

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В СОВРЕМЕННОЙ ПЕРСОНИФИЦИРОВАННОЙ ПРЕВЕНТИВНОЙ МЕДИЦИНЕ

АНАЛИЗ БИОВОЗРАСТА С ПОМОЩЬЮ КОМПЬЮТЕРНОГО МОНИТОРИНГА РАБОТОСПОСОБНОСТИ И ПСИХО-ЭМОЦИОНАЛЬНОГО СОСТОЯНИЯ КАК ЭЛЕМЕНТ ПРЕВЕНТИВНО-ПЕРСОНАЛИЗИРОВАННОГО ПОДХОДА К УПРАВЛЕНИЮ ЗДОРОВЬЕМ

УДК 57.087.1

Смирнова Т.М.¹, Крутько В.Н.^{1,2}, Маркова А.М.¹

¹ Федеральный исследовательский центр «Информатика и управление» РАН, Москва, Россия

² Первый МГМУ им. И.М. Сеченова, Москва, Россия

ANALYSIS OF BIOAGE USING COMPUTER MONITORING OF PERFORMANCE AND PSYCHO-EMOTIONAL STATE AS AN ELEMENT OF PREVENTIVE AND PERSONALIZED APPROACH TO HEALTH MANAGEMENT

Smirnova T.M.¹, Krut'ko V.N.^{1,2}, Markova A.M.¹

FGBU Institut sistemnogo analiza Federal'nogo issledovatel'skogo centra «Informatika i upravlenie»
Rossijskoj akademii nauk, Moscow, Russia

² Первый МГМУ им. И.М. Сеченова, Moscow, Russia

Введение

На первый взгляд, проблематика оценки биовозраста (БВ) не имеет прямого отношения к превентивной медицине. Однако выявление таких эффектов, как превышение БВ над календарным возрастом или повышенная, по сравнению с нормативным уровнем, скорость старения при отсутствии клинических симптомов, по существу, решает задачу оценки общего состояния здоровья или диагностики донозологических изменений. Мониторинг изменений этого показателя может служить удобным способом интегральной оценки эффективности личных программ здоровьесбережения. При этом в ряде случаев для компенсации

обнаруженных отклонений от нормальной траектории старения не требуется лечебных воздействий, но достаточно коррекции образа жизни.

Исследование процессов старения человека – сложная и трудоемкая задача, требующая значительного числа измерений биомаркеров, т.е. показателей состояния, демонстрирующих выраженные изменения с возрастом. Поскольку различные системы организма могут стареть с неодинаковой скоростью, в качестве биомаркеров старения используются разнообразные показатели: анатомические, физиологические, биохимические, иммунологические, психологические, показатели умственной и физической работоспособ-

ности, клинические характеристики и субъективные оценки здоровья. Для современных исследований в области диагностики старения характерно стремление к расширению спектра биомаркеров старения за счет показателей, методы изучения которых стали технически доступны лишь в последнее время (анализ генома, метаболомное профилирование). При всех преимуществах данного подхода его очевидным ограничением для массового применения является высокая стоимость. Значительно меньше внимания уделяется показателям работоспособности, хотя в некоторые панели биомаркеров включаются отдельные параметры физической и умственной работоспособности (сила кисти, скорость ходьбы, результативность тестов Шульте и Векслера). Однако возрастные изменения работоспособности крайне важны в практической жизни каждого человека, поэтому персонализированная модель старения должна включать маркеры работоспособности. Измерение отдельных параметров работоспособности значительно проще и дешевле, чем измерение многих маркеров БВ, требующее сложных и дорогостоящих инструментальных методов. Ограниченное использование показателей работоспособности в качестве маркеров БВ связано с тем, что для них характерна высокая интериндивидуальная вариабельность. Кроме того, исследования результативности сложной целенаправленной деятельности практически не воспроизводятся на лабораторных животных, а такая воспроизводимость часто рассматривается как критерий для маркеров биовозраста (например, в системе критериев, предложенной Американской федерацией исследования старения). Для решения проблемы использования показателей работоспособности в качестве маркеров старения и предикторов продолжительности активной жизни мы использовали подход, основанный на мониторинге индивидуальной работоспособности с целью определения индивидуальных нормативных уровней. Тогда отклонения от индивидуальной нормы могут быть использованы в качестве маркеров старения с низкой интериндивидуальной вариабельностью. Реализация такого подхода требует наличия эффективных инструментов тестирования работоспособности, позволяющих за приемлемое время проводить большое число сеансов тестирования для каждого индивидуума. Использование компьютерных методик тестирования позволяет решить эту проблему, а также создать архивы данных, достаточные для анализа как индивидуальных, так и групповых параметров старения.

Для описания старения на индивидуальном уровне проводятся продольные, или лонгитюдные, исследования. Однако для прогноза процессов старения, более содержательного и надежного, чем инерционный прогноз, необходимы характеристики старения на популяционном уровне или на уровне референтной группы. Продольные исследования с большим числом участников, обследуемых в одинаковые сроки на протяжении многих лет, крайне трудно обеспечить. Поэтому параметры старения на популяционном уровне чаще всего определяют в поперечных исследованиях. На результатах таких исследований основаны различные методы оценки БВ как интегральной оценки старения. При этом всегда остается открытым вопрос о том, в какой мере эти оценки адекватны для отдельных людей или иных групп или популяций.

Цель и методы исследования

Целью данного исследования была оценка возможностей использования показателей умственной работоспособности, сенсомоторной координации и психо-эмоционального состояния в качестве маркеров биовозраста. Для этого было проведено сравнение оценок темпа старения, полученных в трех различных экспериментах – продольном, поперечном и смешанном.

Исследования были выполнены с помощью компьютерной системы «СОПР-мониторинг» [1]. Данная система представляет собой компьютеризованный инструмент тестирования умственной работоспособности, сенсомоторной координации и психо-эмоционального состояния с автоматическим сохранением результатов тестирования. Система включает следующие методики:

- тест САН-самооценка самочувствия, активности и настроения;
- арифметический тест-непрерывный счет в авто-темпе (НСАТ);
- сенсомоторный тест-реакция на движущийся объект (РДО);
- тест реактивной тревожности Спилбергера-Ханина.

В процессе выполнения методики НСАТ в течение 3 минут на монитор последовательно выводятся однозначные числа зеленого, красного или синего цвета. Пользователь должен, начиная с исходного числа, в дальнейшем все зеленые числа прибавлять, а красные – вычитать из предыдущей суммы, набирая результат на цифровой клавиатуре. В случае появления синего числа необходимо повторить предыдущий результат. По результатам этого теста фиксируются общее число выполненных операций ($N_{\text{опер}}$) и число правильных ответов ($N_{\text{прав}}$), а также рассчитывается показатель точности счета (T) – процентная доля правильных ответов.

После вызова теста РДО на экране появляется окружность с неподвижной меткой и шариком, который начинает двигаться по окружности. Задача тестируемого – нажимать на клавишу <Enter> каждый раз, когда подвижная метка касается неподвижной. Продолжительность теста – 3 минуты, за это время шарик проходит 30 кругов. В файле результатов фиксируется время ошибки реакции для каждого круга (если на каком-то круге клавиша <Enter> не была нажата, – пробел), а также расчетные величины – средний модуль ошибки (СМО), средняя величина ошибки (СО) и максимальный модуль ошибки (ММО), измеряемые в мс.

Тест САН, используемый в системе «СОПР-мониторинг», представляет собой модификацию широкого известного бланкового теста. Как и в бланковом варианте, обследуемому предъявляется 30 пар контрастных утверждений относительно его состояния. В отличие от бланкового варианта, позицию, соответствующую его состоянию, обследуемый должен отметить на размещенной на экране линейке, концы которой соответствуют значениям -1 (наихудшее возможное состояние) и 1 (наилучшее состояние), а не выбирать один из семи возможных ответов на каждый вопрос. Такая модификация не меняет смысла теста, но, как показали наши многочисленные исследования, увеличивает его разрешающую способность. На каждую из трех шкал теста-самочувствия (С), активности (А) и настроения (Н) приходится по 10 вопросов. Оценки С, А и Н вычисляются как средние по 10 соответствующим значениям и находятся в пределах от -1 до 1.

Таблица 1. Коэффициенты углового наклона b в линейной регрессионной зависимости показателей мониторинга от возраста в продольном, поперечном и смешанном исследовании.

Показатель	Серия исследований			
	1	2	3	3 – средние
N_прав	-1,18±0,11***	-	-0,32±0,10**	-0,26±0,26
N_опер	-1,14±0,16***	-	-0,33±0,10***	-0,29±0,25
T	-0,04±0,02**	-	-0,03±0,05	0,01±0,11
СМО	0,15±0,17	0,30±0,52	0,65±0,23**	0,98±0,53
СО	0,63±0,28*	-1,52±1,17	0,62±0,37*	0,082±1,10
С	-0,019±0,004***	-0,011±0,005*	-0,008±0,002***	-0,010±0,005
А	-0,010±0,003**	-0,005±0,005	-0,006±0,002***	-0,008±0,005
Н	-0,018±0,003***	-0,007±0,006	-0,011±0,002***	-0,012±0,006

Примечание: * $-p < 0,05$; ** $-p < 0,01$; *** $-p < 0,001$.

В тесте Спилбергера-Ханина обследуемый должен выбрать один из четырех предлагаемых вариантов ответа на 20 последовательно задаваемых вопросов. Результатом теста является интегральная оценка реактивной тревожности (РТ).

Компьютерная система «СОПР-мониторинг» была разработана при участии сотрудников ГНЦ РФ-ИМБП РАН – ведущей российской организации в сфере медико-биологического обеспечения пилотируемых космических объектов и фундаментальных исследований в области космической биологии и медицины. Первоначально эта система была предназначена для целей психофизиологического мониторинга в условиях экспериментов, моделирующих комплекс факторов космического полета. Однако она оказалась эффективной и для оценки работоспособности в условиях привычной профессиональной деятельности научных сотрудников и среднего медицинского персонала [1]. В нашей работе [2] было показано, что система «СОПР-мониторинг» удобна для самотестирования в домашних условиях и что результаты многолетнего самотестирования позволяют выявить тренды работоспособности и субъективной оценки состояния, которые могут быть связаны со старением.

Для анализа темпов старения мы использовали данные, полученные при тестировании женщин в трех сериях исследования:

1 – продольное исследование с единственным обследуемым (n-of-1 experiment). Самотестирование в домашних условиях в течение 10 лет (с марта 2007 г. по март 2017 г., всего 211 сеансов) проводила женщина – научный сотрудник, возраст которой за время исследования изменялся от 54 до 64 лет. Это исследование не имело заранее заданного плана, поэтому интервалы между сеансами варьировали от неполных суток до 286 дней. Тестирование осуществлялось в разное время суток в перерывах в процессе работы за компьютером – либо выполнения привычной профессиональной деятельности, либо поиска информации для различных индивидуальных целей.

2 – поперечное исследование. 72 женщины в возрасте от 51 до 86 лет были обследованы в рамках проекта «Живи долго!», выполненного в 2014 г. в городе Воронеже [3]. Целью данного проекта являлись исследование динамики старения и апробация методов замедления старения в условиях современного российского города. Тестирование с помощью системы «СОПР-мониторинг»

все участники проходили 1 раз в процессе первичного обследования до применения каких-либо средств геро-профилактики. Методику НСАТ, которая слишком трудна для лиц старшего возраста, в этой серии не использовали. Тестирование проводили в первой половине дня.

3 – смешанное исследование – выполнено сотрудниками ГНЦ РФ-ИМБП РАН в условиях привычной профессиональной деятельности в 2004–2006 гг. В исследовании принимали участие 17 женщин в возрасте от 28 до 68 лет. Тестирование проводили в течение рабочего дня. Число сеансов тестирования, выполненных отдельными участницами, варьировало от 1 до 15, всего проведено 115 сеансов. Анализ данных этого исследования проводили в двух вариантах. В первом случае использовали все зарегистрированные данные, во втором – индивидуальные средние значения всех исследуемых показателей.

Все обследуемые во время проведения тестирования были практически здоровы.

Для анализа данных были использованы методы корреляционного, регрессионного и дисперсионного анализа. Вычисления выполнены с помощью пакета Statistica.

Результаты исследования и их обсуждение

Для всех показателей мониторинга были оценены параметры возрастного тренда по формуле:

$$y = a + bx \quad (1),$$

где y – показатель мониторинга,

x – возраст (лет),

a и b – коэффициенты.

Ни для одного из показателей мониторинга экспоненциальная аппроксимация зависимости от возраста не была более точной, чем линейная. Экспоненциальный рост с возрастом характерен для важнейшего показателя возрастных изменений на популяционном уровне – интенсивности смертности. Закон Гомперца, описывающий именно такую динамику смертности, начиная с некоторого возраста, справедлив не только для человеческих популяций, но и для других видов. Более медленный рост показателей работоспособности и самооценки состояния по сравнению с интенсивностью смертности, по-видимому, связан с тем, что эти показатели не критичны для выживания.

В таблице 1 приведены значения коэффициента углового наклона b , характеризующего темпы возрастных изменений, для всех показателей мониторинга, для которых хотя бы в одной серии исследований этот коэффициент был отличен от нуля с уровнем значимости $p < 0,05$. Для показателей ММО и РТ достоверный линейный тренд не был обнаружен ни в одной серии, поэтому эти показатели не были включены в таблицы.

Результаты регрессионного анализа показали, что типичная возрастная тенденция характеризуется снижением качества умственной деятельности, увеличением ошибки сенсомоторной деятельности и ухудшением самооценки состояния.

В серии 2, в которой проводили также и клиническое обследование участников, субъективно оцениваемое ухудшение состояния было подтверждено рядом объективных показателей. С увеличением возраста были отме-

чены снижение жизненной емкости легких, рост систолического давления, снижение силы кисти, остроты слуха и зрения [3]. Такой результат позволяет предполагать, что выявленные тренды субъективных оценок состояния отражают в линейном приближении реальную тенденцию к снижению функций организма с возрастом.

Параметры линейного тренда, рассчитанные для показателей мониторинга в различных сериях исследования, оказались неодинаковы. Скорость снижения самочувствия была минимальной в серии 2 и максимальной в серии 1. Но при этом средний уровень этого показателя в серии 1 был значительно выше, чем в других сериях (Рис. 1), т.е. более быстрое возрастное снижение начиналось с более высокого начального уровня, соответствующего более высокому значению коэффициента a в формуле (1). Такое смещение самооценки состояния может быть связано с личностными

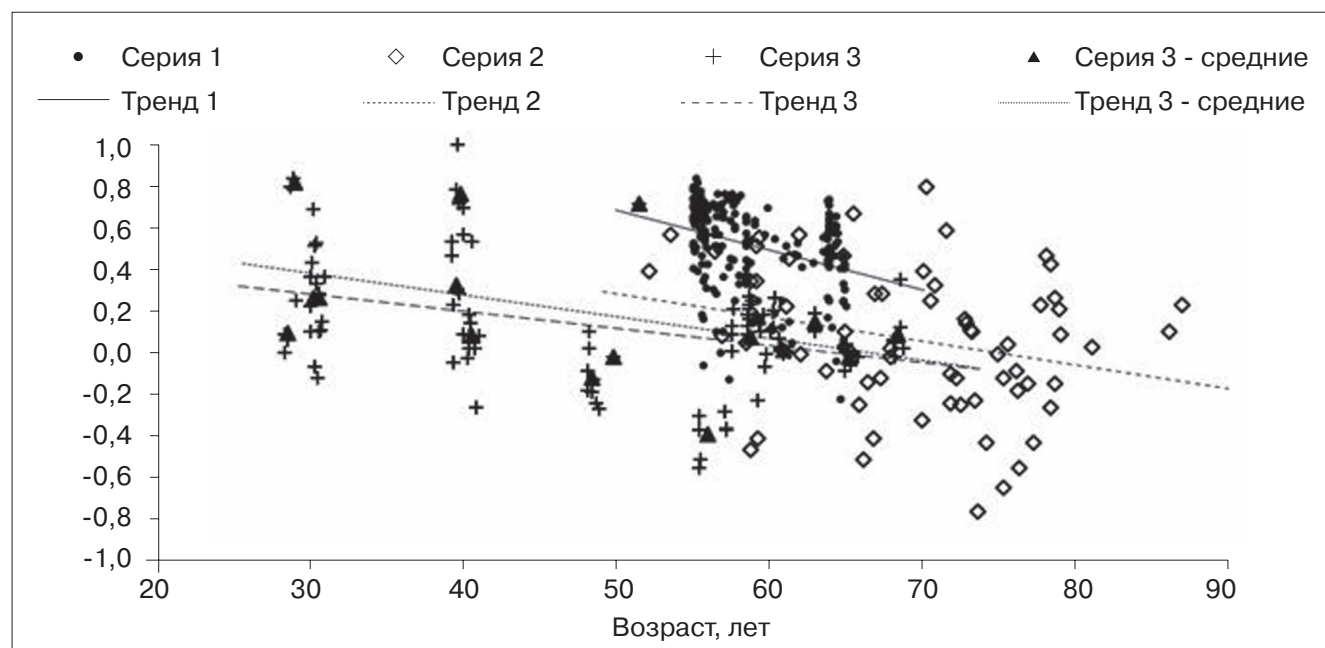


Рис. 1. Возрастные тренды самочувствия в трех сериях исследований.

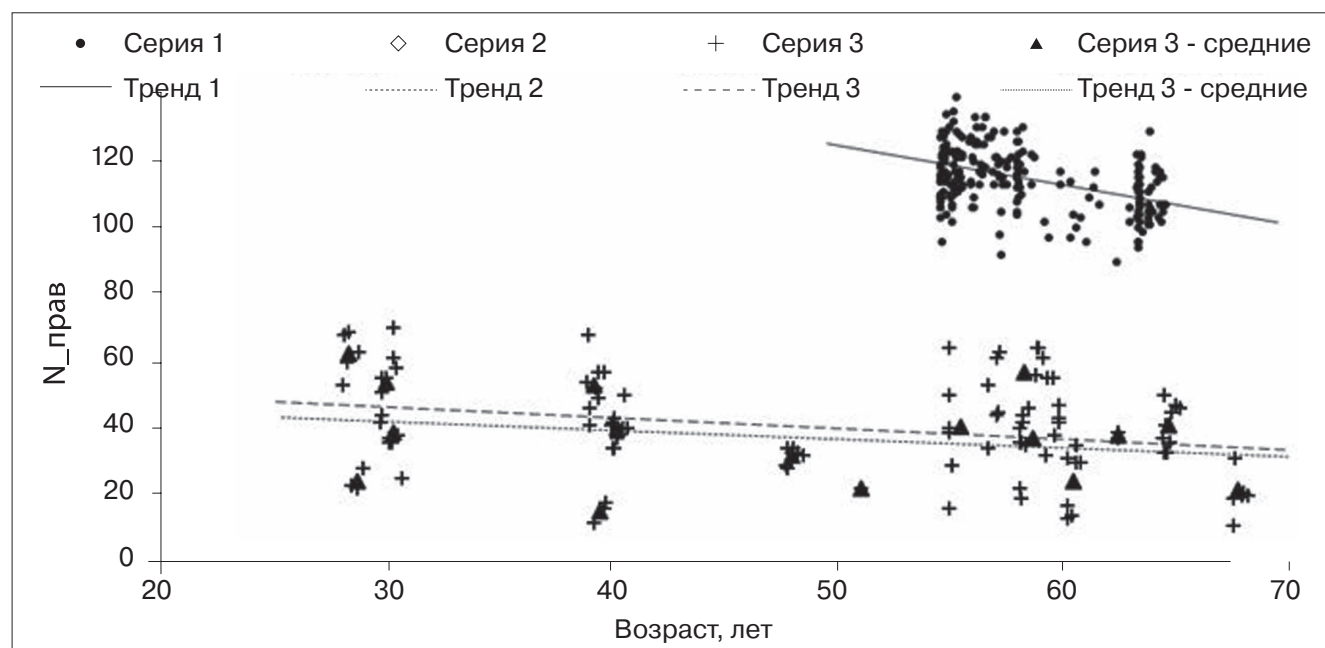


Рис. 2. Возрастные тренды умственной работоспособности в сериях 1 и 3.

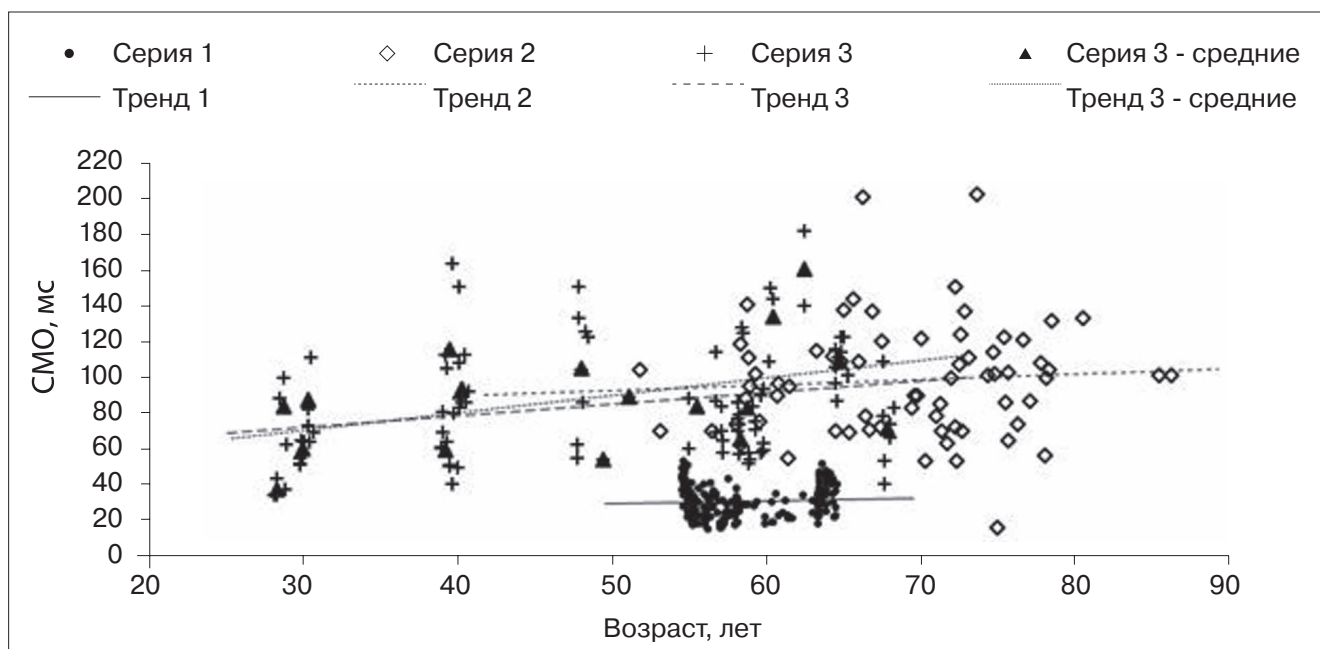


Рис. 3. Возрастные тренды сенсомоторной координации в трех сериях исследований.

особенностями. Действительно, уровень РТ на протяжении всех 10 лет мониторинга в этой серии составлял в среднем $29,5 \pm 0,4$ балла, что классифицируется как низкий уровень, и ни разу не достигал высокого уровня (выше 46 баллов). Следовательно, для единственной участницы этой серии исследования низкая тревожность является устойчивой характеристикой личности. Личности с низким уровнем тревожности, как правило, спокойны, уверены в себе, не склонны к эмоциональным всплескам, но могут иметь склонность к недооценке реальных рисков. Именно таким личностям свойственно завышение самооценок состояния. Этот пример показывает, что долговременный мониторинг показателей, характеризующих актуальное психо-эмоциональное состояние, позволяет получить побочный положительный эффект – более надежно оценить устойчивые свойства личности, чем это можно сделать при однократном применении тестов личностной диагностики.

Еще более выраженные различия темпов возрастного снижения имели место для эффективности счета (Рис. 2).

В продольном исследовании значения $N_{\text{прав}}$ были значительно выше, чем в смешанном исследовании, а темпы снижения – достоверно выше. Аналогичной была картина и для $N_{\text{опер}}$. Резкие различия результативности арифметического теста обусловлены особенностями профессиональной подготовки и опыта лиц, участвовавших в этих сериях исследования. Все участники серии 3 имели медицинское или биологическое образование, и их профессиональная деятельность не была связана с регулярным выполнением арифметических операций. В отличие от них, участница серии 1 имела математическое образование и постоянно занималась расчетами и работой с компьютерными программами тестирования работоспособности. Вероятно, в силу этих особенностей профессионального опыта она имела очень высокий исходный уровень всех показателей методики НСАТ, который не повышался при многократном повторном тестировании, а с возрастом мог только снижаться.

Возрастная динамика качества сенсомоторной деятельности также была неодинакова в разных сериях

исследования (Рис. 3). В продольном исследовании и средний за время исследования уровень СМО, и темп роста этого показателя с возрастом были наименьшими среди всех серий. В серии 2 темп роста СМО незначительно отличался от серии 1, однако средний уровень СМО был значительно выше. В серии 3 средний уровень СМО также был выше, чем в серии 1. Различия темпов старения во всех сериях исследования были недостоверны, а различия средних уровней ошибки реакции так же, как и для показателей эффективности счета, скорее всего, связаны с особенностями профессиональной деятельности.

В серии 1 динамика ошибки сенсомоторной реакции не была монотонной. В течение нескольких первых лет мониторинга имело место даже снижение СМО. Устойчивый рост СМО с возрастом начался только с возраста 58 лет. Такой результат показывает, что возрастное снижение показателей работоспособности может иметь более сложный характер, чем неуклонное снижение. Периоду монотонного снижения функции может предшествовать период ее неустойчивости, т.е. колебаний, в отдельных фазах которых возможно и повышение качества деятельности, особенно, если этому способствует характер повседневной деятельности. Это позволяет предположить, что систему компьютерного тестирования работоспособности можно использовать и в качестве тренировочного средства для повышения или, по крайней мере, поддержания работоспособности в пожилом возрасте. В пользу такого предположения свидетельствует тот факт, что в серии 3 у отдельных обследуемых, выполнивших несколько сеансов тестирования за небольшой промежуток времени, имело место повышение работоспособности по отдельным показателям, что может быть связано с эффектом тренированности.

В серии 3 ни по одному из показателей мониторинга не было выявлено значимых различий между оценками параметров возрастных трендов, полученных при анализе выборок, содержащих полный набор индивидуальных данных или выборок, содержащих только индивидуальные средние. Такой результат может быть

объяснен профессиональной однородностью данной группы, вследствие которой интериндивидуальная вариабельность работоспособности была невелика по сравнению с интраиндивидуальной (причиной интраиндивидуальной вариабельности могут быть, как показано в статье [2], суточные и сезонные ритмы). В серии 2, где фактор профессиональной однородности отсутствовал, а среди участников были как работающие, так и неработающие, разброс показателей мониторинга, как видно на рисунках 1 и 3, был наибольшим среди всех серий исследования.

Для серий 1 и 3, в которых, в отличие от серии 2, выполнялись все тесты, реализованные в системе «СОПР-мониторинг», были построены регрессионные формулы БВ. На первом шаге регрессии в качестве аргументов формулы использовали полный набор показателей мониторинга, а затем последовательно исключали показатели, для которых коэффициент в регрессионной зависимости не отличался от 0 с уровнем значимости $p < 0,05$. В результате в обоих случаях в формулу БВ вошли с достоверными коэффициентами одни и те же три показателя – число правильных ответов в тесте НСАТ, настроение и реактивная тревожность. Однако коэффициенты регрессии оказались неодинаковы.

Для серии 1:

$$БВ = 85,26 - 0,15 * N_{\text{прав}} - 11,12 * H - 0,17 * PT \quad (2),$$

Для серии 3:

$$БВ = 89,03 - 0,23 * N_{\text{прав}} - 37,55 * H - 0,78 * PT \quad (3).$$

Коэффициент детерминации (т.е. квадрат множественного коэффициента корреляции БВ с показателями мониторинга) в обоих случаях был практически одинаков: 0,409 для серии 1 и 0,401 для серии 3. Это довольно высокое значение, позволяющее сделать вывод о том, что исследованные показатели умственной работоспособности и психо-эмоционального состояния вносят значимый вклад в интегральную оценку старения. Для сравнения, для широко известной Киевской методики определения БВ в полном варианте этой методики, включающей 13 маркеров, коэффициент детерминации составляет 0,706 для женщин и 0,863 для мужчин. Упрощенный вариант этой методики, включающий 4 маркера, дает коэффициент детерминации 0,581 для женщин и 0,629 для мужчин. Модификация Киевской методики, разработанная в Национальном геронтологическом центре, включает 4 маркера, а соответствующая формула БВ с достоверно отличными от 0 коэффициентами обеспечивает коэффициент детерминации 0,691 для женщин и 0,762 для мужчин. Следовательно, расширение последней методики за счет небольшого числа показателей работоспособности и психо-эмоционального состояния позволит значительно увеличить точность персонализированной оценки БВ. Единственная дополнительная проблема, возникающая при включении этих показателей, заключается в том, что для них недостаточно однократного

измерения индивидуальных значений, но необходим достаточно продолжительный их мониторинг. Однако с помощью компьютерных средств тестирования, примером которых может служить система «СОПР-мониторинг», эта проблема легко решается.

Заключение

Результаты проведенных исследований показали, что показатели умственной работоспособности, сенсомоторной координации и субъективной оценки состояния могут отражать определенные закономерности старения организма. Эти закономерности выявляются как в долговременных исследованиях отдельного индивидуума, так и в групповых поперечных исследованиях. При этом показатели работоспособности сильно зависят от индивидуальных способностей к определенным видам деятельности и профессионального опыта. В силу высокой интериндивидуальной вариабельности эти показатели не могут служить универсальными маркерами старения. Однако для отдельных групп, однородных не только по уровням психо-физиологических показателей, но и по характеру возрастной динамики этих показателей, данные множественных наблюдений могут быть использованы для выявления параметров частных траекторий старения. Формирование таких групп может быть реализовано в системе интенсивного использования данных, обеспечивающей поступление данных психо-физиологического мониторинга из различных источников – как от индивидуальных пользователей, применяющих различные программы самотестирования для целей индивидуального и семейного мониторинга и здоровьесбережения, так и от исследовательских групп, использующих те же диагностические программы в экспериментах, спланированных для решения определенных научных задач. В этом случае система должна включать блоки формирования однородных групп и подбора адекватной референтной группы для конкретного индивидуума. Такой подход может быть реализован в рамках интернет-технологии персонализированной системы поддержки здоровьесбережения, разработанной в ИСА ФИЦ ИУ РАН [5]. В настоящее время реализована интеллектуальная интернет-система, обеспечивающая накопление результатов компьютерного самотестирования наряду с данными клинических исследований и исследований БВ.

Эта система предназначена, с одной стороны, для выдачи индивидуальных рекомендаций по персональному здравооупотреблению, а с другой – для накопления и анализа больших массивов деперсонализированных данных для целей управления здоровьем на популяционном уровне и для научных исследований. Данная система включает, в частности, все функции системы «СОПР-мониторинг» и потому представляет собой удобный инструмент для дальнейших исследований возрастной динамики работоспособности и психо-эмоционального состояния.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Смирнова Т. М., Крутько В. Н., Быстрицкая А. Ф., Виноходова А. Г., Ларина И. М. Использование компьютерной системы «СОПР-мониторинг» для анализа психической работоспособности в условиях привычной профессиональной деятельности и в сложных условиях. Труды Института системного анализа Российской академии наук, т. 19, 2006, с. 156-170.
2. Krut'ko V. N., Markova A. M., Smirnova T. M. Results of a Long-term Computerized Self-quantification of Mental Performance, Sensorimotor Coordination and Emotional State. *Methods Inf Med* 2017 56 6: 448-451. DOI: <https://doi.org/10.3414/ME16-02-0035>.
3. Крутько В. Н., Смирнова Т. М., Силиутин М. В., Таранина О. Н. Психологические и клиничко-физиологические корреляты старения у женщин. Вестник восстановительной медицины, № 2, 2015, с. 2-6.

4. Krut'ko V. N., Smirnova T. M., Dontsov V. I., Borisov S. E. Diagnosing Aging: I. Problem of Reliability of Linear Regression Models of Biological Age. Hum Physiol. 2001. 27 6:725-31.
5. Крутько В.Н., Донцов В.И., Молодченков А.И., Потемкина А.С., Смирнов И.В. Интернет-технология для персонализированной поддержки здоровья и долголетия. Вестник восстановительной медицины, № 1, 2017, с. 90-95.

REFERENCES

1. Smirnova T. M., Krut'ko V. N., Bystrickaya A. F., Vinogradova A. G., Larina I. M. Ispol'zovanie komp'yuternoj sistemy «SOPR-monitoring» dlya analiza psicheskoy rabotosposobnosti v usloviyah privychnoj professional'noj deyatel'nosti i v slozhnyh usloviyah. Trudy Instituta sistemnogo analiza Rossijskoj akademii nauk. 2006. V. 19. 156-170. Russian.
2. Krut'ko V. N., Markova A. M., Smirnova T. M. Results of a Long-term Computerized Self-quantification of Mental Performance, Sensorimotor Coordination and Emotional State. Methods Inf Med 2017 56 6: 448-451. DOI: <https://doi.org/10.3414/ME16-02-0035>.
3. Krut'ko V. N., Smirnova T. M., Silyutina M. V., Taranina O. N. Psihologicheskie i kliniko-fiziologicheskie korrelyaty stareniya u zhenshchin. Vestnik vosstanovitel'noj mediciny. 2015. 2: 2-6. Russian.
4. Krut'ko V. N., Smirnova T. M., Dontsov V. I., Borisov S. E. Diagnosing Aging: I. Problem of Reliability of Linear Regression Models of Biological Age. Hum Physiol. 2001. 27 6:725-31.
5. Krut'ko V.N., Doncov V.I., Molodchenkov A.I., Potemkina A.S., Smirnov I.V. Internet-tehnologiya dlya personalizirovannoj podderzhki zdorov'esberezheniya. Vestnik vosstanovitel'noj mediciny. 2017. 1: 90-95. Russian.

РЕЗЮМЕ

Исследование было проведено для оценки возможностей использования показателей умственной работоспособности, сенсомоторной координации и психо-эмоционального состояния в качестве маркеров биовозраста. Анализ возрастных трендов выполнен на основе экспериментальных данных, полученных с помощью компьютерной системы «СОПР-мониторинг» в трех экспериментах – продольном, поперечном и смешанном. Возрастное снижение продуктивности счета, реакции на движущийся объект, самочувствия, активности и настроения было выявлено как на индивидуальном, так и на групповом уровне. Показано, что показатели работоспособности сильно зависят от индивидуальных способностей к определенным видам деятельности и профессионального опыта. Учет индивидуальных трендов этих показателей может значительно повысить точность оценки биовозраста, однако требует достаточно продолжительного их мониторинга.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта №17-07-00528.

Ключевые слова: биовозраст, старение, продольное исследование, поперечное исследование, умственная работоспособность, сенсомоторная координация, психо-эмоциональное состояние, самотестирование

ABSTRACT

The study was undertaken to assess the opportunities of use of the indicators of mental efficiency, sensorimotor coordination and psycho-emotional state as markers of bioage. Analysis of age-related trends is made on the basis of experimental data obtained by computer system "SOPR-monitoring" in three experiments – a longitudinal one, a cross-sectional one and a mixed one. Age-related decline in the counting productivity, reaction to the moving object, somatic state, tone and mood was detected at both individual and group level. It is shown that indicators of performance depend heavily on individual abilities to certain activities and on professional experience.

Taking into account individual trends of those indicators can significantly improve the accuracy of bioage estimation, however, it requires a sufficiently long monitoring.

The reported study was funded by RFBR according to the research project №17-07-00528.

Keywords: bioage, aging, longitudinal study, cross-sectional study, mental performance, sensorimotor coordination, psycho-emotional state, self-testing.

Контакты:

Смирнова Т.М. E-mail: smirnova.tatyana@gmail.com