

УДК 612.017.2+612.06+57.016.4

DOI: 10.37482/2687-1491-Z147

**АДАПТАЦИОННЫЕ, РЕГУЛЯТОРНЫЕ  
И ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ СТУДЕНТОВ  
С РАЗНЫМ БИОЛОГИЧЕСКИМ ВОЗРАСТОМ ПО ШКАЛЕ «BIO-AGE»**

С.В. Михайлова\* ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3842-0994>

Т.В. Хрычева\*\* ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0713-5453>

\*Арзамасский филиал Национального исследовательского  
Нижегородского государственного университета им. Н.И. Лобачевского  
(Нижегородская обл., г. Арзамас)

\*\*Арзамасская городская больница № 1  
(Нижегородская обл., г. Арзамас)

Биологический возраст определяется совокупностью обменных, структурных, функциональных, регуляторных и приспособительных особенностей организма, а оценка биологического возраста является ключом для изучения влияния времени и условий среды обитания на изменения организма на всех этапах онтогенеза. **Цель** настоящей работы – изучение адаптационных, регуляторных и функциональных особенностей у студентов с разным биологическим возрастом, определенным по шкале «Bio-age». **Материалы и методы.** Исследование проведено среди 521 студента 18–25 лет в ходе профилактических осмотров в Центре здоровья, функционирующем на базе ГБУЗ НО «Арзамасская городская больница № 1», и включало антропометрию, биоимпедансометрию, кардиоинтервалографию, определение лодыжечно-плечевого индекса, уровней общего холестерина и глюкозы в крови. **Результаты.** При оценке биологического возраста по шкале «Bio-age» установлено, что только у 1/2 студентов он соответствует календарному возрасту, а 1/3 обследуемых уже имеют ускоренный темп старения. Адаптационные возможности у студентов, чей биологический возраст меньше календарного (БВ < КВ), выше, чем у студентов с биологическим возрастом, превышающим календарный (БВ > КВ), что подтверждается не только степенью адаптации по методу Р.М. Баевского, но и динамикой индекса напряжения и показателями спектрального анализа сердечного ритма. У студентов с БВ < КВ функциональное состояние организма является оптимальным как в покое, так и при ортостатической пробе – общая мощность спектра кардиоинтервалограммы уменьшается за счет снижения активности парасимпатического отдела. У студентов с БВ > КВ как в клино-, так и в ортоположении выявлена рассогласованность функционирования разных

---

**Ответственный за переписку:** Михайлова Светлана Владимировна, адрес: 607220, Нижегородская обл., г. Арзамас, ул. К. Маркса, д. 36; e-mail: fatinia\_m@mail.ru

**Для цитирования:** Михайлова С.В., Хрычева Т.В. Адаптационные, регуляторные и функциональные возможности студентов с разным биологическим возрастом по шкале «Bio-age» // Журн. мед.-биол. исследований. 2023. Т. 11, № 3. С. 265–277. DOI: 10.37482/2687-1491-Z147

отделов вегетативной нервной системы – повышение контроля со стороны центральных отделов управления сердечным ритмом, усиление симпатических влияний и ослабление активности парасимпатического отдела вегетативной нервной системы.

**Ключевые слова:** студенты, календарный возраст, биологический возраст, шкала «Bio-age», темп старения, адаптационные возможности организма, регуляторные механизмы, функциональные возможности организма.

Понятие «биологический возраст» (БВ) включает совокупность обменных, структурных, функциональных, регуляторных и приспособительных особенностей организма. Решение проблемы оценки БВ – ключ к изучению влияния времени и условий среды обитания на изменения организма на всех этапах онтогенеза [1, 2].

Условия обучения в вузе часто являются значимым фактором повышения БВ студентов. Так, Е.М. Рослякова с соавторами, используя метод В.П. Войтенко, установили, что у студентов превышение БВ над календарным возрастом (КВ) составляет от  $10,0 \pm 2,7$  до  $22,0 \pm 3,2$  года. Возможной причиной ускорения старения организма студентов исследователи назвали хронические заболевания (выявлены у  $51,0 \pm 4,3$  % лиц, причем юношей среди них было больше, чем девушек) [3]. В работе П.И. Мельниченко с соавторами фактический БВ студентов составил: юношей – 37–46 лет, а девушек – 28–32 лет (при среднем КВ обследованных 19–22 лет), т. е. образ жизни современного студента увеличивает темпы его старения почти в 3 раза [4]. Изучение БВ студентов необходимо для ранней диагностики заболеваний и оценки эффективности профилактических мероприятий по замедлению функциональных и метаболических изменений, ведущих к ускорению старения организма и снижению уровня здоровья [1, 5, 6].

При оценке БВ в качестве биомаркеров могут выступать биохимические, морфологические, функциональные, иммунологические, психоэмоциональные и другие признаки [7]. Как отмечают И.В. Самородская и М.А. Старинская, методы оценки БВ основываются на различных показателях, которые носят условный характер,

но даже в таких случаях удается выявить значительные различия между БВ и КВ [8].

В представленной нами работе используется новый способ, позволяющий оценить БВ с помощью комплекса антропометрических, биохимических и биоимпедансных показателей. Определение БВ осуществляется по шкале «Bio-age» [9].

Целью данного исследования является изучение адаптационных, регуляторных и функциональных особенностей студентов с разным БВ по шкале «Bio-age».

**Материалы и методы.** Исследование проведено по результатам профилактических медицинских осмотров 521 студента (187 юношей и 334 девушек) 18–25 лет в Центре здоровья г. Арзамаса, функционирующем на базе ГБУЗ НО «Арзамасская городская больница № 1», в 2019–2022 годах. Профилактические осмотры включали:

– антропометрию (измерение длины тела (ДТ), массы тела (МТ), систолического и диастолического артериального давления (САД и ДАД), частоты сердечных сокращений (ЧСС), жизненной емкости легких (ЖЕЛ), динамометрия правой кисти (ДПК)) с вычислением жизненного индекса ( $ЖИ = ЖЕЛ/МТ$ ) и силового индекса ( $СИ = ДПК \cdot 100/МТ$ ) [10];

– исследование компонентного состава тела с применением биоимпедансного анализатора «Диамант» (анализ процентной доли активной клеточной массы (АКМ, %), жировой массы тела (ЖМТ, %), содержания общей воды (ОВ, %), основного обмена (ОО, ккал) и др.) [10];

– определение лодыжечно-плечевого индекса (ЛПИ) по результатам ангиологического скрининга [10];

– определение уровня общего холестерина (ОХ) и глюкозы в крови [10];

– кардиоинтервалографию с применением компьютерной программы оценки уровня здоровья «Ритм-Экспресс», по результатам которой анализировались показатели: индекс напряжения (ИН), общая мощность спектра (ТР), мощность высокочастотной, низкочастотной и очень низкочастотной части спектра (HF, LF, VLF) в клино- и ортоположении; показатель активности регуляторных систем (ПАРС) [10, 11].

Адаптационный потенциал рассчитывался по методу Р.М. Баевского на основе 7 показателей (САД, ДАД, ЧСС, ДТ, МТ, пол, возраст), определялись 4 степени адаптации: удовлетворительная, напряжение адаптации, неудовлетворительная и срыв адаптации [12].

БВ устанавливался по шкале «Bio-age» (с применением 11 биомаркеров: САД, ЖИ, СИ, ЛПИ, ОХ, глюкоза, АКМ, ЖМТ, ОВ, ОО, ПАРС) согласно методическим рекомендациям, изложенным в патенте РФ № 2695022 «Способ оценки биологического возраста». Полученные оценки распределялись на 5 функциональных классов, характеризующих темп биологического старения организма:

$BV_1$  – БВ значительно ниже КВ;

$BV_2$  – БВ ниже КВ;

$BV_3$  – БВ соответствует КВ;

$BV_4$  – БВ выше КВ;

$BV_5$  – БВ значительно выше КВ [9].

Исследование проведено: после получения положительного решения локального этического комитета Арзамасского филиала Нижегородского государственного университета (ННГУ); на сертифицированном и регулярно поверяемом оборудовании, включенном в перечень оснащения Центра здоровья; при информированном согласии обследованных и с соблюдением четких критериев исключения (наличие на момент обследования острых или обострения хронических заболеваний, беременности, а также отказ от обследования).

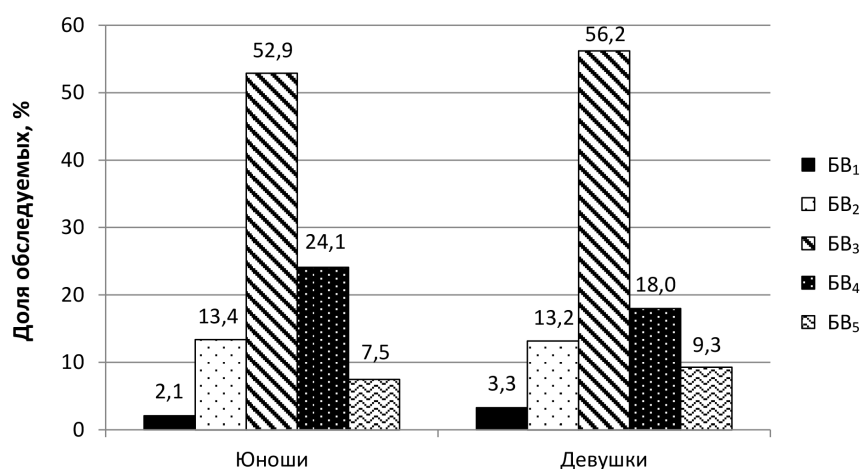
По результатам осмотров создана персоналифицированная база данных, статистическая обработка проводилась с помощью офисных про-

дуктов: Excel (v. 8.00), Statgraphics Plus (v. 5) и Primer of Biostatistics (v. 4.03). Выборки данных проверялись на нормальность распределения, для чего были использованы критерии Колмогорова–Смирнова (для выборок объемом 50 и более наблюдений) и Шапиро–Уилка (до 50 наблюдений) при уровне значимости  $p < 0,05$ . В таблицах количественные признаки, имеющие нормальное распределение, представлены в виде среднего арифметического ( $M$ ), среднеквадратического отклонения ( $\sigma$ ), 95 %-го доверительного интервала (95% CI); величины с отличным от нормального распределением – в виде  $M$ ,  $\sigma$ , медианы ( $Me$ ) и перцентильного ранжирования ( $Q_{25}$ – $Q_{75}$  – 25-й и 75-й перцентили). Для сравнения двух зависимых групп с нормальным распределением использовался парный критерий Стьюдента, для сравнения двух зависимых групп со значениями, не подчиняющимися закону нормального распределения, – критерий Уилкоксона. Различия исследуемых параметров считались статистически значимыми при 95 %-м пороге вероятности ( $p < 0,05$ ).

**Результаты.** Расчет БВ по шкале «Bio-age» выявил, что чуть больше 1/2 студентов (52,9 % юношей и 56,2 % девушек) имеют БВ, соответствующий КВ (см. рисунок, с. 268). С  $BV > KВ$  (группы  $BV_4, BV_5$ ) молодежи больше, чем с  $BV < KВ$  (группы  $BV_1, BV_2$ ). При этом 31,6 % юношей и 27,3 % девушек 18–25 лет уже имеют ускоренный темп старения, т. е.  $BV > KВ$ .

В ходе исследования у студентов были определены степени адаптации. Адаптационные возможности представляют собой запас функциональных резервов организма, которые постоянно расходуются на поддержание равновесия между организмом и средой [12]. Для большинства студентов, имеющих  $BV < KВ$ , характерна удовлетворительная адаптация и напряжение механизмов адаптации (табл. 1, см. с. 268).

Среди студентов с  $BV > KВ$  чаще встречается неудовлетворительная адаптация и срыв адаптационных механизмов, т. е. ускорение темпов старения организма в большинстве случаев сопровождается снижением приспособительных возможностей.



Распределение студентов по группам биологического возраста, %: BB<sub>1</sub> – биологический возраст значительно ниже календарного; BB<sub>2</sub> – биологический возраст ниже календарного; BB<sub>3</sub> – биологический возраст соответствует календарному; BB<sub>4</sub> – биологический возраст выше календарного; BB<sub>5</sub> – биологический возраст значительно выше календарного

Distribution of students by biological age groups, %

Таблица 1

**РАСПРЕДЕЛЕНИЕ СТУДЕНТОВ С РАЗНЫМ БИОЛОГИЧЕСКИМ ВОЗРАСТОМ  
ПО СТЕПЕНИ АДАПТАЦИИ, %**  
**DISTRIBUTION OF STUDENTS OF DIFFERENT BIOLOGICAL AGES  
BY ADAPTATION DEGREE, %**

Соотношение БВ и КВ	Степень адаптации			срыв адаптации
	удовлетворительная	напряжение адаптации	неудовлетворительная	
<i>Юноши (n = 187)</i>				
БВ значительно ниже КВ	50,0	50,0	–	–
БВ ниже КВ	24,0	64,0	8,0	4,0
БВ соответствует КВ	16,2	49,4	29,3	5,1
БВ выше КВ	13,3	20,0	42,3	24,4
БВ значительно выше КВ	–	35,7	21,4	42,9
<i>Девушки (n = 334)</i>				
БВ значительно ниже КВ	36,4	54,5	9,1	–
БВ ниже КВ	38,6	50,0	11,4	–
БВ соответствует КВ	36,7	33,0	17,5	12,8
БВ выше КВ	23,4	28,3	28,3	20,0
БВ значительно выше КВ	3,2	19,4	35,5	41,9

Исходный вегетативный тонус характеризует регуляторные аппараты, поддерживающие метаболическое равновесие, соотношение меж-

ду симпатическим и парасимпатическим отделами вегетативной нервной системы (ВНС) [13]. По результатам кардиоинтервалографии

(по показателю ИН) определены типы вегетативного тонуса: эйтония, ваготония, симпатикотония и гиперсимпатикотония (табл. 2).

ческого, парасимпатического отделов ВНС и центральных механизмов, влияющих не только на сердечно-сосудистую систему, но и на ор-

Таблица 2

**РАСПРЕДЕЛЕНИЕ СТУДЕНТОВ С РАЗНЫМ БИОЛОГИЧЕСКИМ ВОЗРАСТОМ  
ПО ТИПУ ВЕГЕТАТИВНОГО ТОНУСА, %**  
**DISTRIBUTION OF STUDENTS OF DIFFERENT BIOLOGICAL AGES  
BY AUTONOMIC TONE TYPE, %**

Соотношение БВ и КВ	Тип вегетативного тонуса			
	ваготония (ИН < 30)	эйтония (ИН = 30–90)	симпатикотония (ИН = 91–160)	гиперсимпатикотония (ИН > 160)
<i>Юноши (n = 187)</i>				
БВ значительно ниже КВ	25,0	75,0	–	–
БВ ниже КВ	12,0	84,0	4,0	–
БВ соответствует КВ	20,2	59,6	18,2	2,0
БВ выше КВ	8,9	48,9	33,3	8,9
БВ значительно выше КВ	–	57,2	21,4	21,4
<i>Девушки (n = 334)</i>				
БВ значительно ниже КВ	36,4	63,6	–	–
БВ ниже КВ	25,0	70,4	4,6	–
БВ соответствует КВ	19,2	59,5	19,2	2,1
БВ выше КВ	23,3	56,7	16,7	3,3
БВ значительно выше КВ	9,7	51,5	32,3	6,5

Состояние эйтонии преобладает во всех 5 группах студентов с различным БВ как у юношей, так и у девушек. Состояние ваготонии в большей степени наблюдается у студентов с БВ < КВ, а симпатикотонии и гиперсимпатикотонии – у юношей и девушек с БВ > КВ. ИН характеризует степень напряжения регуляторных систем, его повышенное значение у студентов с БВ > КВ свидетельствует о преобладании активности центральных механизмов регуляции над автономными.

Для более объективной интерпретации показателей вариабельности сердечного ритма (ВСР) рекомендуется проводить активную ортостатическую пробу (АОП), которая, несмотря на простоту выполнения, является высокоинформативной, дает возможность изучить функциональные резервы вегетативной регуляции путем выявления активности симпати-

ганизм в целом [11, 14, 15]. После проведения АОП значения ИН у студентов всех групп возрастают (табл. 3, 4, см. с. 270–271), при этом отмечается «закон исходного уровня»: чем выше уровень исходной физиологической активности, тем ниже количественный прирост его параметров [16, 17].

У студентов выявлено повышение значений ИН в группах от БВ<sub>1</sub> до БВ<sub>5</sub> как в клино-, так и в ортоположении, что свидетельствует об усилении централизации управления ритмом сердца на фоне возрастания активизации симпатического отдела и ослабления влияния на синусовый узел парасимпатического отдела ВНС у студентов с БВ > КВ в сравнении с молодежью, имеющей БВ < КВ.

Для точной количественной оценки периодических процессов в работе сердца применяется спектральный анализ, физиологический

Таблица 3

**РЕЗУЛЬТАТЫ КАРДИОИНТЕРВАЛОГРАФИИ У ЮНОШЕЙ-СТУДЕНТОВ  
С РАЗНЫМ БИОЛОГИЧЕСКИМ ВОЗРАСТОМ  
ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ АКТИВНОЙ ОРТОСТАТИЧЕСКОЙ ПРОБЫ  
CARDIOINTERVALOGRAPHY RESULTS IN MALE STUDENTS OF DIFFERENT BIOLOGICAL AGES  
DURING AN ACTIVE ORTHOSTATIC TEST**

Параметр	Статистическая оценка								P	
	M	$\sigma$	Me	Q <sub>25</sub>	Q <sub>75</sub>	95% CI		Min		Max
<i>Студенты с БВ &lt; КВ (группы БВ<sub>1</sub>, БВ<sub>2</sub>; n = 29)</i>										
ИH <sub>о</sub>	47,7	24,2	43,4	36,7	57,1	–	–	13,1	145,1	<0,001
ИH <sub>к</sub>	62,6	24,5	–	–	–	53,3	71,9	15,1	135,1	
HF <sub>о</sub> , мс <sup>2</sup>	1273,3	436,6	–	–	–	1106,9	1439,7	214,9	1982,6	<0,001
HF <sub>к</sub> , мс <sup>2</sup>	1018,7	394,6	–	–	–	868,3	1169,1	198,0	1755,6	
LF <sub>о</sub> , мс <sup>2</sup>	733,6	491,0	695,9	447,3	827,8	–	–	159,3	2759,3	<0,01
LF <sub>к</sub> , мс <sup>2</sup>	655,9	334,4	–	–	–	528,5	783,3	117,8	1536,9	
VLF <sub>о</sub> , мс <sup>2</sup>	552,6	326,8	510,5	330,2	618,4	–	–	112,9	1530,0	<0,001
VLF <sub>к</sub> , мс <sup>2</sup>	438,3	265,8	417,0	247,1	483,0	–	–	88,1	1155,0	
LF <sub>о</sub> /HF <sub>о</sub>	0,69	0,61	0,55	0,30	0,80	–	–	0,10	3,50	<0,05
LF <sub>к</sub> /HF <sub>к</sub>	0,83	0,72	0,65	0,35	0,85	–	–	0,10	4,10	
<i>Студенты с БВ = КВ (группа БВ<sub>3</sub>; n = 99)</i>										
ИH <sub>о</sub>	65,2	47,2	58,0	36,7	80,9	–	–	10,2	391,3	<0,001
ИH <sub>к</sub>	80,5	41,3	73,9	48,7	102,4	–	–	11,7	203,8	
HF <sub>о</sub> , мс <sup>2</sup>	1154,4	869,0	1035,4	454,4	1752,3	–	–	52,9	3467,3	<0,001
HF <sub>к</sub> , мс <sup>2</sup>	805,6	638,8	677,3	245,0	1163,1	–	–	47,7	3194,6	
LF <sub>о</sub> , мс <sup>2</sup>	824,6	481,0	658,0	495,5	1132,2	–	–	156,7	2285,4	<0,001
LF <sub>к</sub> , мс <sup>2</sup>	696,5	541,8	543,7	263,9	1016,3	–	–	29,8	2891,5	
VLF <sub>о</sub> , мс <sup>2</sup>	759,8	247,3	–	–	–	709,9	809,7	107,5	1843,0	<0,001
VLF <sub>к</sub> , мс <sup>2</sup>	611,7	326,4	559,7	340,2	827,5	–	–	71,1	1822,0	
LF <sub>о</sub> /HF <sub>о</sub>	1,47	1,29	0,90	0,50	1,50	–	–	0,10	12,20	>0,05
LF <sub>к</sub> /HF <sub>к</sub>	1,54	1,38	0,90	0,40	1,85	–	–	0,10	7,50	
<i>Студенты с БВ &gt; КВ (группы БВ<sub>4</sub>, БВ<sub>5</sub>; n = 59)</i>										
ИH <sub>о</sub>	90,7	60,4	72,8	49,1	100,8	–	–	15,5	391,3	<0,001
ИH <sub>к</sub>	111,3	56,4	96,6	80,8	149,5	–	–	21,6	298,7	
HF <sub>о</sub> , мс <sup>2</sup>	823,9	805,1	488,1	112,7	1101,8	–	–	78,7	2668,0	<0,001
HF <sub>к</sub> , мс <sup>2</sup>	391,0	437,1	227,7	104,3	372,6	–	–	76,8	2161,1	
LF <sub>о</sub> , мс <sup>2</sup>	913,1	627,7	733,1	395,1	1386,6	–	–	166,9	2814,9	>0,05
LF <sub>к</sub> , мс <sup>2</sup>	967,4	819,3	624,9	249,4	1720,7	–	–	29,8	2789,6	
VLF <sub>о</sub> , мс <sup>2</sup>	814,6	309,6	–	–	–	733,2	896,0	136,5	1917,0	<0,001
VLF <sub>к</sub> , мс <sup>2</sup>	451,3	333,5	317,0	221,9	664,1	–	–	109,5	1940,1	
LF <sub>о</sub> /HF <sub>о</sub>	2,51	2,33	1,70	0,70	3,40	–	–	0,10	9,90	<0,01
LF <sub>к</sub> /HF <sub>к</sub>	4,11	3,98	2,90	0,90	5,60	–	–	0,10	15,40	

Примечание. Буквы в индексах обозначают: о – ортоположение, к – клиноположение.



Таблица 4

**РЕЗУЛЬТАТЫ КАРДИОИНТЕРВАЛОГРАФИИ У ДЕВУШЕК-СТУДЕНТОК  
С РАЗНЫМ БИОЛОГИЧЕСКИМ ВОЗРАСТОМ  
ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ АКТИВНОЙ ОРТОСТАТИЧЕСКОЙ ПРОБЫ  
CARDIOINTERVALOGRAPHY RESULTS IN FEMALE STUDENTS OF DIFFERENT BIOLOGICAL AGES  
DURING AN ACTIVE ORTHOSTATIC TEST**

Параметр	Статистическая оценка								P	
	M	$\sigma$	Me	Q <sub>25</sub>	Q <sub>75</sub>	95% CI		Min		Max
<i>Студентки с БВ &lt; КВ (группы БВ<sub>1</sub>, БВ<sub>2</sub>; n = 55)</i>										
ИH <sub>о</sub>	42,5	21,9	37,1	26,8	54,1	–	–	10,1	111,7	<0,001
ИH <sub>к</sub>	64,0	32,8	57,7	41,0	81,1	–	–	27,5	172,6	
HF <sub>о</sub> , мс <sup>2</sup>	1225,9	630,3	1197,8	811,9	1552,2	–	–	256,3	4303,0	<0,001
HF <sub>к</sub> , мс <sup>2</sup>	1048,3	356,8	–	–	–	951,2	1145,4	211,1	2106,8	
LF <sub>о</sub> , мс <sup>2</sup>	670,2	301,6	656,7	404,7	845,5	–	–	145,5	1714,4	<0,001
LF <sub>к</sub> , мс <sup>2</sup>	510,9	284,3	474,4	266,2	669,5	–	–	130,3	1490,1	
VLF <sub>о</sub> , мс <sup>2</sup>	568,7	268,8	548,7	510,6	630,2	–	–	32,3	1544,0	<0,001
VLF <sub>к</sub> , мс <sup>2</sup>	461,8	184,5	–	–	–	411,6	512,0	97,6	1318,0	
LF <sub>о</sub> /HF <sub>о</sub>	0,66	0,52	0,50	0,40	0,80	–	–	0,20	4,30	<0,05
LF <sub>к</sub> /HF <sub>к</sub>	0,57	0,46	0,40	0,30	0,60	–	–	0,10	3,70	
<i>Студентки с БВ = КВ (группа БВ<sub>3</sub>; n = 188)</i>										
ИH <sub>о</sub>	59,1	40,3	49,9	32,3	76,7	–	–	10,5	351,9	<0,001
ИH <sub>к</sub>	81,1	44,1	72,1	46,6	102,4	–	–	11,1	228,1	
HF <sub>о</sub> , мс <sup>2</sup>	998,1	665,9	836,7	488,9	1336,0	–	–	84,0	3407,4	<0,001
HF <sub>к</sub> , мс <sup>2</sup>	690,1	534,7	562,1	244,6	975,5	–	–	87,7	3783,0	
LF <sub>о</sub> , мс <sup>2</sup>	770,3	410,1	681,3	461,1	970,6	–	–	121,0	2399,7	>0,05
LF <sub>к</sub> , мс <sup>2</sup>	705,1	523,8	611,2	208,2	903,1	–	–	29,8	3683,4	
VLF <sub>о</sub> , мс <sup>2</sup>	721,4	231,6	732,5	548,1	915,6	–	–	11,5	1315,0	<0,001
VLF <sub>к</sub> , мс <sup>2</sup>	670,1	245,4	–	–	–	635,0	705,2	14,8	1225,1	
LF <sub>о</sub> /HF <sub>о</sub>	1,18	1,07	0,90	0,50	1,35	–	–	0,10	6,50	<0,001
LF <sub>к</sub> /HF <sub>к</sub>	1,57	1,38	1,00	0,60	2,20	–	–	0,10	7,20	
<i>Студентки с БВ &gt; КВ (группы БВ<sub>4</sub>, БВ<sub>5</sub>; n = 91)</i>										
ИH <sub>о</sub>	65,6	38,3	53,3	35,2	94,7	–	–	14,5	160,1	<0,001
ИH <sub>к</sub>	93,5	50,3	87,2	56,2	117,1	–	–	7,5	261,9	
HF <sub>о</sub> , мс <sup>2</sup>	741,4	635,4	567,7	296,6	914,2	–	–	78,7	2996,8	<0,001
HF <sub>к</sub> , мс <sup>2</sup>	346,4	246,1	279,4	203,5	401,8	–	–	97,7	1583,0	
LF <sub>о</sub> , мс <sup>2</sup>	835,6	443,3	735,7	490,1	1150,3	–	–	240,1	2166,9	<0,05
LF <sub>к</sub> , мс <sup>2</sup>	967,5	577,9	802,0	502,2	1449,4	–	–	90,5	2790,5	
VLF <sub>о</sub> , мс <sup>2</sup>	734,5	311,8	–	–	–	669,1	799,9	27,2	1326,0	<0,001
VLF <sub>к</sub> , мс <sup>2</sup>	418,8	302,9	318,2	218,3	531,1	–	–	18,9	1439,0	
LF <sub>о</sub> /HF <sub>о</sub>	2,06	1,95	1,30	0,70	2,80	–	–	0,10	12,10	<0,001
LF <sub>к</sub> /HF <sub>к</sub>	3,71	2,89	2,90	1,70	4,90	–	–	0,30	13,00	

Примечание. Буквы в индексах обозначают: о – ортоположение, к – клиноположение.

смысл которого состоит в оценке активности отдельных уровней управления ритмом сердца [18, 19]. Мощность HF-волн спектра (дыхательные волны), обусловленных вагусной активностью [20, 21], в проведенном исследовании выше у студентов с  $BV < KB$ , при этом также отмечается снижение значений от группы  $BV_1$  к  $BV_5$ . LF-составляющая спектра, характеризующая состояние симпатического отдела ВНС [11] и, в частности, системы регуляции сосудистого тонуса (активность вазомоторного центра) [22], у студентов с  $BV < KB$  отличается более низкой мощностью.

Одним из показателей соотношения симпатических и парасимпатических влияний является индекс вагосимпатического взаимодействия LF/HF [16]. Значения LF/HF ниже 1,5 расцениваются как свидетельство повышенных функциональных резервов организма [11, 23, 24]; таковые определены в проведенном исследовании у студентов с  $BV < KB$ . Сбалансированный тонус симпатических и парасимпатических центров ( $1,5 < LF/HF < 2,5$ ) выявлен у большинства студентов, но отсутствует у юношей и девушек с  $BV_5$  ( $BV$  значительно выше  $KB$ ), что указывает на низкие функциональные возможности последних.

В обследованных группах мощность VLF-волн, характеризующих активность симпатического отдела ВНС и отражающих активность межсистемного уровня управления [25], больше у студентов с  $BV > KB$ . Повышенный уровень VLF-волн, по данным Н.И. Шлык, является отражением гиперадаптивного состояния, отличающегося напряжением механизмов адаптации [16]. Также отмечается возрастание мощности VLF-волн от группы  $BV_1$  к  $BV_5$ .

**Обсуждение.** По результатам ранее проведенных нами исследований было выявлено, что наибольшее влияние на ускорение старения организма из 11 биомаркеров шкалы «Bio-age» оказывают показатели компонентного состава тела. Это свидетельствует о важности контроля оптимального соотношения компонент тела (мышечной и жировой

массы, воды) и обмена веществ для сохранения и укрепления здоровья [1]. В настоящем исследовании оценивались адаптационные, регуляторные и функциональные возможности студентов с различным  $BV$ , рассчитанным по шкале «Bio-age». Для этого анализировались данные ВСП при проведении АОП. Из показателей вариационной пульсометрии рассматривался ИН, который у студентов с  $BV > KB$  оказался выше, указывая тем самым на большую степень централизации управления сердечным ритмом, в сравнении со студентами, имеющими  $BV < KB$ .

Основываясь на концепции о сердечно-сосудистой системе как индикаторе адаптационно-приспособительной деятельности организма, для оценки регуляторных и функциональных возможностей используют анализ ВСП. Изменение сердечного ритма – универсальная оперативная реакция организма на различные воздействия внешней среды. Информация о том, какова «цена» этой адаптации, отражается в волновой структуре сердечного ритма [11, 26, 27].

В норме структура спектра ВСП, по мнению Н.И. Шлык, должна характеризоваться соотношением  $HF > LF > VLF$  [16]. В проведенном исследовании данное условие соблюдается у студентов с  $BV < KB$  и  $BV = KB$ , но соответствующие ему статистически значимые различия ( $p < 0,05$ ) выявлены только среди юношей группы  $BV_2$  в ортоположении и группы  $BV_3$  в клиноположении, а также среди девушек группы  $BV_1$  в клино- и ортоположении.

По данным В.М. Михайлова, в норме при переходе тела в вертикальное положение снижается мощность всех спектральных компонентов ВСП (VLF, LF, HF), при этом в большей степени HF и в меньшей – LF [11]. Аналогичные изменения по всем составляющим общего спектра были получены и в нашей работе у студентов с  $BV < KB$  и  $BV = KB$ . Отмечено уменьшение мощности дыхательных высокочастотных волн (HF) в ортоположении: у студентов с  $BV < KB$  – на 10,4–28,2 %, а у студентов с  $BV > KB$  – на 46,1–71,3 %.



Изменения мощности низкочастотного спектра (LF), характеризующего уровень активности вазомоторного центра, при АОП у студентов с различным БВ проявляются разнонаправленно: у лиц с БВ < КВ и БВ = КВ этот показатель при АОП уменьшается на 8,1–29,4 %, а у лиц с БВ > КВ – возрастает на 5,5–24,4 %. В исследованиях Н.И. Шлык (2009) подобная динамика LF-компонента рассматривается как парадоксальная реакция регуляторных систем на АОП, свидетельствующая о понижении функциональных резервов организма [17]. Увеличение LF в ответ на ортопробу также является отличительной особенностью обследуемых с преобладанием симпатикотонической активности в регуляции сердечного ритма.

У студентов с БВ < КВ определено оптимальное, сбалансированное функциональное состояние ВНС, характеризующееся адекватной реакцией на АОП парасимпатического и симпатического отделов с умеренным вовлечением механизмов центральной регуляции сердечного ритма. В данной группе обследуемых выявлена более высокая активность парасимпатического отдела ВНС и, следовательно, преобладание автономных механизмов регуляции сердечного ритма по сравнению со студентами, имеющими БВ > КВ, что подтверждается более низкими значениями HF у последних.

При изучении спектральных характеристик кардиоритмограммы у студентов с БВ > КВ отмечено значительное преобладание низкочастотного компонента ВСР над высокочастотным (LF > HF). Соотношение LF/HF возрастает с повышением БВ, что свидетельствует об усилении симпатических влияний.

Проведенное исследование позволило сделать следующие выводы:

1. Только у 1/2 обследованных студентов БВ соответствует КВ, а 1/3 уже имеют ускоренный темп старения.

2. Адаптационные возможности у студентов с БВ < КВ выше, чем у студентов с БВ > КВ, что подтверждается не только степенью адаптации по методу Р.М. Баевского, но и динамикой ИН и показателями спектрального анализа кардиоритмограммы.

3. Повышение у студентов с ускорением темпа старения значений ИН, характеризующее степень напряжения регуляторных систем, свидетельствует об усилении преобладания активности центральных механизмов регуляции над автономными.

4. У студентов с БВ < КВ функциональное состояние организма является оптимальным как в покое, так и при ортостатическом тестировании – общая мощность спектра уменьшается за счет снижения активности парасимпатического отдела. У студентов с БВ > КВ как в клино-, так и в ортоположении наблюдается нарушение согласованности функционирования разных отделов ВНС – увеличение контроля со стороны центральных отделов управления сердечным ритмом, усиление симпатических влияний и ослабление активности парасимпатического отдела ВНС.

**Финансирование.** Исследование проведено в рамках совместной научно-исследовательской деятельности с Центром здоровья ГБУЗ НО «Арзамасская городская больница № 1» (договор № 2то/2015 от 17.12.2015) при финансовой поддержке Арзамасского филиала ННГУ.

**Конфликт интересов.** Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

## Список литературы

1. Михайлова С.В. Биологический возраст человека: критерии и способы его определения: моногр. Арзамас: Арзамас. фил. ННГУ, 2022. 287 с.
2. Hertel J., Friedrich N., Wittfeld K., Pietzner M., Budde K., Van der Auwera S., Lohmann T., Teumer A., Völzke H., Nauck M., Grabe H.J. Measuring Biological Age via Metabonomics: The Metabolic Age Score // J. Proteome Res. 2016. Vol. 15, № 2. P. 400–410. DOI: [10.1021/acs.jproteome.5b00561](https://doi.org/10.1021/acs.jproteome.5b00561)

3. Рослякова Е.М., Бисерова А.Г., Байжанова Н.С., Игибаева А.С., Алипбекова А.С. Сравнительные характеристики биологического возраста преподавателей и студентов КазНМУ // Междунар. журн. приклад. и фундам. исследований. 2015. № 12-8. С. 1431–1434.
4. Мельниченко П.И., Ермакова Н.А., Прохоров Н.И., Матвеев А.А., Кочина Е.В. Биологический возраст как оценка и критерий состояния здоровья студентов // Здоровье населения и среда обитания – ЗНиСО. 2017. № 2(287). С. 15–17. DOI: [10.35627/2219-5238/2017-287-2-15-17](https://doi.org/10.35627/2219-5238/2017-287-2-15-17)
5. Bashkirtsev O., Sagan V., Gaevska V., Zimba O. Biological Age Estimation Based on Heart Rate Variability: A Pilot Study // Proceedings of the Shevchenko Scientific Society. Medical Sciences. 2021. Vol. 65, № 2. P. 218–239. DOI: [10.25040/NTSH2021.02.21](https://doi.org/10.25040/NTSH2021.02.21)
6. Russoniello C.V., Zhirnov Y.N., Pougatchev V.I., Gribkov E.N. Heart Rate Variability and Biological Age: Implications for Health and Gaming // Cyberpsychol. Behav. Soc. Netw. 2013. Vol. 16, № 4. P. 302–308. DOI: [10.1089/cyber.2013.1505](https://doi.org/10.1089/cyber.2013.1505)
7. Vasto S., Scapagnini G., Bulati M., Candore G., Castiglia L., Colonna-Romano G., Lio D., Nuzzo D., Pellicano M., Rizzo C., Ferrara N., Caruso C. Biomarkers of Aging // Front. Biosci. (Schol. Ed.). 2010. № 2. P. 392–402. DOI: [10.2741/s72](https://doi.org/10.2741/s72)
8. Самородская И.В., Старинская М.А. Биологический возраст и скорость старения как фактор развития неинфекционных заболеваний и смертности // Профилактик. медицина. 2016. № 5. С. 41–46. DOI: [10.17116/profmed201619541-46](https://doi.org/10.17116/profmed201619541-46)
9. Патент № 2695022 Российская Федерация, МПК А61В 5/0205 (2006.01), А61В 5/053 (2006.01), А61В 5/107 (2006.01), А61В 5/22 (2006.01), G01N 33/66 (2006.01), G01N 33/92 (2006.01). Способ оценки биологического возраста: № 2018127163; заявл. 23.07.2018; опубл. 18.07.2019 / Крылов В.Н., Кузмичев Ю.Г., Михайлова С.В., Красникова Л.И., Сабурцев С.А., Ошевенский Л.В. 29 с.
10. Оказание медицинской помощи взрослому населению в центрах здоровья: метод. рекомендации / М-во здравоохранения и соц. развития РФ. М.: ФГБУ ГНИЦПМ, 2012. 109 с.
11. Михайлов В.М. Вариабельность ритма сердца: опыт практического применения. Иваново, 2000. 200 с.
12. Баевский Р.М., Берсенева А.П. Оценка адаптационных возможностей организма и риск развития заболеваний. М.: Медицина, 1997. 236 с.
13. Баевский Р.М., Черникова А.Г. Анализ вариабельности сердечного ритма: физиологические основы и основные методы проведения // Cardiometry. 2017. Вып. 10. С. 68–80. URL: <https://cardiometry.net/issues/no10-may-2017/heart-rate-variability-analysis> (дата обращения: 17.08.2023).
14. Пустовойт В.И., Ключников М.С., Назарян С.Е., Ероян И.А., Самойлов А.С. Вариабельность сердечного ритма как основной метод оценки функционального состояния организма спортсменов, принимающих участие в экстремальных видах спорта // Соврем. вопр. биомедицины. 2021. Т. 5, № 2. Ст. № 4. DOI: [10.51871/2588-0500\\_2021\\_05\\_02\\_4](https://doi.org/10.51871/2588-0500_2021_05_02_4)
15. Максимов А.Л., Аверьянова И.В. Перестройка кардиоритма и гемодинамики при ортостазе у аборигенов и европеоидов Крайнего Севера с различными типами вегетативной регуляции // Экология человека. 2017. № 8. С. 21–28. DOI: [10.33396/1728-0869-2017-8-21-28](https://doi.org/10.33396/1728-0869-2017-8-21-28)
16. Shlyk N.I. Management of Athletic Training Taking into Account Individual Heart Rate Variability Characteristics // Hum. Physiol. 2016. Vol. 42, № 6. P. 655–664. DOI: [10.1134/S0362119716060189](https://doi.org/10.1134/S0362119716060189)
17. Лисова Н.А., Шилов С.Н. Эффективность энергообеспечения адаптационных реакций у студенток в зависимости от типологических свойств темперамента // Журн. мед.-биол. исследований. 2020. Т. 8, № 3. С. 314–318. DOI: [10.37482/2687-1491-Z023](https://doi.org/10.37482/2687-1491-Z023)
18. Choi K.-H., Kim J., Kwon O.S., Kim M.J., Ryu Y.H., Park J.-E. Is Heart Rate Variability (HRV) an Adequate Tool for Evaluating Human Emotions? – A Focus on the Use of the International Affective Picture System (IAPS) // Psychiatry Res. 2017. Vol. 251. P. 192–196. DOI: [10.1007/978-3-030-04324-7\\_69](https://doi.org/10.1007/978-3-030-04324-7_69)
19. Макарова И.И., Игнатова Ю.П., Аксёнова А.В., Беличенко Н.А., Страхов К.А., Тишинина Д.И. Изучение особенности ортостатической реакции у подростков по данным спектрального анализа вариабельности сердечного ритма // Вестн. Тавр. гос. ун-та. Сер.: Биология и экология. 2019. № 2(54). С. 250–259. DOI: [10.26456/vtbio88](https://doi.org/10.26456/vtbio88)
20. Чужан Е.Н., Бирюкова Е.А., Реваева М.Ю., Никифорова И.Р. Особенности системы вегетативного управления сердцем у испытуемых с различным типом вегетативной регуляции // Уч. зап. Тавр. нац. ун-та им. В.И. Вернадского. Сер.: Биология, химия. 2009. Т. 22(61), № 1. С. 113–133.

21. Мильникова И.В., Ефимова Н.В. Информативность показателей variability сердечного ритма для выявления неблагоприятного влияния факторов окружающей среды на здоровье девушек // Гигиена и санитария. 2015. Т. 94, № 1. С. 121–124.
22. Laborde S., Mosley E., Thayer J.F. Heart Rate Variability and Cardiac Vagal Tone in Psychophysiological Research – Recommendations for Experiment Planning, Data Analysis, and Data Reporting // Front. Psychol. 2017. Vol. 8. DOI: [10.3389/fpsyg.2017.00213](https://doi.org/10.3389/fpsyg.2017.00213)
23. Яманова Г.А. Тип регуляции сердечного ритма как критерий адаптации к условиям обучения // Человек. Спорт. Медицина. 2021. Т. 21, № 1. С. 62–70.
24. Димитриев Д.А., Санерова Е.В., Димитриев А.Д., Салимов Э.Р. Использование нелинейных параметров variability сердечного ритма для выявления стресса // Журн. мед.-биол. исследований. 2021. Т. 9, № 3. С. 265–274. DOI: [10.37482/2687-1491-Z064](https://doi.org/10.37482/2687-1491-Z064)
25. Tiwari R., Kumar R., Malik S., Raj T., Kumar P. Analysis of Heart Rate Variability and Implication of Different Factors on Heart Rate Variability // Curr. Cardiol. Rev. 2021. Vol. 17, № 5. Art. № e160721189770. DOI: [10.2174/1573403X16999201231203854](https://doi.org/10.2174/1573403X16999201231203854)
26. Mejía-Mejía E., Budidha K., Abay T.Y., May J.M., Kyriacou P.A. Heart Rate Variability (HRV) and Pulse Rate Variability (PRV) for the Assessment of Autonomic Responses // Front. Physiol. 2020. Vol. 11. Art. № 779. DOI: [10.3389/fphys.2020.00779](https://doi.org/10.3389/fphys.2020.00779)
27. Пономарева А.Г., Кривошапов М.В., Лакшин А.М., Мителев С.С., Морозов В.Н. Роль нарушений вегетативного равновесия в развитии патологии при высоких физических нагрузках в детско-юношеском спорте (обзор литературы) // Вестн. спорт. науки. 2018. № 2. С. 37–41.

## References

1. Mikhaylova S.V. *Biologicheskij vozrast cheloveka: kriterii i sposoby ego opredeleniya* [Human Biological Age: Criteria and Methods for Its Determination]. Arzamas, 2022. 287 p.
2. Hertel J., Friedrich N., Wittfeld K., Pietzner M., Budde K., Van der Auwera S., Lohmann T., Teumer A., Völzke H., Nauck M., Grabe H.J. Measuring Biological Age via Metabonomics: The Metabolic Age Score. *J. Proteome Res.*, 2016, vol. 15, no. 2, pp. 400–410. DOI: [10.1021/acs.jproteome.5b00561](https://doi.org/10.1021/acs.jproteome.5b00561)
3. Roslyakova E.M., Biserova A.G., Bayzhanova N.S., Igibaeva A.S., Alipbekova A.S. Sravnitel'nye kharakteristiki biologicheskogo vozrasta prepodavateley i studentov KazNMU [Comparative Characteristics of the Biological Age of Teachers and Students at KazNMU]. *Mezhdunarodnyy zhurnal prikladnykh i fundamental'nykh issledovaniy*, 2015, no. 12-8, pp. 1431–1434.
4. Mel'nichenko P.I., Ermakova N.A., Prokhorov N.I., Matveev A.A., Kochina E.V. Biologicheskij vozrast kak otsenka i kriteriy sostoyaniya zdorov'ya studentov [Biological Age as the Assessment and Criteria for Students Health]. *Zdorov'e naseleniya i sreda obitaniya – ZNiSO*, 2017, no. 2, pp. 15–17. DOI: [10.35627/2219-5238/2017-287-2-15-17](https://doi.org/10.35627/2219-5238/2017-287-2-15-17)
5. Bashkirtsev O., Sagan V., Gaevska V., Zimba O. Biological Age Estimation Based on Heart Rate Variability: A Pilot Study. *Proc. Shevchenko Sci. Soc. Med. Sci.*, 2021, vol. 65, no. 2, pp. 218–239. DOI: [10.25040/NTSH2021.02.21](https://doi.org/10.25040/NTSH2021.02.21)
6. Russoniello C.V., Zhirnov Y.N., Pougatchev V.I., Gribkov E.N. Heart Rate Variability and Biological Age: Implications for Health and Gaming. *Cyberpsychol. Behav. Soc. Netw.*, 2013, vol. 16, no. 4, pp. 302–308. DOI: [10.1089/cyber.2013.1505](https://doi.org/10.1089/cyber.2013.1505)
7. Vasto S., Scapagnini G., Bulati M., Candore G., Castiglia L., Colonna-Romano G., Lio D., Nuzzo D., Pellicano M., Rizzo C., Ferrara N., Caruso C. Biomarkers of Aging. *Front. Biosci. (Schol. Ed.)*, 2010, vol. 2, no. 2, pp. 392–402. DOI: [10.2741/s72](https://doi.org/10.2741/s72)
8. Samorodskaya I.V., Starinskaya M.A. Biologicheskij vozrast i skorost' stareniya kak faktor razvitiya neinfektsionnykh zabolovaniy i smertnosti [Biological Age and the Rate of Aging as a Risk Factor for Non-Communicable Diseases and Deaths]. *Profilakticheskaya meditsina*, 2016, no. 5, pp. 41–46. DOI: [10.17116/profmed201619541-46](https://doi.org/10.17116/profmed201619541-46)
9. Krylov V.N., Kuzmichev Yu.G., Mikhajlova S.V., Krasnikova L.I., Saburtsev S.A., Oshevenskij L.V. *Method for Estimating Biological Age*. Patent RU 2695022 C1, 2018. 29 p. (in Russ.).
10. *Okazanie meditsinskoj pomoshchi vzrosloму naseleniyu v sentsrakh zdorov'ya* [Providing Medical Care to the Adult Population in Health Centres]. Moscow, 2012. 109 p.

11. Mikhaylov V.M. *Variabel'nost' ritma serdtsa: opyt prakticheskogo primeneniya* [Heart Rate Variability: Experience of Practical Use]. Ivanovo, 2000. 200 p.
12. Baevsky R.M., Berseneva A.P. *Otsenka adaptatsionnykh vozmozhnostey organizma i risk razvitiya zabolevaniy* [Assessing the Body's Adaptation Potential and the Risk of Disease]. Moscow, 1997. 236 p.
13. Baevsky R.M., Chernikova A.G. Heart Rate Variability Analysis: Physiological Foundations and Main Methods. *Cardiometry*, 2017, no. 10, pp. 66–76. Available at: <https://cardiometry.net/issues/no10-may-2017/heart-rate-variability-analysis> (accessed: 17 August 2023).
14. Pustovojt V.I., Klyuchnikov M.S., Nazaryan S.E., Eroyan I.A., Samojlov A.S. Heart Rate Variability as the Main Method of Assessing the Functional State of Athletes Participating in Extreme Sports. *Mod. Iss. Biomed.*, 2021, vol. 5, no. 2. Art. no. 4. DOI: [10.51871/2588-0500\\_2021\\_05\\_02\\_4](https://doi.org/10.51871/2588-0500_2021_05_02_4)
15. Maximov A.L., Averyanova I.V. Heart Rate and Hemodynamic Changes at Orthostatic Test Demonstrated by Extreme North Aborigines and Europeans (Caucasians) Having Different Types of Autonomic Regulation. *Ekologiya cheloveka*, 2017, no. 8, pp. 21–28. DOI: [10.33396/1728-0869-2017-8-21-28](https://doi.org/10.33396/1728-0869-2017-8-21-28)
16. Shlyk N.I. Management of Athletic Training Taking into Account Individual Heart Rate Variability Characteristics. *Hum. Physiol.*, 2016, vol. 42, no. 6, pp. 655–664. DOI: [10.1134/S0362119716060189](https://doi.org/10.1134/S0362119716060189)
17. Lisova N.A., Shilov S.N. Energy Supply Efficiency in Adaptive Responses of Female Students Depending on the Typological Temperament Properties. *J. Med. Biol. Res.*, 2020, vol. 8, no. 3, pp. 314–318. DOI: [10.37482/2687-1491-Z023](https://doi.org/10.37482/2687-1491-Z023)
18. Choi K.-H., Kim J., Kwon O.S., Kim M.J., Ryu Y.H., Park J.-E. Is Heart Rate Variability (HRV) an Adequate Tool for Evaluating Human Emotions? – A Focus on the Use of the International Affective Picture System (IAPS). *Psychiatry Res.*, 2017, vol. 251, pp. 192–196. DOI: [10.1007/978-3-030-04324-7\\_69](https://doi.org/10.1007/978-3-030-04324-7_69)
19. Makarova I.I., Ignatova Yu.P., Aksenova A.V., Belichenko N.A., Strakhov K.A., Tishinina D.I. Izuchenie osobennostey ortostaticheskoy reaktsii u podrostkov po dannym spektral'nogo analiza variabel'nosti serdechnogo ritma [Studying the Features of Orthostatic Reaction in Adolescents According to Spectral Analysis of Heart Rate Variability]. *Vestnik Tverskogo gosudarstvennogo universiteta. Ser.: Biologiya i ekologiya*, 2019, no. 2, pp. 250–259. DOI: [10.26456/vtbio88](https://doi.org/10.26456/vtbio88)
20. Chuyan E.N., Biryukova E.A., Revaeva M.Yu., Nikiforova I.R. Osobennosti sistemy vegetativnogo upravleniya serdtsem u ispytuemykh s razlichnym tipom vegetativnoy regulyatsii [Autonomic Heart Control System in Subjects with Different Types of Autonomic Regulation]. *Uchenye zapiski Tavricheskogo natsional'nogo universiteta im. V.I. Vernadskogo. Ser.: Biologiya, khimiya*, 2009, vol. 22, no. 1, pp. 113–133.
21. Myl'nikova I.V., Efimova N.V. Informativnost' pokazateley variabel'nosti serdechnogo ritma dlya vyyavleniya neblagopriyatnogo vliyaniya faktorov okruzhayushchey sredy na zdorov'e devushek [The Informativeness of Indices of the Heart Rate Variability for the Identification of the Adverse Effects of Environmental Factors on the Health of Adolescent Girls]. *Gigiena i sanitariya*, 2015, vol. 94, no. 1, pp. 121–124.
22. Laborde S., Mosley E., Thayer J.F. Heart Rate Variability and Cardiac Vagal Tone in Psychophysiological Research – Recommendations for Experiment Planning, Data Analysis, and Data Reporting. *Front. Psychol.*, 2017, vol. 8. Art. no. 213. DOI: [10.3389/fpsyg.2017.00213](https://doi.org/10.3389/fpsyg.2017.00213)
23. Yamanova G. The Type of Heart Rate Regulation as a Criterion for Adaptation to Learning Conditions. *Hum. Sport Med.*, 2021, vol. 21, no. 1, pp. 62–70 (in Russ.).
24. Dimitriev D.A., Saperova E.V., Dimitriev A.D., Salimov E.R. The Use of Nonlinear Parameters of Heart Rate Variability for Stress Detection. *J. Med. Biol. Res.*, 2021, vol. 9, no. 3, pp. 265–274. DOI: [10.37482/2687-1491-Z064](https://doi.org/10.37482/2687-1491-Z064)
25. Tiwari R., Kumar R., Malik S., Raj T., Kumar P. Analysis of Heart Rate Variability and Implication of Different Factors on Heart Rate Variability. *Curr. Cardiol. Rev.*, 2021, vol. 17, no. 5. Art. no. e160721189770. DOI: [10.2174/1573403X16999201231203854](https://doi.org/10.2174/1573403X16999201231203854)
26. Mejía-Mejía E., Budidha K., Abay T.Y., May J.M., Kyriacou P.A. Heart Rate Variability (HRV) and Pulse Rate Variability (PRV) for the Assessment of Autonomic Responses. *Front. Physiol.*, 2020, vol. 11. Art. no. 779. DOI: [10.3389/fphys.2020.00779](https://doi.org/10.3389/fphys.2020.00779)
27. Ponomareva A.G., Krivoshchapov M.V., Lakshin A.M., Mitelev S.S., Morozov V.N. Rol' narusheniy vegetativnogo ravnovesiya v razvitiy patologii pri vysokikh fizicheskikh nagruzkakh v detsko-yunosheskom sporte (obzor literatury) [Role of Violations of the Vegetative Balance in the Development of Pathology at High Physical Activity in Youth Sports (a Literature Survey)]. *Vestnik sportivnoy nauki*, 2018, no. 2, pp. 37–41.



DOI: 10.37482/2687-1491-Z147

*Svetlana V. Mikhaylova*\* ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3842-0994>  
*Tat'yana V. Khrycheva*\*\* ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0713-5453>

\*Arzamas Branch of National Research Lobachevsky State University  
of Nizhny Novgorod (Arzamas, Nizhny Novgorod Region, Russian Federation)

\*\*Arzamas City Hospital No. 1  
(Arzamas, Nizhny Novgorod Region, Russian Federation)

## ADAPTIVE, REGULATORY AND FUNCTIONAL CAPABILITIES OF STUDENTS OF DIFFERENT BIOLOGICAL AGES ACCORDING TO THE BIO-AGE SCALE

Biological age (BA) is determined by a set of metabolic, structural, functional, regulatory and adaptive characteristics of the body. Assessment of biological age is the key to studying the influence of time and environmental conditions on changes in the body at all stages of ontogenesis. The **purpose** of this article was to study the adaptive, regulatory and functional characteristics of students of different biological ages, determined using the Bio-Age scale. **Materials and methods.** The research involved 521 students aged 18–25 years who were examined at the Health Centre based at Arzamas City Hospital No. 1. These included anthropometry, bioelectrical impedance analysis, cardiointervalography, ankle-brachial index test, as well as determination of total cholesterol and glucose levels in the blood. **Results.** Biological age assessment using the Bio-Age scale showed that only in 1/2 of the students the biological age coincides with the chronological age, while 1/3 of the subjects already have an accelerated rate of ageing. The adaptive capabilities of students whose biological age is less than the chronological age ( $BA < CA$ ) are better than of those whose biological age exceeds the chronological age ( $BA > CA$ ). This is confirmed not only by the adaptation degree according to R.M. Baevsky's method, but also by stress index dynamics and by the parameters of heart rate spectral analysis. In students with  $BA < CA$ , the functional state of the body is optimal both at rest and during an orthostatic test: the total power of the cardiointervalogram spectrum decreases due to reduced activity of the parasympathetic division. In students with  $BA > CA$ , both in the supine and prone positions, a mismatch in the functioning of different parts of the autonomic nervous system was identified, namely, greater involvement of the central parts of heart rate control, increased sympathetic influences and a weaker activity of the parasympathetic division of the autonomic nervous system.

**Keywords:** *students, chronological age, biological age, Bio-Age scale, rate of ageing, body's adaptive capabilities, regulatory mechanisms, body's functional capabilities.*

Received 13 September 2022  
Accepted 6 March 2023  
Published 19 September 2023

Поступила 13.09.2022  
Принята 06.03.2023  
Опубликована 19.09.2023

**Corresponding author:** Svetlana Mikhaylova, address: ul. K. Marksa 36, Arzamas, 607220, Nizhegorodskaya obl., Russian Federation; e-mail: fatinia\_m@mail.ru

**For citation:** Mikhaylova S.V., Khrycheva T.V. Adaptive, Regulatory and Functional Capabilities of Students of Different Biological Ages According to the "Bio-Age" Scale. *Journal of Medical and Biological Research*, 2023, vol. 11, no. 3, pp. 265–277. DOI: 10.37482/2687-1491-Z147