

УДК 572.511.4

ВЗАИМОСВЯЗЬ КОМПОНЕНТНОГО СОСТАВА ТЕЛА С БИОЛОГИЧЕСКИМ ВОЗРАСТОМ ПО ШКАЛЕ “*BIO-AGE*”

© 2024 г. С. В. Михайлова^{1, *}, Т. В. Хрычева²

¹Арзамасский филиал Нижегородского государственного университета
имени Н.И. Лобачевского, Арзамас, Россия

²Арзамасская городская больница № 1, Центр здоровья, Арзамас, Россия

*E-mail: fatinia_m@mail.ru

Поступила в редакцию 19.02.2022 г.

После доработки 12.08.2023 г.

Принята к публикации 13.09.2023 г.

Представлен новый способ оценки биологического возраста (БВ), имеющий условное название — шкала “*Bio-age*”, она отражает степень соответствия БВ относительно календарного возраста (КВ). Проведен анализ антропометрических (длина и масса тела), физиометрических (систолическое артериальное давление, жизненная емкость легких, динамометрия правой кисти), биохимических (уровень глюкозы и общего холестерина в крови) показателей, а также расчетных показателей, полученных в ходе проведения кардиоинтервалографии (показатель активности регуляторных систем), ангиологического скрининга (лодыжечно-плечевой индекс), биоимпедансного анализа (процентное содержание активной клеточной массы (АКМ%), жировой массы тела (ЖМТ%), общей воды (ОВ%), основного обмена) у 972 чел. (427 мужчин и 545 женщин) 18–70 лет. Выявили увеличение с возрастом численности обследованных (особенно среди мужчин), имеющих БВ > КВ. Динамика показателей компонент тела в возрастной период 18–70 лет характеризуется снижением значений АКМ%, ОВ% и возрастанием ЖМТ%, причем в группах, где БВ > КВ, отрицательная динамика в 2–3 раза интенсивнее. Вероятно, что дисбаланс соотношения компонент тела является следствием многочисленных возрастных морфофункциональных нарушений. Следовательно, поддержание БВ на соответствующем уровне способствует нормализации соотношения компонент на всех этапах онтогенеза.

Ключевые слова: биологический возраст, здоровое старение, шкала “*Bio-age*”, компоненты состава тела.
DOI: 10.31857/S0131164624010106

Оценка биологического возраста (БВ) в большинстве исследований проводится на основе соотношения значений биомаркеров с календарным возрастом (КВ) [1, 2]. В качестве биомаркеров могут выступать биохимические, морфологические, функциональные, иммунологические, психоэмоциональные и др. признаки [3–5]. Как предполагают И.В. Самородская и М.А. Старинская [6], методы оценки БВ основываются на различных показателях, которые носят условный характер, но даже в таких случаях удается выявить значительные различия между БВ и КВ. Так, *D.W. Belskya et al.* [7], в ходе изучения БВ по показателям, наиболее коррелирующим с возрастом (индекс массы тела (ИМТ), уровень холестерина и глюкозы, артериальное давление) выявили различия между БВ и КВ, равные 7.8 года. П.И. Мельниченко и др. [8] установили у студентов фактический БВ у юношей 37–46 лет, а у девушек 28–32 лет (при среднем возрасте обследованных 19–22 года).

В зарубежной литературе параллельно с понятием “биологический возраст” используется термин “здоровое старение”, которое ВОЗ определяет, как “процесс развития и поддержания функциональных возможностей, обеспечивающих благополучие в пожилом возрасте” [9]. Но для оценки здорового старения, как и для БВ, не существует единых информативных критериев, что создает трудности при проведении исследований по проблемам старения. Британские исследователи *J. Lara et al.* [10] предлагают панель биомаркеров здорового старения, включающую: биомаркеры физических показателей (сила, равновесие, ловкость и др.), биомаркеры функциональных показателей (дыхательной и сердечно-сосудистой системы, состава тела и др.), биомаркеры когнитивных функций (скорость обработки информации, эпизодическая память и др.), биомаркеры эндокринной функции (половые гормоны, гормоны роста и др.), биомаркеры иммунной функции (фактор воспаления).

Актуальность выбора биомаркеров клинически обоснована, а некоторые из них доказали свою ценность в исследованиях, связанных с оценкой БВ и здоровья [7, 10, 11].

В настоящее время доказано, что выраженные и закономерные возрастные изменения характерны для целого ряда биофизических свойств организма, от которых зависит состав тела [12]. *G. Kemp et al.* в своей работе [13] отметили, что нарушения в соотношении компонентного состава тела (КСТ), развивающиеся в процессе старения организма, являются причиной развития возрастных заболеваний опорно-двигательного аппарата.

Л.В. Синдева и др. указывают на взаимосвязь нарушений КСТ и ускорения темпа старения организма [14], проявления которых связаны с качественной и количественной перестройкой структур организма на всех уровнях его организации [15].

В настоящей работе используется новый способ, позволяющий оценить БВ с помощью антропометрических, биохимических и биоимпедансных показателей. Выбранные биомаркеры показали наибольшую корреляцию с темпом старения организма при изучении большого комплекса параметров, входящих в стандартную программу обследования в Центрах здоровья России [16], функционирующих в рамках программы “Здоровая Россия” и в соответствии с приказом МЗ и СР РФ № 597н от 19.08.2009 г. “Об организации деятельности центров здоровья по формированию здорового образа жизни у граждан РФ, включая сокращение потребления алкоголя и табака”. На базе Центра здоровья (г. Арзамас) был разработан новый способ оценки БВ, который осуществляется по шкале “*Bio-age*”, отражающей степень соответствия БВ относительно КВ.

Актуальность работ, направленных на изучение темпов старения и выявление лиц, которые “стареют быстрее”, заключается в получении обоснований для разработки рекомендаций и мероприятий по замедлению прогрессирования возрастной патологии. Понимание того, как основные биологические механизмы старения связаны с возрастными изменениями в траекториях здоровья и влияют на них, дает уникальную возможность определить механизмы устойчивости организма к возрастным изменениям и выработать способы их предотвращения [17].

Цель исследования — изучить взаимосвязь возрастных изменений компонентного состава тела с биологическим возрастом, определенным по шкале “*Bio-age*”, для обоснования профилактических мероприятий старения организма.

МЕТОДИКА

Исследование проводили по результатам профилактических медицинских обследований

972 чел. (427 мужчин и 545 женщин) Нижегородской области в возрасте 18–70 лет на базе Центра Здоровья (г. Арзамас) в период 2019–2022 гг., включающих: проведение биоимпедансного анализа (БИА) компонентного состава тела и расчет показателей — (процентное содержание жировой массы тела (ЖМТ%), общей воды (ОВ%), активной клеточной массы (АКМ%), основного обмена веществ (ОсОб, ккал) и др.) с применением биоанализатора “Диамант” (ЗАО “ДИАМАНТ”, Россия; программа ДИАМАНТ, версия 11.02); определение размеров тела и функциональных показателей (измерение длины и массы тела (ДТ и МТ), окружности талии, бедра и запястья, систолического и диастолического артериального давления (САД и ДАД, мм рт. ст.), жизненной емкости легких и мышечной силы правой руки с расчетом жизненного (ЖИ%) и силового индексов (СИ%); определение лодыжечно-плечевого индекса (ЛПИ, усл. ед.) [18, 19] по итогам ангиологического скрининга с использованием портативного периферического доплер-анализатора “*Smart Dop 30 EX*” (“*Hadeco*”, Япония); определение показателей общего холестерина и глюкозы (ХЛ и ГЛ, ммоль/л) с применением экспресс-анализатора “*CardioChek*” (“*Polymer Technology Systems*”, США); определение показателя активности регуляторных систем (ПАРС, усл. ед.) с помощью компьютерной программы оценки уровня здоровья “Ритм-экспресс” (ООО “Медицинские Компьютерные Системы”, Россия), включенных в перечень стандартного и сертифицированного оснащения Центра Здоровья.

Анализ крови на определение показателей общего ХЛ и ГЛ и измерение БИА делали утром натощак. Электроды (многоцветные электроды-клипсы) для БИА устанавливали дистально на обе голени и оба предплечья. Массу тела измеряли на электронных весах с точностью до 50 г [18].

Оценку БВ по шкале “*Bio-age*” проводили поэтапно согласно указаниям, изложенным в Патенте (Крылов В.Н., Кузмичев Ю.Г., Михайлова С.В., Красникова Л.И., Сабурцев С.А., Ошевский Л.В. “Способ оценки биологического возраста”, № 2695022, 2019): у 11 полученных показателей (САД, СИ, ЖИ, ГЛ, ХЛ, АКМ, ЖМТ, ОВ, ОсОб, ПАРС, ЛПИ) определяли номера (от 1 до 8) центильных (перцентильных, процентных) интервалов (ЦИ) в соответствии с таблицами “Центильные шкалы для оценки показателей КСТ мужчин и женщин 18–70 лет”, в которых первый центильный интервал (1ЦИ) соответствует отрезку на 100%-ной шкале — до 3 (5) центилей (перцентилей, %), 2ЦИ — от 3 (5) до 10, 3ЦИ — 10–25, 4ЦИ — 25–50, 5ЦИ — 50–75, 6ЦИ — 75–90, 7ЦИ — 90–97 (95), 8ЦИ — от 97 (95). Затем проводили количественную переоценку номеров ЦИ (1–8) в баллы (1–5) в соответствии с таблицей, представленной в описании патента (табл. 1).

Таблица 1. Определение коэффициентов показателей по соотношению номеров их центильных интервалов (ЦИ) и балльных оценок

№	Биомаркеры шкалы “Bio-age”	Соотношение номеров ЦИ и коэффициентов				
		5 баллов, k = 1	4 балла, k = 0.86	3 балла, k = 0.68	2 балла, k = 0.43	1 балл, k = 0
1	ЖМТ, % (ЦИ)	2	3, 4	5, 6	1, 7	8
2	АКМ, % (ЦИ)	7, 8	5, 6	3, 4	2	1
3	ОВ, % (ЦИ)	5, 6	4	3, 7	2, 8	1
4	Основной обмен (ЦИ)	1, 2	3, 4	5, 6	7	8
5	САД (ЦИ)	2	3, 4	5, 6	1, 7	8
6	Холестерин (ЦИ)	3	4, 5	2, 6	1, 7	8
7	Глюкоза (ЦИ)	3	4, 5	2, 6	1, 7	8
8	ЛПИ (ЦИ)	3	4, 5	2, 6	1, 7	8
9	Жизненный индекс (ЦИ)	7, 8	6	4, 5	2, 3	1
10	Силовой индекс (ЦИ)	7, 8	6	4, 5	2, 3	1
11	ПАРС, усл. ед.	0, 1	2, 3	4, 5	6, 7	8, 9

Примечание: ЖМТ — жировая масса тела, АКМ — активная клеточная масса тела, ОВ — общая вода, САД — систолическое артериальное давление, ЛПИ — лодыжечно-плечевой индекс, ПАРС — показатель активности регуляторных систем.

В табл. 1 представлено соотношение номеров ЦИ и балльных оценок у 11 исследуемых показателей: положительное значение показателя имеет более высокий балл. При этом высокому баллу соответствуют различные значения номеров ЦИ, поэтому для уравнивания измеренных показателей применяются коэффициенты. Для этого у каждого балла определяется коэффициент по формуле:

$$k_b = \log_5 b, \quad (1)$$

где b — величина градации параметров от 1 до 5 (для $b = 1$ получили $k_1 = \log_5 1 = 0$; для $b = 2$

получили $k_2 = \log_5 2 = 0.43$; для $b = 3$ получили $k_3 = \log_5 3 = 0.68$; для $b = 4$ получили $k_4 = \log_5 4 = 0.86$; для $b = 5$ получили $k_5 = \log_5 5 = 1$). Диапазон колебаний значений коэффициента от 0 до 1 (0 — минимальное значение, 1 — максимальное значение). Например, если у показателя ЖМТ значение равно 18.8%, что соответствует 4 ЦИ, то $k = 0.86$.

Оценка БВ вычисляется в виде суммы коэффициентов ЦИ измеренных показателей, деленной на количество этих показателей по формуле:

$$\text{БВ} = (k_{\text{ЦИ-ЖМТ\%}} + k_{\text{ЦИ-АКМ\%}} + k_{\text{ЦИ-ОВ\%}} + k_{\text{ЦИ-ОсОб}} + k_{\text{ЦИ-САД}} + k_{\text{ЦИ-ХЛ}} + k_{\text{ЦИ-ГЛ}} + k_{\text{ЦИ-ЛПИ}} + k_{\text{ЦИ-ЖИ}} + k_{\text{ЦИ-СИ}} + k_{\text{ПАРС}}) / n, \quad (2)$$

где n — число использованных показателей, $k_{\text{ЦИ-ЖМТ\%}}$ — коэффициент ЦИ ЖМТ%, $k_{\text{ЦИ-АКМ\%}}$ — коэффициент ЦИ АКМ%, $k_{\text{ЦИ-ОВ\%}}$ — коэффициент ЦИ ОВ%, $k_{\text{ЦИ-ОсОб}}$ — коэффициент ЦИ ОсОб, $k_{\text{ЦИ-САД}}$ — коэффициент ЦИ САД, $k_{\text{ЦИ-ХЛ}}$ — коэффициент ЦИ уровня ХЛ, $k_{\text{ЦИ-ГЛ}}$ — коэффициент ЦИ уровня ГЛ, $k_{\text{ЦИ-ЛПИ}}$ — коэффициент ЦИ ЛПИ, $k_{\text{ЦИ-ЖИ}}$ — коэффициент ЦИ ЖИ, $k_{\text{ЦИ-СИ}}$ — коэф-

фициент ЦИ СИ, $k_{\text{ПАРС}}$ — коэффициент ПАРС. Преимуществом предложенного способа является использование произвольного числа имеющихся показателей, но при условии, что чем больше используется показателей, тем объективнее оценка БВ.

Полученные оценки ранжируются на группы, которые по шкале “Bio-age” отражают степень соответствия БВ относительно КВ (табл. 2).

Таблица 2. Шкала оценки биологического возраста “Bio-age”

Шкала “Bio-age”	БВ1 < КВ		БВ2 = КВ	БВ3 > КВ	
	1.00–0.90	0.89–0.90	0.79–0.60	0.59–0.40	0.39–0.00
	БВ значительно ниже КВ	БВ ниже КВ	БВ соответствует КВ	БВ выше КВ	БВ значительно выше КВ

Примечание: БВ — биологический возраст, КВ — календарный возраст.

Все мужчины и женщины были распределены на 4 возрастные группы (ВГ):

ВГ1 – юноши 18–21 год ($n = 146$), девушки 18–20 лет ($n = 243$);

ВГ2 – мужчины 22–35 лет ($n = 95$), женщины 21–35 лет ($n = 133$);

ВГ3 – мужчины 36–60 лет ($n = 136$), женщины 36–55 лет ($n = 118$);

ВГ4 – мужчины 61–70 лет ($n = 50$), женщины 56–70 лет ($n = 51$).

Исследование проведено в рамках совместной научно-исследовательской деятельности АФ ННГУ с Центром здоровья (договор № 3то/2016 от 27.01.2016 г.); на сертифицированном и регулярно поверяемом оборудовании, включенном в перечень оснащения Центра здоровья; с соблюдением четких критериев исключения (наличие на момент обследования острых или обострения хронических заболеваний, беременности, а также отказ от обследования).

По результатам исследования была создана персонифицированная база данных, статистическую обработку материала проводили с использованием программ офисных пакетов “STATGRAPHICS Plus Version 5”, “EXCEL v8.00” и “Version 4.03 Primer of Biostatistics”. В таблицах количественные признаки, имеющие нормальное распределение, представлены в виде среднего арифметического (M), среднеквадратического отклонения (σ), 95% доверительного интервала (95% CI); величины с отличным от нормального распределения – в виде медианы (Me) и перцентильного ранжирования (Q_{25-75} – 25 и 75 перцентили). Выборки данных проверяли на нормальность распределения, для чего был использован критерий Колмогорова-Смирнова при уровне значимости $p < 0.05$. Для сравнения двух независимых групп с нормальным распределением использовали критерий Стьюдента. Для сравнения двух независимых групп с ненормальным распределением использовали двухвыборочный критерий Манна-Уитни. Различия значений исследуемых параметров считали статистически значимыми при 95% пороге вероятности ($p < 0.05$). Для определения статистической значимости различий между долями использовали критерий хи-квадрат (χ^2) Пирсона.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

По данным профилактических медицинских осмотров было проведено определение БВ с использованием 11 биомаркеров, входящих в способ оценки по шкале “Bio-age”. Результаты, характеризующие особенности распределения оценок БВ в зависимости от возраста и пола, представлены в табл. 3.

Выявили, что с возрастом отмечается снижение доли показателей БВ<КВ и увеличение численности обследованных с показателями БВ>КВ, особенно среди мужчин. Во всех возрастных группах у женщин больше оценок, соответствующих БВ1. Результаты, показывающие, что у мужчин старение организма происходит быстрее и меньше продолжительность жизни, представлены в работах отечественных и зарубежных авторов [8, 9, 20, 21].

В ходе исследования провели сравнительный анализ показателей компонентного состава тела (ЖМТ%, АКМ%, ОВ%) среди мужчин (табл. 4) и женщин (табл. 5) различных возрастных групп.

Отмечен рост показателей ЖМТ% при возрастании значений БВ во всех возрастных группах на фоне снижения показателей АКМ% и ОВ%, как у мужчин, так и у женщин.

Диапазон различий показателей ЖМТ%, АКМ% и ОВ% между группами БВ1 и БВ2 меньше (в пределах от 3.7 до 28.5% у мужчин и от 3.2 до 20.8% у женщин), чем между группами БВ2 и БВ3, среди которых он больше в 2 раза (в пределах от 7.0 до 46.8% у мужчин и от 7.1 до 35.6% у женщин), что свидетельствует о вариабельности показателей компонентного состава тела и их значительном отклонении от нормы у лиц, составляющих группу с показателями БВ3.

В группах БВ3 разброс значений *min-max* показателей КСТ больше, чем в группах БВ1. Значения *max* ЖМТ% в группах БВ1 меньше среднего значения ЖМТ% в группах БВ3, а значения *min* АКМ% и ОВ% больше средних значений АКМ% и ОВ% в группах БВ3. Это свидетельствует о наличии среди лиц с БВ3 представителей с нормальными значениями КСТ, но среди лиц с БВ1 нет представителей с отклоняющимися от нормы значениями КСТ, поэтому можно предполагать, что при более высоком темпе старения чаще формируются отклонения в КСТ.

Далее провели исследование с целью определить направленность изменений показателей КСТ с возрастом. В табл. 6 показаны результаты сравнительного анализа между ВГ1 и ВГ4 у мужчин и женщин.

Различия показателей компонент тела среди молодых и пожилых мужчин и женщин с БВ1 на уровне тенденции, что можно объяснить незначительной величиной отличий и малочисленностью обследованных групп. Во всех группах БВ на возрастном этапе

18–70 лет у мужчин и женщин отмечается прирост показателей ЖМТ%, (при этом в группе БВ1 в 2–3 раза меньше, чем в группе БВ3) на фоне снижения значений АКМ% и ОВ% (в группе БВ3 в 2–3 раза больше по сравнению с группой БВ1) (табл. 6).

Таблица 3. Распределение показателей биологического возраста мужчин и женщин, рассчитанного по шкале "Bio-age", %

Возрастные группы	БВ < КВ		БВ = КВ		БВ > КВ		Показатели статистики
	БВ значительно ниже КВ	БВ ниже КВ	БВ соответствует КВ	БВ выше КВ	БВ значительно выше КВ		
Мужчины	ВГ1 (n = 146)	2.7	13.0	54.8	26.1	3.4	$\chi^2 = 33.20; p = 0.0009$ ВГ ₁₋₂ $p < 0.01$ ВГ ₂₋₃ $p > 0.05$ ВГ ₃₋₄ $p > 0.05$
	ВГ2 (n = 95)	3.2	12.6	43.2	24.2	16.8	
	ВГ3 (n = 136)	0.7	5.9	50.7	27.2	15.4	
	ВГ4 (n = 50)	2.0	8.0	28.0	36.0	26.0	
	Все (n = 427)	2.1	10.1	47.8	27.2	12.8	
Женщины	ВГ1 (n = 243)	3.3	13.6	58.9	18.5	5.7	$\chi^2 = 26.7; p = 0.0085$ ВГ ₁₋₂ $p < 0.05$ ВГ ₂₋₃ $p > 0.05$ ВГ ₃₋₄ $p > 0.05$
	ВГ2 (n = 133)	3.0	10.5	53.4	18.1	15.0	
	ВГ3 (n = 118)	4.3	18.6	49.2	22.0	5.9	
	ВГ4 (n = 51)	2.0	21.5	31.4	29.4	15.7	
	Все (n = 545)	3.3	14.7	52.8	20.2	9.0	

Примечание: ВГ — возрастная группа, БВ — биологический возраст, КВ — календарный возраст.

Таблица 4. Показатели компонентного состава тела у мужчин различных возрастных групп

Возрастные группы	Показатели	Показатели компонентного состава тела у мужчин										p	
		БВ	n	M	σ	95% CI	Me	Q25	Q75	min	max		
ВГ1	ЖМТ%	БВ1	22	19.4	2.62	18.24	20.56	19.2	19.7	26.0	14.6	25.4	$p_{1-2} < 0.001$ $p_{2-3} < 0.001$ $p_{1-3} < 0.001$
		БВ2	81	23.3	5.13	25.26	28.54	22.7	26.8	12.8	40.9		
		БВ3	43	26.9	5.31	53.82	55.98	25.6	19.7	19.2	38.9		
	АКМ%	БВ1	22	54.9	2.46	52.08	53.12	54.2	54.0	51.1	60.7	$p_{1-2} < 0.001$ $p_{2-3} < 0.001$ $p_{1-3} < 0.001$	
		БВ2	81	52.6	2.35	46.98	49.22	52.5	49.6	47.5	58.5		
ВГ2	ОВ%	БВ1	22	59.6	2.59	58.46	60.74	60.0	60.0	54.6	64.9	$p_{1-2} < 0.001$ $p_{2-3} < 0.001$ $p_{1-3} < 0.001$	
		БВ2	81	57.4	3.11	56.71	58.06	57.7	54.3	50.4	65.1		
		БВ3	43	53.4	4.04	52.16	54.64	53.4	59.1	43.3	59.8		
	ЖМТ%	БВ1	15	20.2	2.38	18.89	21.51	19.6	54.3	43.3	65.1	$p_{1-2} < 0.05$ $p_{2-3} < 0.001$ $p_{1-3} < 0.001$	
		БВ2	41	22.2	3.56	21.05	23.35	21.6	17.1	14.6	23.8		
БВ3	39	32.6	4.29	31.19	34.01	32.7	21.9	14.6	28.9	40.5			
все	95	26.1	6.60	24.74	27.46	25.5	14.6	40.5	14.6	40.5			

Таблица 4. Окончание

Возрастные группы	Показатели	Показатели компонентного состава тела у мужчин											p
		БВ	n	M	σ	95% CI		Me	Q25	Q75	min	max	
ВГ3	АКМ%	БВ1	15	56.2	2.07			57.4	54	57.4	52.4	57.6	$P_{1-2} < 0.001$ $P_{2-3} < 0.001$ $P_{1-3} < 0.001$
		БВ2	41	52.7	2.86	51.8	53.6	51.9			46.0	56.2	
		БВ3	39	45.1	2.35	44.33	45.87	44.4			39.9	50.4	
		все	95	50.2	5.02			51.0	45.8	53.9	39.9	57.6	
	ОВ%	БВ1	15	59.4	2.13	58.23	60.57	60.4			55.4	62.5	$P_{1-2} < 0.01$ $P_{2-3} < 0.001$ $P_{1-3} < 0.001$
		БВ2	41	56.9	2.80	56.02	57.78	57.4			50.6	62.5	
		БВ3	39	49.5	3.03	48.5	50.5	49.2			43.3	57.2	
		все	95	54.3	4.92	53.29	55.31	54.5			43.3	62.5	
	ЖМТ%	БВ1	9	20.7	4.94	16.98	24.42	21.0			13.01	27.7	$P_{1-2} > 0.05$ $P_{2-3} < 0.001$ $P_{1-3} < 0.001$
		БВ2	70	22.3	4.05	21.33	23.27	21.8			13.6	29.9	
		БВ3	57	31.2	8.25			34.1	28.2	38.1	13.9	41.0	
		все	136	26.0	7.63			24.2	20.5	30.0	13.01	41.0	
АКМ%	БВ1	9	55.8	2.95	53.58	58.02	54.7			52.4	60.8	$P_{1-2} < 0.01$ $P_{2-3} < 0.001$ $P_{1-3} < 0.001$	
	БВ2	70	52.8	3.01			52.4	50.8	54.0	47.3	62.5		
	БВ3	57	44.9	3.76			45.2	41.9	46.6	39.9	56.0		
	все	136	49.7	5.30	48.8	50.6	50.7			39.9	62.5		
ОВ%	БВ1	9	60.9	4.44	57.56	64.24	61.3			56.45	69.0	$P_{1-2} < 0.05$ $P_{2-3} < 0.001$ $P_{1-3} < 0.001$	
	БВ2	70	57.4	3.77			57.3	55.2	59.4	51.35	68.5		
	БВ3	57	50.7	6.62			48.3	45.3	52.4	43.2	65.5		
	все	136	54.8	6.31	53.73	55.87	55.5			43.2	69.0		
ЖМТ%	БВ1	5	21.4	4.54	16.1	26.7	21.6			14.7	27.4	$P_{1-2} < 0.05$ $P_{2-3} < 0.01$ $P_{1-3} < 0.001$	
	БВ2	14	27.5	5.01	24.64	30.36	29.6			15.8	34.9		
	БВ3	31	32.6	5.86	30.46	34.74	31.9			21.6	45.6		
	все	50	30.0	6.54	46.7	49.7	30.1			14.7	45.6		
АКМ%	БВ1	5	55.3	3.73	50.94	59.66	54.9			50.7	60.7	$P_{1-2} > 0.05$ $P_{2-3} < 0.001$ $P_{1-3} < 0.001$	
	БВ2	14	51.5	3.56			50.7	48.8	52.7	47.0	59.1		
	БВ3	31	45.6	4.19	44.07	47.13	45.8			39.9	51.8		
	все	50	48.2	5.26	50.74	53.66	48.9			39.9	60.7		
ОВ%	БВ1	5	58.5	2.62	55.44	61.56	58.8			54.6	61.3	$P_{1-2} > 0.05$ $P_{2-3} < 0.001$ $P_{1-3} < 0.001$	
	БВ2	14	55.3	3.68			54.4	53.7	57.6	48.4	63.3		
	БВ3	31	49.7	4.30	48.14	51.26	51.0			43.2	56.4		
	все	50	52.2	5.10	50.75	53.65	53.6			43.2	63.3		

Примечание: ВГ — возрастная группа; БВ1 — биологический возраст ниже календарного возраста, БВ2 — биологический возраст соответствует календарному, БВ3 — биологический возраст выше календарного. Остальные обозначения см. табл. 1.

Таблица 5. Показатели компонентного состава тела у женщин различных возрастных групп

Возрастные группы	Показатели	Показатели компонент тела женщин											p
		БВ	n	M	σ	95% CI	Me	Q25	Q75	min	max		
ВГ1	ЖМТ%	БВ1	41	23.5	2.92	22.58	24.42	23.3	26.2	30.6	15.3	28.2	$p_{1-2} < 0.001$ $p_{2-3} < 0.001$ $p_{1-3} < 0.001$
		БВ2	143	28.1	3.78	32.51	35.49	28.7	26.2	30.6	14.1	37.3	
		БВ3	59	34.0	5.71	32.51	35.49	33.1	26.2	30.6	22.3	46.2	
		все	243	28.7	5.41	32.51	35.49	28.6	25.5	31.4	14.1	46.2	
	АКМ%	БВ1	41	50.8	2.13	50.13	51.47	50.3	46.9	48.8	45.5	56.9	$p_{1-2} < 0.001$ $p_{2-3} < 0.001$ $p_{1-3} < 0.001$
		БВ2	143	47.9	1.64	50.13	51.47	47.9	46.9	48.8	44.1	53.1	
		БВ3	59	44.5	3.76	46.26	48.94	45.4	42.1	47.6	36.0	49.6	
		все	243	47.6	3.13	46.26	48.94	47.9	46.3	49.3	36.0	56.9	
	ОВ%	БВ1	41	55.8	2.07	55.15	56.45	56.1	50.8	54.4	52.5	62.0	$p_{1-2} < 0.001$ $p_{2-3} < 0.001$ $p_{1-3} < 0.001$
		БВ2	143	52.8	2.92	46.26	48.94	52.3	50.8	54.4	45.9	65.1	
		БВ3	59	47.6	5.15	46.26	48.94	48.1	39.4	61.3	39.4	61.3	
		все	243	52.3	4.20	46.26	48.94	52.5	50.1	55.2	39.4	65.1	
ВГ2	ЖМТ%	БВ1	18	24.5	4.48	22.3	26.7	24.1	27.5	30.5	14.0	30.6	$p_{1-2} < 0.001$ $p_{2-3} < 0.001$ $p_{1-3} < 0.001$
		БВ2	71	28.1	3.85	36.09	39.11	28.7	27.5	30.5	15.1	34.9	
		БВ3	44	37.6	4.98	29.58	31.82	36.9	29.8	45.5	24.8	45.5	
		все	133	30.7	6.55	29.58	31.82	29.8	29.8	45.5	14.0	45.5	
	АКМ%	БВ1	18	49.6	1.87	48.67	50.53	49.3	46.6	48.7	47.3	54.5	$p_{1-2} < 0.01$ $p_{2-3} < 0.001$ $p_{1-3} < 0.001$
		БВ2	71	48.0	1.77	41.3	43.5	47.8	46.6	48.7	45.2	55.5	
		БВ3	44	42.4	3.61	41.3	43.5	42.3	45.6	48.7	37.0	48.0	
		все	133	46.4	3.82	41.3	43.5	47.5	45.6	48.7	37.0	55.5	
	ОВ%	БВ1	18	54.4	3.41	52.71	56.09	54.9	50.7	52.9	50.1	62.5	$p_{1-2} < 0.01$ $p_{2-3} < 0.001$ $p_{1-3} < 0.001$
		БВ2	71	52.2	3.02	45.68	47.52	51.9	50.7	52.9	45.2	67.3	
		БВ3	44	46.6	3.84	45.68	47.52	46.7	48.8	52.7	39.9	55.1	
		все	133	50.6	4.45	45.68	47.52	50.9	48.8	52.7	39.9	67.3	

Таблица 5. Окончание

Возрастные группы	Показатели	Показатели компонент тела женщин											
		БВ	n	M	σ	95% CI		Me	Q25	Q75	min	max	p
ВГ3	ЖМТ%	БВ1	27	24.7	3.47	23.34	26.06	25.0	27.1	31.2	15.0	32.2	$p_{1-2} < 0.001$ $p_{2-3} < 0.001$ $p_{1-3} < 0.001$
		БВ2	58	28.9	3.77	34.44	38.96	28.7	27.1	31.2	16.2	35.3	
		БВ3	33	36.7	6.36			36.1	46.6	17.6	46.6		
		все	118	30.1	6.33	29.4	26.2	34.1	15.0	46.6			
		БВ1	27	49.7	1.83	41.47	44.13	49.9	48.7	50.3	46.2	55.40	
БВ2	58	47.4	2.22	47.5	46.1			48.2	42.1	55.4			
БВ3	33	42.8	3.76	43.2	45.1			49.2	35.7	52.0			
все	118	46.6	3.66	47.3	45.1			49.2	35.7	55.4			
БВ1	27	55.6	2.14	54.76	56.44			55.4	50.2	53.8	52.7	60.72	$p_{1-2} < 0.001$ $p_{2-3} < 0.001$ $p_{1-3} < 0.001$
БВ2	58	52.3	3.90	44.54	47.86	52.2	50.2	53.8	39.4	63.3			
БВ3	33	46.2	4.68			46.5	59.1	38.1	59.1				
все	118	51.4	5.17	50.45	52.35	52.4	45.1	49.2	38.1	63.3			
ВГ4	ЖМТ%	БВ1	12	25.0	3.88	22.59	27.41	25.7	25.7	30.5	18.3	30.5	
		БВ2	16	30.2	4.53	27.7	32.5	30.4	30.4	38.3	21.2	38.3	
		БВ3	23	38.9	4.60	36.92	40.88	39.7	39.7	45.5	26.3	45.5	
		все	51	32.9	7.28	30.83	34.97	32.6	32.6	45.5	18.3	45.5	
		БВ1	12	49.4	1.82	43.36	45.64	49.9	49.1	50.2	44.4	52.1	$p_{1-2} < 0.001$ $p_{2-3} < 0.001$ $p_{1-3} < 0.001$
БВ2	16	45.4	2.44	44.11	46.69			45.0	49.1	50.2	42.1	50.3	
БВ3	23	41.4	2.73	40.22	42.58			41.1	41.1	47.5	37.7	47.5	
все	51	44.5	4.03	43.36	45.64			43.8	43.8	52.1	37.7	52.1	
БВ1	12	54.9	3.07	52.99	56.81			54.2	54.2	59.81	50.6	59.81	
БВ2	16	51.1	2.92	49.56	52.64	51.1	51.1	57.3	46.2	57.3			
БВ3	23	44.7	3.22	43.31	46.09	44.2	44.2	52.0	39.8	52.0			
все	51	49.1	5.26	47.6	50.6	49.8	49.8	59.8	39.8	59.8			

Примечание: см. табл. 4.

Таблица 6. Сравнительный анализ показателей индекса массы тела и компонентного состава тела между группами молодежи (ВГ1) и пожилыми людьми (ВГ4)

Пол	Группы с различным БВ	ЖМТ%		АКМ%		ОВ%	
		$\pm\Delta$, %	p	$\pm\Delta$, %	p	$\pm\Delta$, %	p
Мужчины	БВ1 / ВГ ₁₋₄	+10.3	>0.05	+0.7	>0.05	-1.8	>0.05
	БВ2 / ВГ ₁₋₄	+18.0	<0.01	-2.1	>0.05	-3.7	<0.05
	БВ3 / ВГ ₁₋₄	+21.2	<0.001	-5.2	<0.01	-6.9	<0.001
	Все / ВГ ₁₋₄	+26.6	<0.001	-6.6	<0.001	-7.8	<0.001
Женщины	БВ1 / ВГ ₁₋₄	+6.4	>0.05	-2.8	<0.05	-1.6	>0.05
	БВ2 / ВГ ₁₋₄	+7.5	<0.05	-5.2	<0.001	-3.2	<0.05
	БВ3 / ВГ ₁₋₄	+14.4	<0.001	-7.0	<0.001	-6.1	<0.05
	Все / ВГ ₁₋₄	+14.6	<0.001	-6.5	<0.001	-6.1	<0.001

Примечание: Δ – разница средних значений. Остальные обозначения см. табл. 1 и 4.

ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

Анализируя нарушения соотношения компонент состава тела (АКМ%, ЖМТ% и ОВ%) на возрастном этапе 18–70 лет, отметили рост показателей БВ3 на фоне возрастания отклонений КСТ, являющихся проявлением различных морфофункциональных нарушений и способствующих ускорению процесса старения организма.

В отличие от КВ, БВ характеризует неоднородность функционального метаболического статуса и склонность к заболеваниям. Увеличение КВ происходит равномерно, в то время как БВ может увеличиваться быстрее для одних и медленнее для других. Это связано с немодифицируемыми (генетическими) и модифицируемыми (средовыми) факторами (образ жизни, диета, физическая активность, курение и др.) [20, 22].

Основные подходы в определении БВ базируются на измерении количественных признаков — биомаркеров возрастных изменений. Несмотря на разнообразие методов определения БВ, в качестве маркеров старения используются показатели, отвечающие следующим требованиям: они должны объективно характеризовать морфофункциональное состояние организма, изменяться от периода полового созревания до старческого возраста, быть технически выполнимыми у лиц различного пола и возраста, легко поддаваться количественной оценке, быть легко воспроизводимыми при повторных исследованиях [23]. Всем вышеперечисленным требованиям отвечает большинство показателей КСТ, оцениваемых с помощью БИА.

Показатели состава тела и биоэлектрические свойства организма, существенно варьируя в зависимости от скорости старения, независимо от пола могут служить критериями оценки БВ и маркерами здоровья человека. Изменения правильного соотношения компонент тела являются предиктором для развития множества различных

заболеваний [21, 24]. Каждый компонент имеет важное значение в жизнеобеспечении организма, а их оптимальное соотношение определяет качественное функционирование органов и систем и всего организма в целом [21, 25].

Активная клеточная масса (АКМ) является характеристикой интенсивности обменных процессов в организме и применяется для выявления гипokinезии. Потеря массы скелетных мышц и снижение функциональных возможностей являются одной из определяющих особенностей старения и вносят значительный вклад в снижение физических функций [26, 27]. Проведенный сравнительный анализ позволил выявить, что значения АКМ% у мужчин и женщин, имеющих БВ1, статистически достоверно выше, чем у лиц с БВ2 и БВ3 (табл. 4, 5). На протяжении возрастного периода 18–70 лет отмечено снижение значений АКМ%, и в значительно большей степени у лиц с БВ3 (табл. 6).

Основной задачей жировой ткани является создание запаса энергии, участие в терморегуляции, в синтезе витаминов, гормонов и др., но избыточное содержание ЖМТ является предпосылкой для развития многих заболеваний [12, 28]. С.Д. Руненко и др. в своей работе [29] доказали отрицательное влияние избыточного содержания ЖМТ на БВ, а также показали эффективность оздоровительных тренировок для коррекции состава тела, снижения БВ и повышения работоспособности. В проведенном нами исследовании значения ЖМТ% у мужчин и женщин, имеющих БВ1, достоверно ниже, чем у лиц с БВ2 и БВ3 (табл. 4, 5). В течение возрастного периода 18–70 лет средние значения ЖМТ возрастают во всех группах БВ, при этом в группах БВ3 прирост отмечается в 2 раза больше, чем в БВ1 (табл. 6).

Жизненно важную роль играет в организме вода, как внутриклеточная, так и внеклеточная. При ее недостатке отмечается замедление обмена

веществ, сгущение крови, нарушение кровообращения. При снижении показателей ОВ увеличивается риск развития этих нарушений [26]. Проведенное исследование позволило выявить, что показатели ОВ% у мужчин и женщин, имеющих БВ1, достоверно выше, чем у лиц с БВ3 (табл. 4, 5). В возрастном периоде 18–70 лет средние значения ОВ% снижаются, как в группах с БВ1, так и с БВ3, но в последнем случае снижение в 2–3 раза интенсивнее (табл. 6).

Результаты исследования показывают, что поддержание БВ на соответствующем уровне способствует нормализации соотношения компонент тела на всех этапах онтогенеза. *M.V. McConnell et al.* доказано, что чем выше процент мышечной массы в организме, тем ниже вероятность развития возрастных патологий сердечно-сосудистой системы, а для коррекции компонентного состава тела важно не только снижение ЖМТ, но и более актуально поддержание на должном уровне мышечной массы [30], а также регуляция водного обмена [21].

ВЫВОДЫ

По результатам проведенного исследования КСТ, как биомаркера старения организма, можно сделать следующие выводы:

1. С применением нового метода оценили БВ по шкале “*Bio-age*” и выявили преобладание среди женщин большего числа представительниц с БВ1, чем среди мужчин, а также снижение в течение возрастного периода 18–70 лет доли лиц с показателями БВ2 и увеличение процента обследованных с БВ3, особенно среди мужчин.

2. Сравнительный анализ средних значений АКМ%, ЖМТ% и ОВ% выявил достоверные различия между группами с разным БВ: возрастание БВ сопровождается ростом значений ЖМТ% и снижением показателей АКМ% и ОВ%. В возрастном периоде 18–70 лет динамика показателей характеризуется снижением АКМ%, ОВ% и возрастанием ЖМТ%, причем в группе с БВ3 негативные изменения в 2–3 раза интенсивнее в сравнении с группой, имеющих БВ1.

3. Особенности изученных показателей АКМ%, ЖМТ% и ОВ% в соответствии с БВ и возрастными периодами свидетельствуют о том, что нарушения правильного соотношения компонент тела, обуславливают ускорение старения организма, т.к. формируют основу для возникновения многочисленных морфофункциональных отклонений. Поэтому нормализация КСТ — это основной фактор снижения БВ и сохранения здорового старения.

Этические нормы. Все исследования проведены в соответствии с принципами биомедицинской этики, сформулированными в Хельсинкской декларации 1964 г. и ее последующих обновлениях, и одобрены локальным биоэтическим комитетом

Арзамасского филиала Нижегородского государственного университета им. Н.И. Лобачевского (Арзамас), протокол № 3 от 14.10.2020 г.

Информированное согласие. Каждый участник исследования представил добровольное письменное информированное согласие, подписанное им после разъяснения ему потенциальных рисков и преимуществ, а также характера предстоящего исследования.

Конфликт интересов. Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией данной статьи.

Вклад авторов. С.В. Михайлова, Т.В. Хрычева — идея работы и планирование эксперимента, Т.В. Хрычева — сбор и обработка данных, С.В. Михайлова — написание и редактирование манускрипта.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Фадеева Н.И., Турова Е.А., Кончугова Т.В. и др.* Сравнительный анализ систем оценки биологического возраста // Вопросы курортологии, физиотерапии и лечебной физической культуры. 2014. Т. 91. № 2. С. 43.
2. *Hertel J., Friedrich N., Wittfeld K. et al.* Measuring Biological Age via Metabonomics: The Metabolic Age Score // J. Proteome Res. 2016. V. 15. № 2. P. 400.
3. *Vasto S., Bulati M., Scapagnini G. et al.* Bio-markers of aging // Front. Biosci. (Schol. Ed). 2010. V. 2. № 2. P. 392.
4. *Bürkle A., Moreno-Villanueva M., Bernhard J. et al.* MARK-AGE biomarkers of ageing // Mech. Ageing Dev. 2015. V. 151. P. 2.
5. *Jia L., Zhang W., Chen X.* Common methods of biological age estimation // Clin. Interv. Aging. 2007. V. 12. P. 759.
6. *Самородская И.В., Старинская М.А.* Биологический возраст и скорость старения как фактор развития неинфекционных заболеваний и смертности // Профилактическая медицина. 2016. Т. 19. № 5. С. 41.
7. *Belskya D., Caspic A., Houtsc R. et al.* Quantification of biological aging in young adults // Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A. 2015. V. 112. № 30. P. E4104.
8. *Мельниченко П.И., Ермакова Н.А., Прохоров Н.И. и др.* Биологический возраст как оценка и критерий состояния здоровья студентов // Здоровье населения и среда обитания. 2017. № 2 (287). С. 15.
9. *Beard J.R., Officer A., de Carvalho I.A. et al.* The World report on ageing and health: a policy framework for healthy ageing // Lancet. 2016. V. 387. № 10033. P. 2145.
10. *Lara J., Cooper R., Nissan J. et al.* A proposed panel of biomarkers of healthy ageing // BMC Med. 2015. V. 13. P. 222.
11. *Белозерова Л.М.* Определение биологического возраста по анализу крови // Клиническая геронтология. 2006. № 12 (3). С. 50.

12. Дадаева В.А., Еганян Р.А., Купрейшвили Л.В. и др. Композиционный состав тела у пациентов с метаболическим синдромом // Профилактическая медицина. 2020. Т. 23. № 3. С. 69.
13. Kemp G., Jackson M., McCloskey E. et al. Towards a toolkit for the assessment and monitoring of musculoskeletal ageing // Age Ageing. 2018. V. 47. № 6. P. 774.
14. Синдеева Л.В., Николаев В.Г., Кочетова Т.Ф., Ковригина О.А. Компонентный состав тела как критерий биологического возраста человека // Сибирское медицинское обозрение. 2015. № 5 (95). С. 61.
15. Ратушный А.Ю., Буравкова Л.Б. Клеточное строение и мезенхимальные стромальные клетки // Физиология человека. 2020. Т. 46. № 1. С. 100.
16. Михайлова С.В., Кузмичев Ю.Г., Красникова Л.И. Физиолого-гигиеническое обоснование шкалы оценки биологического возраста "Bio-age" // Гигиена и санитария. 2018. Т. 97. № 7. С. 642.
17. Ferrucci L, Gonzalez-Freire M., Fabbri E. et al. Measuring biological aging in humans: A quest // Aging Cell. 2020. V. 19. № 2. P. e13080.
18. Орлова Н.В., Чукаева И.И. Организация и функционирование Центров здоровья. М.: ГОУ ВПО РГМУ, 2010. 60 с.
19. Рогоза А.Н. Роль и возможности лодыжечно-плечевого индекса систолического давления при профилактических обследованиях // РМЖ Кардиология. 2011. Т. 19. № 4. С. 173.
20. Зинькина Ю.В., Коротаев А.В. Разрыв в ожидаемой продолжительности жизни мужчин и женщин: обзор генетических, социальных и ценностных факторов // Демографическое обозрение. 2021. Т. 8. № 1. С. 106.
21. Руднев С.Г., Соболева Н.П., Стерликов С.А. и др. Биоимпедансное исследование состава тела населения России. М.: РИО ЦНИИОИЗ, 2014. 493 с.
22. Husted L., Fogelström M., Hulst P. et al. A Biological Age Model Designed for Health Promotion Interventions: Protocol for an Interdisciplinary Study for Model Development // JMIR Res. Protoc. 2020. V. 9. № 10. P. e19209.
23. Синдеева Л.В., Орлова И.И. Методы оценки биологического возраста в различные периоды онтогенетического цикла человека // Вестник новых медицинских технологий. 2012. Т. 19. № 2. С. 224.
24. Говорухина А.А., Муштай К.А. Влияние спортивной специализации на компонентный состав массы тела и антропометрические параметры девушек-студенток высшего педагогического учебного заведения // Человек. Спорт. Медицина. 2020. Т. 20. № 4. С. 31.
25. Васильева Г.Ю., Гордиенко К.В., Сидоренко Д.П. и др. Динамика показателей состава тела и некоторых биохимических параметров у участников 21-суточной "сухой" иммерсии без применения средств профилактики // Физиология человека. 2021. Т. 47. № 3. С. 60.
26. Мартиросов Э.Г., Николаев Д.В., Руднев С.Г. Технологии и методы определения состава тела человека. М.: Наука, 2006. 248 с.
27. Lazarus N., Lord J., Harridge S. The relationships and interactions between age, exercise and physiological function // J. Physiol. 2019. V. 597. № 5. P. 1299.
28. Филатова О.В., Половинкин С.С., Томилова И.Н. и др. Особенности вариабельности ритма сердца у женщин второго периода зрелого возраста, ассоциированные с массой тела // Физиология человека. 2019. Т. 45. № 3. С. 70.
29. Руненко С.Д., Ачкасов Е.Е., Разина А.О. и др. Роль мотивационных факторов в оздоровительно-тренировочных программах при избыточной массе тела // Вопросы курортологии, физиотерапии и лечебной физической культуры. 2018. Т. 95. № 5. С. 20.
30. McConnell M.V., Turakhia M.P., Harrington R.A. et al. Mobile health advances in physical activity, fitness, and atrial fibrillation: moving hearts // J. Am. Coll. Cardiol. 2018. V. 71. № 23. P. 2691.

REFERENCES

1. Fadeeva N.I., Turova E.A., Konchugova T.V. et al. [Comparative analysis of the methods for the estimation of the biological age] // Vopr. Kurortol. Fizioter. Lech. Fiz. Kult. 2014. V. 91. № 2. P. 43.
2. Hertel J., Friedrich N., Wittfeld K. et al. Measuring Biological Age via Metabonomics: The Metabolic Age Score // J. Proteome Res. 2016. V. 15. № 2. P. 400.
3. Vasto S., Bulati M., Scapagnini G. et al. Bio-markers of aging // Front. Biosci. (Schol. Ed). 2010. V. 2. № 2. P. 392.
4. Bürkle A., Moreno-Villanueva M., Bernhard J. et al. MARK-AGE biomarkers of ageing // Mech. Ageing Dev. 2015. V. 151. P. 2.
5. Jia L., Zhang W., Chen X. Common methods of biological age estimation // Clin. Interv. Aging. 2007. V. 12. P. 759.
6. Samorodskaya I.V., Starinskaya M.A. [Biological age and the rate of aging as a risk factor for non-communicable diseases and deaths] // Profilakticheskaya Meditsina. 2016. V. 19. № 5. P. 41.
7. Belskya D., Caspic A., Houtsc R. et al. Quantification of biological aging in young adults // Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A. 2015. V. 112. № 30. P. E4104.
8. Melnichenko P.I., Ermakova N.A., Prokhorov N.I. et al. [Biological age as an assessment and criterion of students' health] // Public Health and Life Environment. 2017. № 2(287). P. 15.
9. Beard J.R., Officer A., de Carvalho I.A. et al. The World report on ageing and health: a policy framework for healthy ageing // Lancet. 2016. V. 387. № 10033. P. 2145.
10. Lara J., Cooper R., Nissan J. et al. A proposed panel of biomarkers of healthy ageing // BMC Med. 2015. V. 13. P. 222.
11. Belozerova L.M. [Determination of biological age by blood test] // Clin. Gerontol. 2006. V. 12. № 3. P. 50.
12. Dadaeva V.A., Eganyan R.A., Kupreishvili L.V. et al. [Body composition in patients with metabolic syndrome] // Profilakticheskaya Meditsina. 2020. V. 23. № 3. P. 69.

13. *Kemp G., Jackson M., McCloskey E. et al.* Towards a toolkit for the assessment and monitoring of musculo-skeletal ageing // *Age Ageing*. 2018. V. 47. № 6. P. 774.
14. *Sindeeva L.V., Nikolaev V.G., Kochetova T.F., Kovrigina O.A.* [Component composition of the body as a criteria of biological age] // *Sib. Med. Rev.* 2015. № 5 (95). P. 61.
15. *Ratushnyy A.Y., Buravkova L.B.* Gell senescence and mesenchymal stromal cells // *Human Physiology*. 2020. V. 46. № 1. P. 85.
16. *Mikhailova S.V., Kuzmichev Yu.G., Krasnikova L.I.* [Physiological and hygienic substantiation for rating scale of the biological age “Bio-age”] // *Hygiene Sanit.* 2018. V. 97. № 7. P. 642.
17. *Ferrucci L., Gonzalez-Freire M., Fabbri E. et al.* Measuring biological aging in humans: A quest // *Aging Cell*. 2020. V. 19. № 2. P. e13080.
18. *Orlova N.V., Chukaeva I.I.* [Organization and functioning of Health Centers]. M.: State Educational Institution of Higher Professional Education RSMU Roszdrazh. 2010. 60 p.
19. *Rogoza A.N.* [The role and capabilities of the ankle-brachial systolic pressure index during preventive examinations] // *Russkiy Meditsinskiy Zhurnal Kardiologiya*. 2011. T. 19. № 4. C. 173.
20. *Zinkina Yu.V., Korotaev A.V.* [The gender gap in life expectancy: a review of genetic, social and value factors] // *Demographic Review*. 2021. V. 8. № 1. P. 106.
21. *Rudnev S.G., Soboleva N.P., Sterlikov S.A. et al.* [Bio-impedance study of body composition in the Russian population]. M.: RIO TSNIIOIZ, 2014. 493 p.
22. *Husted L., Fogelström M., Hulst P. et al.* A biological age model designed for health promotion interventions: Protocol for an interdisciplinary study for model development // *JMIR Res. Protoc.* 2020. V. 9. № 10. P. e19209.
23. *Sindeeva L.V., Orlova I.I.* [The methods of estimation of biological age in different ontogenetic periods in person] // *J. New Med. Technol.* 2012. V. 19. № 2. P. 224.
24. *Govorukhina A.A., Mushty K.A.* [Effect of Sports Specialization on Body Composition and Anthropometric Data in Female Students of Pedagogical Universities] // *Hum. Sport. Med.* 2020. V. 20. № 4. P. 31.
25. *Vassilieva G.Yu., Gordienko K.V., Sidorenko D.P. et al.* Dynamics of body composition indices and biochemical parameters in participants of countermeasures-free 21-day “dry” immersion // *Human Physiology*. 2021. V. 47. № 3. P. 296.
26. *Martirosov E.G., Nikolaev D.V., Rudnev S.G.* [Technologies and methods of human body composition assessment]. M.: Nauka, 2006. 248 p.
27. *Lazarus N., Lord J., Harridge S.* The relationships and interactions between age, exercise and physiological function // *J. Physiol.* 2019. V. 597. № 5. P. 1299.
28. *Filatova O.V., Polovinkin S.S., Tomilova I.N. et al.* Features of heart rate variability in women of the second period of adulthood associated with the body weight // *Human Physiology*. 2019. V. 45. № 3. P. 291.
29. *Rumenko S.D., Achkasov E.E., Razina A.O. et al.* [The role of motivational factors in the health promotion training programs for the overweight subjects] // *Vopr. Kurortol. Fizioter. Lech. Fiz. Kult.* 2018. V. 95. № 5. P. 20.
30. *McConnell M.V., Turakhia M.P., Harrington R.A. et al.* Mobile health advances in physical activity, fitness, and atrial fibrillation: moving hearts // *J. Am. Coll. Cardiol.* 2018. V. 71. № 23. P. 2691.

Interrelationship of Component Composition of the Body with Biological Age According to the “Bio-Age” Scale

S. V. Mihajlova^{a, *}, T. V. Khrycheva^b

^aArzamas branch of Nizhny Novgorod State University, Arzamas, Russia

^bHealth Center, Arzamas City Hospital № 1, Arzamas, Russia

*E-mail: fatinia_m@mail.ru

A new method for estimating biological age (BA) on the Bio-age scale, which reflects the degree of its correspondence with respect to calendar age (CA), is presented. Anthropometric (body weight, systolic blood pressure, vital capacity, dynamometry of the right hand), biochemical (glucose and sugar levels in the blood) parameters were analyzed; body composition (percentage of active cell mass (ACM%), body fat mass (BFM%), total water (TW%), basal metabolism) in 972 people (427 men and 545 women) aged 18–70 years. An increase with age in the number of surveyed (especially among men) with BA > CA was revealed. It was determined that an increase in the values of BFM%, a decrease in ACM% and TW% leads to an acceleration of the aging of the body. Dynamics of indicators of body components at the age stage of 18–70 years is characterized by a decrease in the values of ACM%, TW% and an increase in BFM%, and in the groups BA > CA the negative dynamics is 2–3 times more intense. It is likely that the imbalance in the ratio of body components causes the development of numerous morphofunctional disorders. Therefore, in order to slow down the rate of aging of the organism, it is necessary to normalize the component composition of the body.

Keywords: biological age, healthy aging, bio-age scale, body composition components.