовым цветом залиты ячейки с наиболее значимыми факторами, общими для женщин и для мужчин, розовым – факторы, характерные только для женщин, голубым – факторы, характерные только для мужчин.

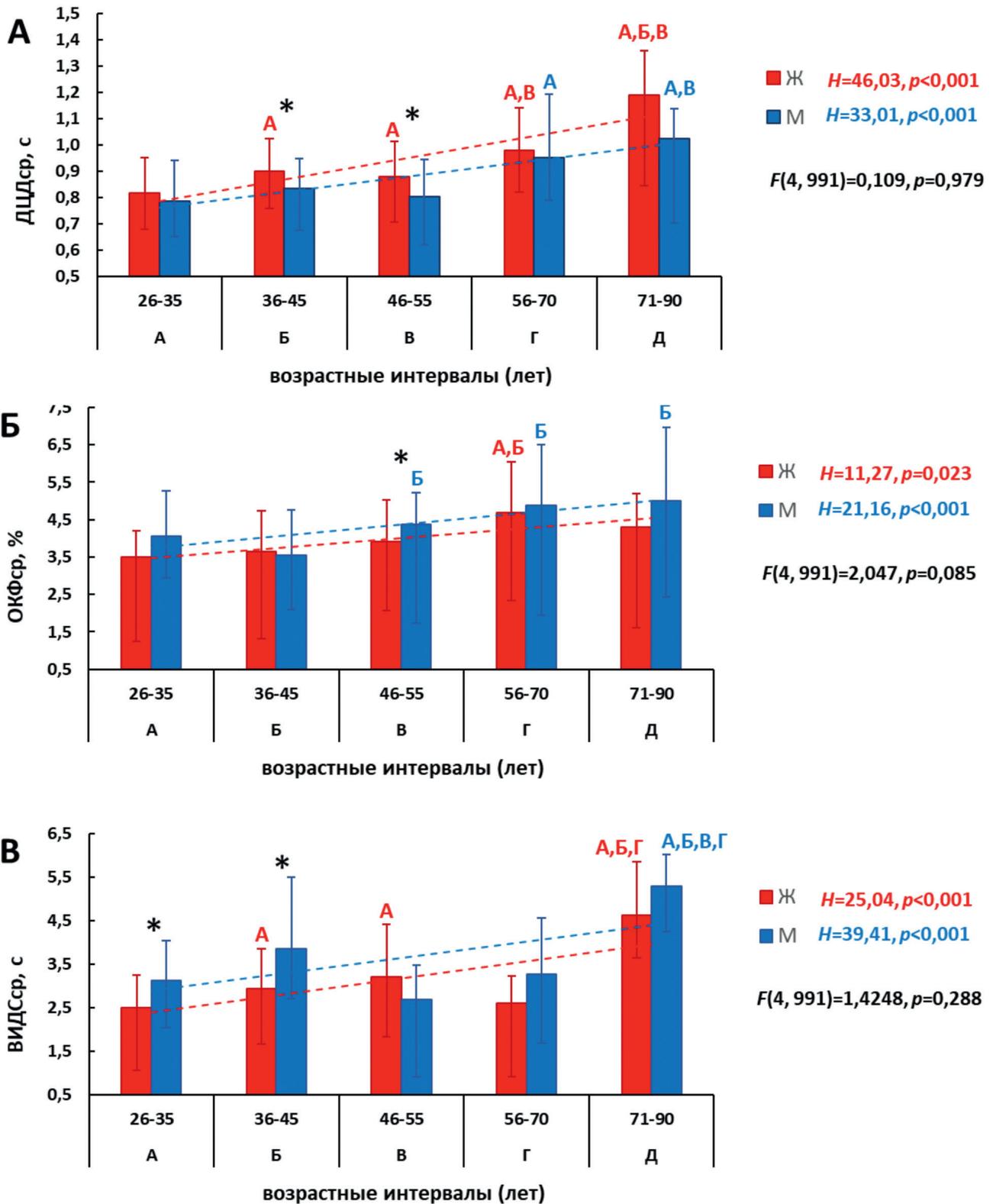


Рис. 1. Возрастная динамика скоростных и точностных показателей психомоторной координации у женщин (красный цвет) и у мужчин (синий цвет). А – ДЦДср, Б – ОКФср, В – ВИДср. Пунктирными линиями соответствующего цвета обозначены статистические тренды. Справа шрифтом соответствующего цвета приведены результаты статистического анализа динамики показателей по критерию Краскела–Уоллиса, чёрным шрифтом приведены результаты сравнения динамики у женщин и у мужчин по двухфакторному анализу. Обозначения статистической значимости межгрупповых различий: * – различия между женщинами и мужчинами по критерию Манна–Уитни, $p < 0,05$; буквами, соответствующими возрастным интервалам на оси абсцисс, обозначены отличия от этих интервалов по критерию Данна, $p < 0,05$.

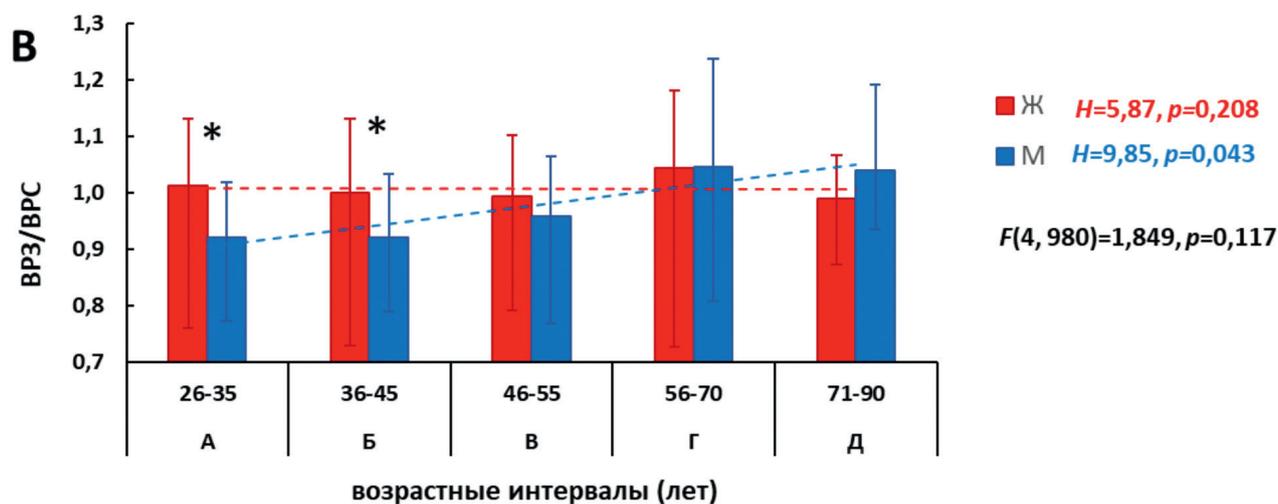
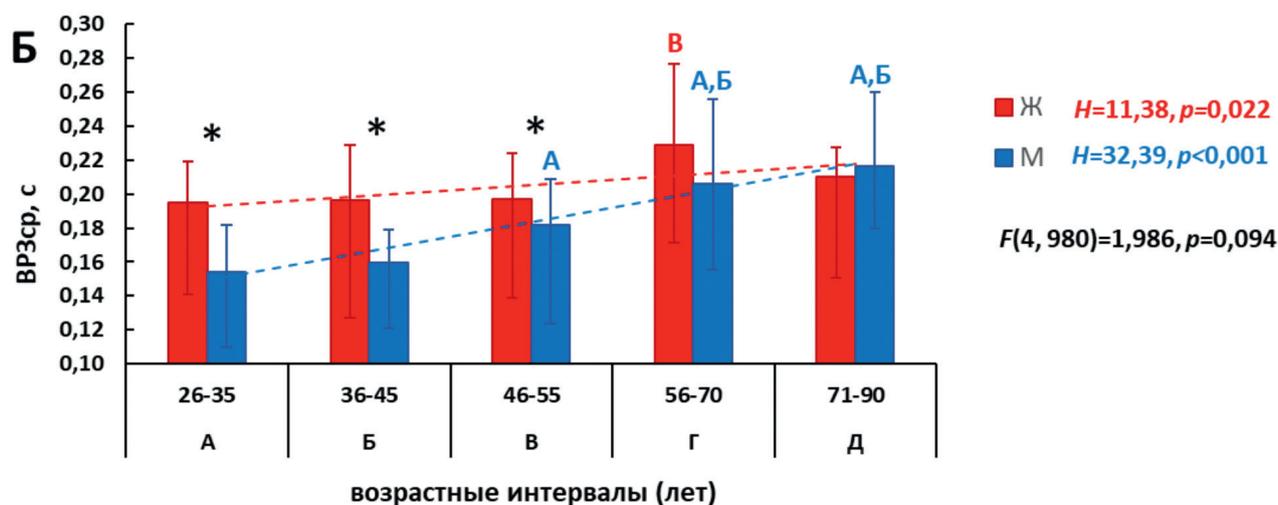
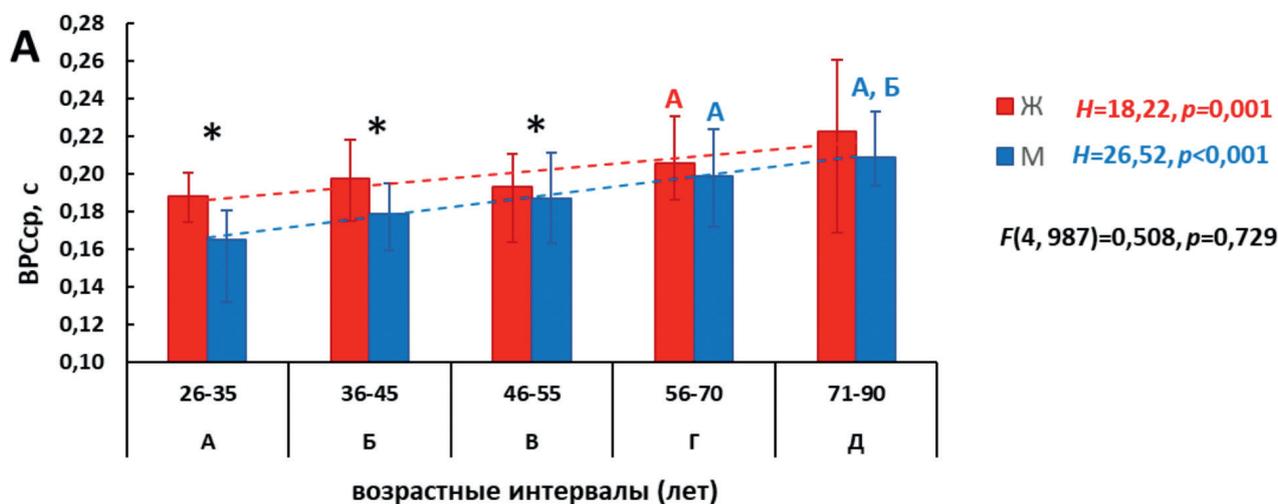


Рис. 2. Возрастная динамика показателей сенсомоторной реактивности у женщин и у мужчин. А – ВРСср, Б – ВРЗср, В – ВРС/ВРЗ. Обозначения – как на рис. 1. Пунктирными линиями соответствующего цвета обозначены статистические тренды. Справа шрифтом соответствующего цвета приведены результаты статистического анализа динамики показателей по критерию Краскела-Уоллиса, чёрным шрифтом приведены результаты сравнения динамики у женщин и у мужчин по двухфакторному анализу. Обозначения статистической значимости межгрупповых различий: * – различия между женщинами и мужчинами по критерию Манна-Уитни, $p < 0,05$; буквами, соответствующими возрастным интервалам на оси абсцисс, обозначены отличия от этих интервалов по критерию Данна, $p < 0,05$.

оказался статистически значимым; у мужчин же, при высоких значениях вклада в дискриминацию, уровня значимости не достиг (табл. 2). При оценке возрастной динамики ВРСр обнаружено статистически значимое возрастание величины данного показателя у обоих полов (рис. 2, А), после 55 лет отличия от группы сравнения 26–35 лет становятся значимыми и у женщин, и у мужчин. При этом в периоды 26–35, 36–45 и 46–55 лет реактивность на световой стимул у мужчин была лучше (показатель ВРСр ниже), чем у женщин, но после 55 лет показатели сравнялись. Вероятно, это одно из проявлений более реактивной и быстрой (до определённого возраста) когнитивной обработки информации у мужчин [9], подтверждаемой даже методами нейровизуализации [10].

Близкие закономерности были выявлены и для ВРЗср (рис. 2, Б), с той разницей, что у мужчин реактивность на стимул этой модальности начала ухудшаться на 10 лет раньше, чем ВРСр – после 45 лет, а различия в динамике данного показателя у женщин и мужчин были на уровне тенденции ($p = 0,094$). Соответственно, возрастная динамика отношения ВРС/ВРЗ у женщин и у мужчин также была разной (рис. 2, В): у женщин этот показатель на протяжении возрастного интервала 26–90 лет не менялся, у мужчин – значимо возрастал. Следует, однако, отметить, что статистически значимых (по двухфакторному анализу) межполовых различий в динамике данного показателя показать не удалось ($p = 0,117$).

Для объяснения худшей динамики ВРЗср у мужчин можно привлечь два направления анализа. Во-первых, у мужчин есть соответствующая медицинская статистика по возрастному ухудшению слуха – у них данная патология встречается чаще, тяжелее и начинается раньше по сравнению с женщинами [11].

Во-вторых, реактивность на звуковые стимулы – это не только собственно сенсорная реакция, но и отражение процессов осознания, распознавания значения звуков в контексте речевой функции [12]. Следовательно, можно предположить более быстрое развитие у мужчин (по сравнению с женщинами) психофизиологических проблем, связанных с вербальной коммуникацией [13], в частности, вследствие сосудистых поражений головного мозга, которым они подвержены больше, чем женщины [14].

Из показателей асимметрии в дискриминантную функцию возрастных изменений у женщин вошел ОКФас, который также был статистически значимым и в канонической функции Root2 (табл. 2). У мужчин данный показатель, наряду с ОКЭас, также был весомым фактором, хотя и ниже уровня статистической значимости. Статистические тренды показывают плавное снижение правшества для этого показателя с переходом в обоерукость, что оказалось более выраженным у мужчин (рис. 3, А). Сглаживание асимметрии в точности работы руками с возрастом обычно связывают с многолетним формированием навыков и выполнением задач, где задействованы обе руки [15].

Однако у женщин в канонической функции существенным фактором оказались также показатели сенсорной асимметрии – ВРСас и ВРЗас (табл. 2). Анализ возрастной динамики для этих показателей выявил возможный тренд к возрастанию правшества в самых старших возрастных группах – после 70 лет (рис. 3, Б), не подтвержденный, однако, в нашем исследовании статистически. Литературные же данные говорят о том, что у стареющих женщин (в возрасте 60–74 года) возрастает латентность сенсорного вызванного потенциала Р300 при усилении функциональной активности левого полушария [16], что совпадает с нашими данными.

В нашей более ранней работе, при балльной оценке параметров психомоторной координации, мы обратили внимание, что в самых старших возрастных группах показатель ОКФ имеет бимодальное распределение с пиками в областях 1) нормы и 2) значительного превышения нормы [6]. В данной работе, при оценке абсолютных величин, именно по этому показателю – ОКФср – мы увидели худшие показатели точности движений (в сравнении с ОКЭср) в возрасте после 45 лет, и тенденцию к большей дисперсии ОКФср в сравнении с ОКЭср после 70 лет (рис. 4, А). Поскольку мы сравнивали объединённые выборки (женщины + мужчины), можно было бы предположить, что большая дисперсия обусловлена смешением особенностей каждого пола, однако различия между женщинами и мужчинами по показателю ОКФср выявлены только в возрастном диапазоне 46–55 лет (рис. 1, Б), а по показателю ОКЭср их не было ни на одном возрастном интервале. Гистограмма индивидуальных величин данного показателя (рис. 4, А, справа) представляет собой мономодальное распределение, отличное от нормального, с удлинённым правым плечом – наличием достаточно большой доли испытуемых с высокой ошибкой сенсорной коррекции. Именно эти значения при пересчёте в баллы могли давать вторую моду в нашей более ранней работе [6]. Следовательно, большая дисперсия ОКФср с большой вероятностью обусловлена индивидуальной вариативностью данного показателя, как у женщин, так и у мужчин.

Аналогичный подход к анализу различий ВР также показал особенности реактивности на звуковой стимул – его большую дисперсию по сравнению с ВРСср во всех возрастных диапазонах, и большую величину в возрасте 56–70 лет (рис. 4, Б). В данном случае различия между дисперсиями ВРСср и ВРЗср в диапазонах 26–5, 36–45 и 46–55 лет вполне могут быть объяснены объединением выборок женщин и мужчин, так как на этих временных интервалах мы показали наличие межполовых различий (рис. 2, А, Б). Однако в более старшем возрасте показатели женщин и мужчин выравниваются, а различия в дисперсии остаются. Гистограмма индивидуальных показателей ВРЗср в возрасте 56–70 лет также оказалась мономодальной, с распределением, отличным от нормального (рис. 4, Б, справа), и с увеличенным правым плечом. Следовательно, в старших возрастных группах, действительно появляется часть испы-

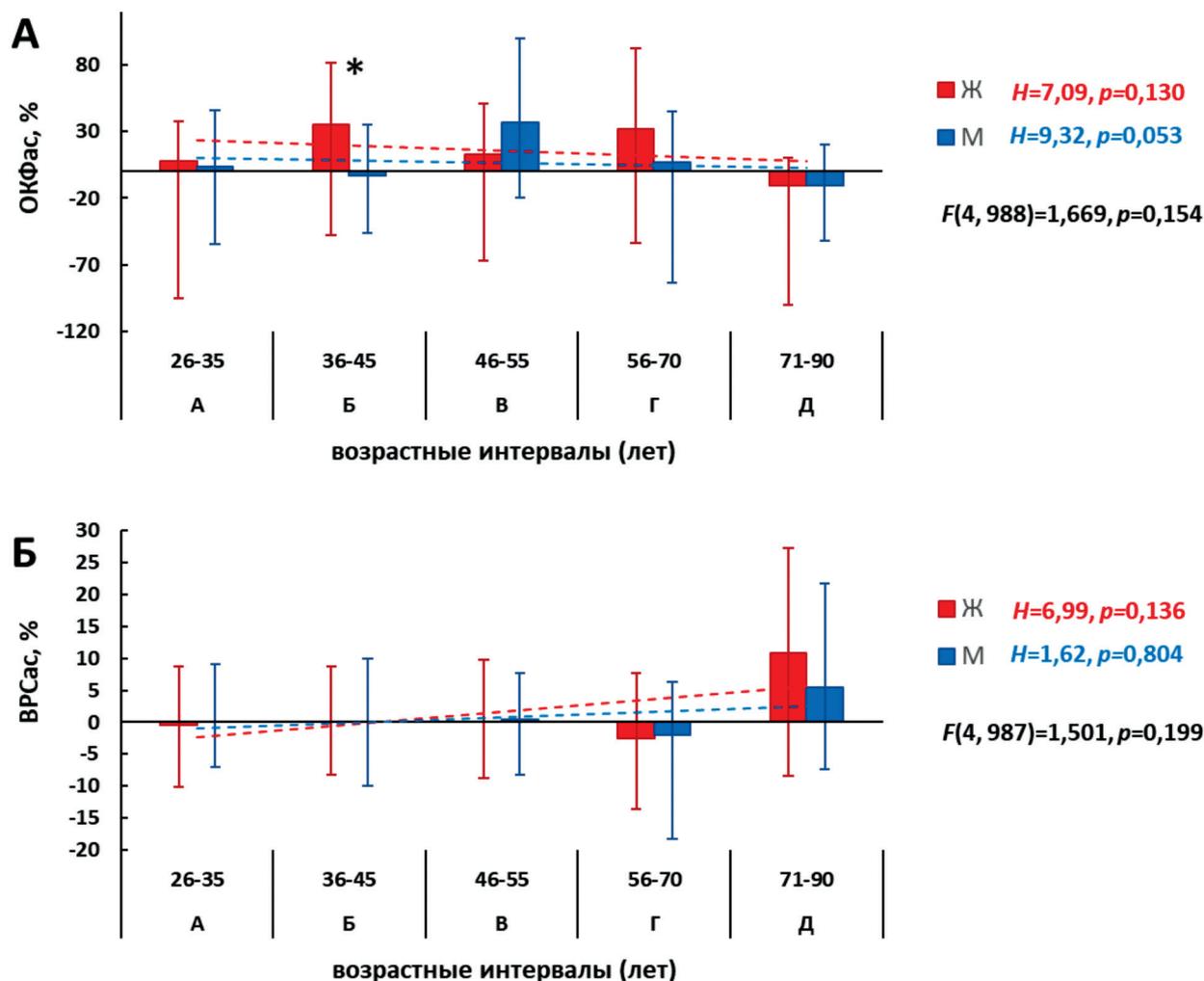


Рис. 3. Возрастная динамика показателей моторной асимметрии у женщин и у мужчин. А – ОКФас, Б – ВРСас. На оси ординат положительные значения соответствуют степени правшества, отрицательные – степени левшества. Остальные обозначения – как на рис. 1.

туемых, имеющих проблемы с восприятием звуковых стимулов. Возможно, что после 70 лет она, по крайней мере, частично решается за счёт использования слуховых аппаратов. Однако наличие проблем со слухом и использование слуховых аппаратов мы не фиксировали, и тест проводили при утверждении испытуемого, что он хорошо слышит подаваемый сигнал. Напомним также, что, согласно полученным и описанным выше результатам, негативная возрастная динамика реактивности на слуховые стимулы в большей степени оказалась характерна для мужчин.

Выявленная возрастная динамика показателей психомоторной координации, безусловно, имеет объективный базис в виде снижения функциональных возможностей мышечной и нервной систем – снижения скорости проведения нервного импульса [3] и скорости сокращения мышц [17] – в пенсионном возрасте, объема кратковременной памяти и способности концентрировать и удерживать внимание [1] – уже после 30 лет. Также в 30–40 лет обычно дебютируют

функциональные двигательные расстройства [18] и неврологические заболевания [19]. Печально, что негативные изменения в психомоторной сфере становятся заметными не с достижением пенсионного возраста, а значительно раньше, уже после 45 лет. Конечно, некоторую нотку оптимизма добавляют данные о возможности задержать процесс увядания методами спортивной медицины и физкультуры [20]. Дело за малым – заняться собой.

Заключение

Результаты проведенного исследования показали наличие значимого ухудшения психомоторной координации после 45 лет. Выявлено, что у женщин и мужчин есть общие закономерности возрастной динамики показателей психомоторики: снижение скоростных показателей, включая реактивность на световой стимул, снижение скорости перестройки паттерна движений при смене задачи (ловкости), ухудшение точности работы

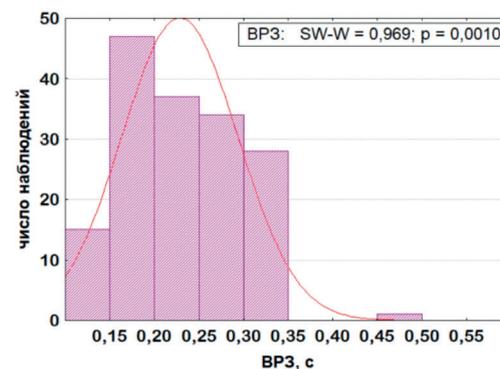
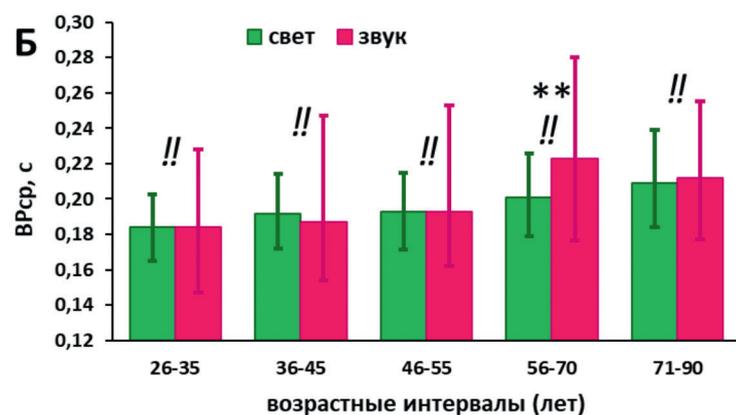
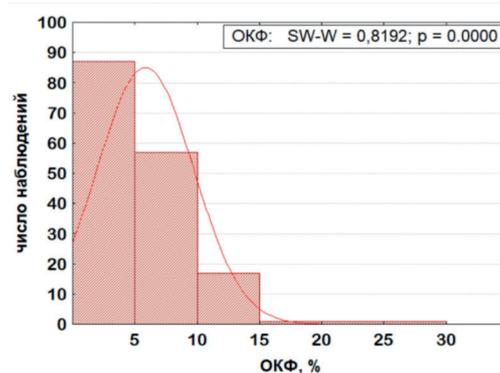
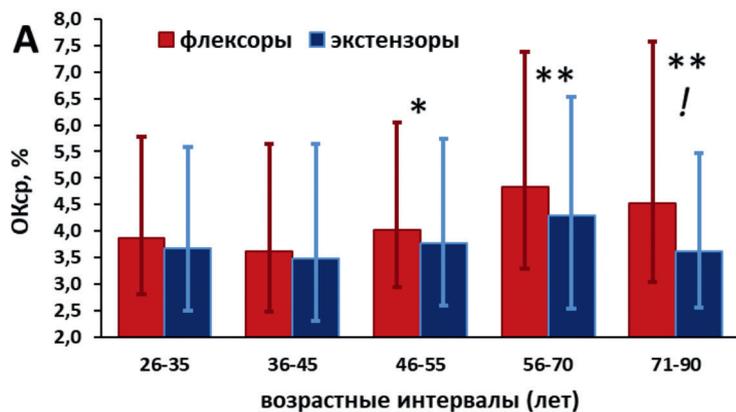


Рис. 4. Возрастная динамика объединённых (женщины + мужчины) выборок. А – ОКФср и ОКЭср, Б – ВРср и ВРЗср. Обозначения статистической значимости межгрупповых различий по критерию Манна–Уитни: ** – $p < 0,05$, * – $p < 0,07$; по критерию Левена: !! – $p < 0,05$, ! – $p < 0,07$. Справа приведены гистограммы распределения показателей (ОКФср и ВРЗср) в выборке возрастного интервала 56–70 лет, в прямоугольнике в верхнем правом углу – результаты проверки гипотезы о нормальности распределения выборки по критерию Шапиро–Уилка.

флексоров при снижении степени их моторной асимметрии (переход от правшества к обоерукости). И есть дополнительные особенности у мужчин: более раннее снижение реактивности на звуковой стимул (на 10 лет раньше, чем у женщин), ухудшение точности работы не только флексоров, но и экстензоров.

Значительная дисперсия показателей точности работы флексоров и латентных периодов реакции на звуковой стимул предполагают большую индивидуальную вариативность данных показателей, что, вероятно, имеет клинические корреляты.

Полученные данные должны учитываться при разработке социально-экономических проектов, чтобы планы на вовлечение людей в общественно полезную деятельность не превышали функциональных возможностей их организма.

Список литературы

- Ильин Е.П. *Психология взрослости*. СПб: Питер, 2012. 544 с.
- Сухарев А.Г. *Здоровье и физическое воспитание детей и подростков*. Л.: Медицина, 1991. 272 с.
- Rivner MH, Swift TR, Malik K. Influence of age and height on nerve conduction. *Muscle Nerve*. 2001; 24(9): 1134–1141. DOI: 10.1002/mus.1124
- Harada C.N., Natelson Love M.C., Triebel K.L. Normal cognitive aging. *Clin. Geriatr. Med.* 2013; 29(4): 737–752. DOI: 10.1016/j.cger.2013.07.002
- Salthouse T.A. Influence of age on practice effects in longitudinal neurocognitive change. *Neuropsychology*. 2010; 24(5): 563–572. DOI: 10.1037/a0019026
- Панкова Н.Б., Лебедева М.А., Черепов А.Б., Карганов М.Ю. Оценка параметров психомоторной интеграции с помощью прибора КИД-3 для донозологической диагностики двигательных нарушений в позднем онтогенезе. *Патогенез*. 2015; 13(1): 48–53.
- Пивоваров В.В. Компьютеризированный измеритель движений. *Медицинская техника*. 2006; 2: 21–24.
- Панкова Н.Б., Карганов М.Ю. Динамика латентных периодов простой сенсомоторной реакции на стимулы разной модальности у педагогов Москвы. *Валеология*. 2015; 2: 101–107.
- Bianco V., Berchicci M., Quinzi F., Perri R.L., Spinelli D., Di Russo F. Females are more proactive, males are more reactive: neural basis of the gender-related speed/accuracy trade-off in visuo-motor tasks. *Brain Struct. Funct.* 2020; 225(1): 187–201. DOI: 10.1007/s00429-019-01998-3
- Cotelli M., Manenti R., Gobbi E., Enrici I., Rusich D., Ferrari C., Adenzato M. Theory of Mind Performance Predicts tDCS-Mediated Effects on the Medial Prefrontal Cortex: A Pilot Study to Investigate the Role of Sex and Age. *Brain Sci.* 2020; 10(5): 257. DOI: 10.3390/brainsci10050257
- Nolan L.S. Age-related hearing loss: Why we need to think about sex as a biological variable. *J. Neurosci. Res.* 2020; 98(9): 1705–1720. DOI: 10.1002/jnr.24647
- Chiou S.C., Chang E.C. Bimanual Coordination Learning with

- Different Augmented Feedback Modalities and Information Types. *PLoS One*. 2016; 11(2): e0149221. DOI: 10.1371/journal.pone.0149221
13. Eichner A.C.O., Donadon C., Skarżyński P.H., Sanfins M.D. A Systematic Review of the Literature Between 2009 and 2019 to Identify and Evaluate Publications on the Effects of Age-Related Hearing Loss on Speech Processing. *Med. Sci. Monit.* 2022; 28: e938089. DOI: 10.12659/MSM.938089
 14. Chang Y.T., Chen Y.L., Kang H.Y. Revealing the Influences of Sex Hormones and Sex Differences in Atrial Fibrillation and Vascular Cognitive Impairment. *Int. J. Mol. Sci.* 2021; 22(16): 8776. DOI: 10.3390/ijms22168776
 15. Marcori A.J., Monteiro P.H.M., Okazaki V.H.A. Changing handedness: What can we learn from preference shift studies? *Neurosci. Biobehav. Rev.* 2019; 107: 313–319. DOI: 10.1016/j.neubiorev.2019.09.019
 16. Кэрэуш Я.В., Дерябина И.Н., Депутат И.С., Джос Ю.С. Возрастные особенности вызванных потенциалов и характеристики поведенческого реагирования у женщин 60–74 лет. *Успехи геронтологии*. 2018; 31(5): 751–759.
 17. Canepari M., Pellegrino M.A., D'Antona G., Bottinelli R. Single muscle fiber properties in aging and disuse. *Scand. J. Med. Sci. Sports.* 2010; 20(1): 10–19. DOI: 10.1111/j.1600-0838.2009.00965.x
 18. Lidstone S.C., Costa-Parke M., Robinson E.J., Ercoli T., Stone J; FMD GAP Study Group. Functional movement disorder gender, age and phenotype study: a systematic review and individual patient meta-analysis of 4905 cases. *J. Neurol. Neurosurg. Psychiatry.* 2022; 93(6): 609–616. DOI: 10.1136/jnnp-2021-328462
 19. Stafford J., Chung W.T., Sommerlad A., Kirkbride J.B., Howard R. Psychiatric disorders and risk of subsequent dementia: Systematic review and meta-analysis of longitudinal studies. *Int. J. Geriatr. Psychiatry.* 2022; 37(5): 10.1002/gps.5711. DOI: 10.1002/gps.5711
 20. Gallardo-Gómez D., Del Pozo-Cruz J., Noetel M., Álvarez-Barbosa F., Alfonso-Rosa R.M., Del Pozo Cruz B. Optimal dose and type of exercise to improve cognitive function in older adults: A systematic review and bayesian model-based network meta-analysis of RCTs. *Ageing Res. Rev.* 2022; 76: 101591. DOI: 10.1016/j.arr.2022.101591
 7. Pivovarov V.V. The Computerized Motion Meter. *Biomedical Engineering.* 2006; 2: 74–77.
 8. Pankova N.B., Karganov M.Yu. [Dynamics of the latent period of simple sensorimotor response to stimuli of different modalities in Moscow teachers]. *Valeologiya [Scientific and Practical Journal of Health and Life Sciences]*. 2015; 2: 101–107. (in Russian)
 9. Bianco V., Berchicci M., Quinzi F., Perri R.L., Spinelli D., Di Russo F. Females are more proactive, males are more reactive: neural basis of the gender-related speed/accuracy trade-off in visuo-motor tasks. *Brain Struct. Funct.* 2020; 225(1): 187–201. DOI: 10.1007/s00429-019-01998-3
 10. Cotelli M., Manenti R., Gobbi E., Enrici I., Rusich D., Ferrari C., Adenzato M. Theory of Mind Performance Predicts tDCS-Mediated Effects on the Medial Prefrontal Cortex: A Pilot Study to Investigate the Role of Sex and Age. *Brain Sci.* 2020; 10(5): 257. DOI: 10.3390/brainsci10050257
 11. Nolan L.S. Age-related hearing loss: Why we need to think about sex as a biological variable. *J. Neurosci. Res.* 2020; 98(9): 1705–1720. DOI: 10.1002/jnr.24647
 12. Chiou S.C., Chang E.C. Bimanual Coordination Learning with Different Augmented Feedback Modalities and Information Types. *PLoS One*. 2016; 11(2): e0149221. DOI: 10.1371/journal.pone.0149221
 13. Eichner A.C.O., Donadon C., Skarżyński P.H., Sanfins M.D. A Systematic Review of the Literature Between 2009 and 2019 to Identify and Evaluate Publications on the Effects of Age-Related Hearing Loss on Speech Processing. *Med. Sci. Monit.* 2022; 28: e938089. DOI: 10.12659/MSM.938089
 14. Chang Y.T., Chen Y.L., Kang H.Y. Revealing the Influences of Sex Hormones and Sex Differences in Atrial Fibrillation and Vascular Cognitive Impairment. *Int. J. Mol. Sci.* 2021; 22(16): 8776. DOI: 10.3390/ijms22168776
 15. Marcori A.J., Monteiro P.H.M., Okazaki V.H.A. Changing handedness: What can we learn from preference shift studies? *Neurosci. Biobehav. Rev.* 2019; 107: 313–319. DOI: 10.1016/j.neubiorev.2019.09.019
 16. Kereush Y.V., Deryabina I.N., Deputat I.S., Dzhos Y.S. [Characteristic of the behavioral response and cognitive evoked potentials at 60–74 aged women]. *Uspekhi gerontologii [Advances in Gerontology]*. 2018; 31(5): 751–759. (in Russian)
 17. Canepari M., Pellegrino M.A., D'Antona G., Bottinelli R. Single muscle fiber properties in aging and disuse. *Scand. J. Med. Sci. Sports.* 2010; 20(1): 10–19. DOI: 10.1111/j.1600-0838.2009.00965.x
 18. Lidstone S.C., Costa-Parke M., Robinson E.J., Ercoli T., Stone J; FMD GAP Study Group. Functional movement disorder gender, age and phenotype study: a systematic review and individual patient meta-analysis of 4905 cases. *J. Neurol. Neurosurg. Psychiatry.* 2022; 93(6): 609–616. DOI: 10.1136/jnnp-2021-328462
 19. Stafford J., Chung W.T., Sommerlad A., Kirkbride J.B., Howard R. Psychiatric disorders and risk of subsequent dementia: Systematic review and meta-analysis of longitudinal studies. *Int. J. Geriatr. Psychiatry.* 2022; 37(5): 10.1002/gps.5711. DOI: 10.1002/gps.5711
 20. Gallardo-Gómez D., Del Pozo-Cruz J., Noetel M., Álvarez-Barbosa F., Alfonso-Rosa R.M., Del Pozo Cruz B. Optimal dose and type of exercise to improve cognitive function in older adults: A systematic review and bayesian model-based network meta-analysis of RCTs. *Ageing Res. Rev.* 2022; 76: 101591. DOI: 10.1016/j.arr.2022.101591

References

1. Ilyin E.P. [Psychology of adulthood]. St. Petersburg: Piter, 2012. 544 p. (in Russian)
2. Sukharev A.G. [Health and physical education of children and adolescents]. Leningrad: Meditsina, 1991. 272 p. (in Russian)
3. Rivner MH, Swift TR, Malik K. Influence of age and height on nerve conduction. *Muscle Nerve.* 2001; 24(9): 1134–1141. DOI: 10.1002/mus.1124
4. Harada C.N., Natelson Love M.C., Triebel K.L. Normal cognitive aging. *Clin. Geriatr. Med.* 2013; 29(4): 737–752. DOI: 10.1016/j.cger.2013.07.002
5. Salthouse T.A. Influence of age on practice effects in longitudinal neurocognitive change. *Neuropsychology.* 2010; 24(5): 563–572. DOI: 10.1037/a0019026
6. Pankova N.B., Lebedeva M.A., Cherepov A.B., Karganov M.Yu. [Evaluation of psychomotor integration parameters with KID-3 device for prenosological diagnostics of motor disorders in the late ontogenesis]. *Patogenez [Pathogenesis]*. 2015; 13(1): 48–53. (in Russian)

Сведения об авторах:

Панкова Наталья Борисовна — доктор биологических наук, доцент, главный научный сотрудник лаборатории физико-химической и экологической патофизиологии Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Научно-исследовательский институт общей патологии и патофизиологии»; <https://orcid.org/0000-0002-3582-817X>

Карганов Михаил Юрьевич — доктор биологических наук, профессор, главный научный сотрудник лаборатории физико-химической и экологической патофизиологии Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Научно-исследовательский институт общей патологии и патофизиологии»; <https://orcid.org/0000-0002-5862-8090>