



© П. Ю. Зарченко, Л. А. Варич, Э. М. Казин

DOI: [10.15293/2658-6762.2105.06](https://doi.org/10.15293/2658-6762.2105.06)

УДК 378+316.6+004:612.821

Влияние индивидуального вегетативного статуса на адаптацию студентов к учебному процессу и результативность дас-бос-тренинга

П. Ю. Зарченко, Л. А. Варич, Э. М. Казин (Кемерово, Россия)

Проблема и цель. В статье представлен обзор результатов изучения процесса адаптации студентов к условиям обучения на разных направлениях подготовки в разных вузах и его коррекции. Цель статьи – выявление особенностей психофизиологической адаптации студентов к условиям обучения с учетом особенностей вегетативной регуляции с последующей оценкой эффективности применения ДАС-БОС-терапии.

Методология. В исследовании участвовали 209 студентов второго курса медицинского и биологического профилей обучения. Изучение нейродинамических характеристик проводилось с помощью автоматизированного психофизиологического комплекса. Оценка показателей variability сердечного ритма осуществлялась посредством кардиоритмографической программы. Проводился сравнительный анализ средних значений и выявление корреляционной взаимосвязи нейродинамических характеристик и показателей variability сердечного ритма студентов разных направлений подготовки. При помощи биологической обратной связи по дыхательной аритмии сердца (ДАС-БОС-тренинга) проведены мероприятия, направленные на повышение адаптивных возможностей организма студентов.

Результаты. Выявлены особенности адаптивных реакций в зависимости от исходного вегетативного тонуса и типа функционального реагирования. Сочетание психофизиологических и медико-биологических конституциональных подходов, используемых в работе, позволило расширить и конкретизировать представления о механизме реализации функциональной системы саморегуляции и классифицировать на этой основе типы адаптивных реакций в процессе учебной деятельности: адаптивная, компенсаторная и дезадаптивная.

После проведения ДАС-БОС-тренинга у студентов, склонных к дезадаптивным реакциям, наблюдалось улучшение нейродинамических характеристик, снижение напряжения в регуляции вегетативных функций и достижение паттернов реакций, свойственных адаптивным типам.

Заключение. Применение ДАС-БОС-терапии с учетом индивидуально-типологических особенностей позволяет привести в равновесие адаптационные процессы, что способствует

Зарченко Павел Юрьевич – аспирант, кафедра физиологии и генетики, Кемеровский государственный университет.

E-mail: kathibar@mail.ru

Варич Лидия Александровна – кандидат биологических наук, доцент, кафедра физиологии и генетики, Кемеровский государственный университет.

E-mail: varich2002@mail.ru

Казин Эдуард Михайлович – доктор биологических наук, профессор, кафедра физиологии и генетики, Кемеровский государственный университет.

E-mail: kazin_valeol@mail.ru

восстановлению функциональных резервов организма и улучшает эффективность адаптации к условиям обучения.

Ключевые слова: студенты медицинского и биологического профилей; адаптация к условиям обучения; нейродинамические показатели; показатели сердечного ритма; исходный вегетативный тонус; тип функционального реагирования; биологическая обратная связь; ДАС-БОС-тренинг.

Постановка проблемы

Важной задачей современной физиологии и психофизиологии является поиск и применение оздоровительно-корректировочных методов повышения адаптивных возможностей организма на основе сбалансированной деятельности физиологических систем, участвующих в формировании приспособительных реакций организма [7; 8].

Одним из перспективных способов коррекции нарушений функционирования систем жизнеобеспечения организма является адаптивное управление биологической обратной связью, или БОС-тренинг (тренинг с применением биологической обратной связи), который является одним из методов лечения, профилактики и нормализации процессов саморегуляции физиологических функций организма [13; 15; 21; 23–25]. Несмотря на перспективность применения методов биологической обратной связи в большинстве научных работ этой области не уделяется достаточного внимания учету особенностей вегетативной регуляции пациентов, проходящих оздоровительные мероприятия. В ранее проведенных исследованиях показано, что в зависимости от исходного вегетативного тонуса обучающихся существенно различается характер изменения показателей умственной работоспособности, эмоционального состояния, степени напряжения адаптационных механизмов: наибольшая вероятность проявления дезадаптивных процессов регистрируется у лиц с доминированием симпатического типа вегетативной регуляции, предрасполагающего к развитию «критического» напряжения в функционировании

вегетативной и эндокринной регуляторных систем.

В этой связи особый интерес представляет студенческий контингент, для которого характерны интенсивные информационные нагрузки, несоответствующие физиологическим и психологическим возможностям обучающихся, приводящие к значительному расходу функциональных резервов организма и снижению эффективности учебной деятельности [10; 12].

В последнее десятилетие среди студенческой молодежи наблюдается существенное изменение качества здоровья, регистрируется высокий уровень распространенности функциональных отклонений и хронических заболеваний. В среднем у 20–40 % студентов выявляются признаки нервно-психических, сердечно-сосудистых нозологий, заболеваний органов дыхания [14]. Особенности обучения в высших учебных заведениях, с которыми сталкиваются студенты, недавние школьники, накладывают значимый отпечаток на функциональное состояние их висцеральных органов, гомеостатических систем и адаптацию индивида к учебной деятельности в целом [6; 7; 14; 16; 17; 19; 20; 24]. В зависимости от того, как эффективно организм студента приспосабливается к данным условиям, в такой степени реализуются его интеллектуальные способности и возможности, обуславливающие качество усвоения учебного материала и формирование будущего специалиста.

Цель настоящего исследования заключается в изучении особенностей психофизиологической адаптации студентов медицинского

и биологического направлений подготовки к условиям обучения с учетом индивидуально-типологических особенностей вегетативной регуляции с последующей оценкой эффективности применения ДАС-БОС-терапии для коррекции функционального состояния обучающихся.

Методология исследования

В исследовании приняли участие 209 студентов Кемеровского государственного университета (КемГУ) направления подготовки Биология (1 группа) и Кемеровского государственного медицинского университета (КГМУ) направления подготовки Лечебное дело (2 группа) в возрасте от 21 до 22 лет. Исследование проводилось в первой половине дня в два этапа: в начале и в конце учебного года.

Объем аудиторных занятий студентов обоих вузов при очной форме обучения не превышал в среднем 32 часа в неделю для обучающихся КемГУ, 34 часа в неделю для обучающихся КГМУ, что соответствует санитарно-гигиенической норме. Специфика учебной деятельности студентов заключалась в изучении специальных (профильных) дисциплин.

Динамические изменения сердечного ритма под воздействием вегетативных и гуморальных регуляторных механизмов являются важным индикатором процесса адаптации к изменяющимся условиям внешней и внутренней среды, что дает возможность судить о функциональном состоянии организма и эффективности адаптационных процессов. Для оценки состояния регуляторных систем использовался программно-аппаратный комплекс ORTO Expert, основанный на математическом анализе показателей вариабельности сердечного ритма. Проводился анализ показателей, отражающих симпатические (индекс

напряжения регуляторных систем – ИН, амплитуда моды – АМо, низкочастотные волны 2 порядка – VLF, низкочастотные волны LF) и парасимпатические (мода – Мо, вариационный размах MxDMn, стандартное отклонение всех интервалов SDNN, квадратный корень из средней суммы квадратов разностей между смежными интервалами – RMSSD, высокочастотные волны – HF) влияния на сердечный ритм [5; 6; 8; 9; 16; 21].

При помощи автоматизированной программы РФК исследовались следующие нейродинамические характеристики: латентность простой (ПЗМР) и сложной (СЗМР) зрительно-моторной реакции, подвижность нервных процессов (УФП), работоспособность головного мозга (РГМ), уравновешенность нервных процессов по реакции на движущийся объект (РДО) [5].

Для определения типа функционального реагирования использовался метод кистевой динамометрии Розенблата в интерпретации Казначеева.

Сеансы ДАС-БОС-тренинга проводились с периодичностью раз в три дня при помощи программно-аппаратного комплекса психоэмоциональной коррекции НЕЙРОКОР 3.1С.

Результаты исследования

Проведенное исследование показало, что у студентов второго курса в начале учебного года наблюдается снижение реактивности нервной системы в тестах простой и сложной зрительно-моторной реакции (ПЗМР и СЗМР) на фоне повышенной активности процессов торможения в центральной нервной системе, особенно выраженное у обучающихся медицинского вуза (табл. 1).

При изучении данных теста РГМ была выявлена тенденция к более высокой устойчи-

ности к запредельному торможению среди девушек, обучающихся на медицинском направлении (табл. 1), что может свидетельствовать о более высоком показателе силы нервной системы, характерной для этой группы.

Для студентов медицинского профиля характерно ухудшение нейродинамических характеристик в начале учебного года, что может свидетельствовать о более интенсивной

учебной нагрузке, которая не соответствует функциональным возможностям обучающихся.

К концу учебного года наблюдается сокращение латентности реакции на зрительные стимулы и снижение уровня работоспособности нервной системы у всего обследуемого контингента (табл. 1).

Таблица 1

Психофизиологические показатели студентов разных направлений подготовки в динамике учебного года

Table 1

Psychophysiological indicators of students in different areas of training in the dynamics of the academic year

Показатели	Юноши		Девушки		p < 0,05
	КемГУ N = 18	КМГУ N = 24	КемГУ N = 93	КМГУ N = 44	
	Начало учебного года				
ЛП ПЗМР, мс	268,66±7,54	354±16,06	305,35±13,04	381,71±17,7	1–2, 3–4
ПЗМР_минимальная латентность реакции, мс	193±8,72	230,25±8,74	160,79±13,7	207,77±21,0	1–2
СЗМР, мс	395±9,8	482,25±15,97	465,78±8,86	490,79±11,7	1–2
УФП НП, с	60,66±1,84	69,63±1,34	64,14±1,005	64,29±1,27	1–2
РГМ, кол-во сигналов	619,32±15,58	454,13±34,13	534,71±19,7	547,43±15,6	1–2
РДО, среднее отклонение, мс	25±5,40	26,37±1,54	30,29±2,6	23,5±0,95	
РДО_ сумма опережений, мс	303,33±85,82	93,13±9,19	162,14±20,34	105,71±8,25	
РДО_ сумма запаздываний, мс	367,62±100,3	622,5±53,32	684,28±82,03	530,71±30,1	1–2
РДО_ среднее запаздывание, мс	73±30,67	41,13±3,2	47,43±4,69	35,5±1,22	
РДО_ среднее опережение, мс	77±29,5	26±1,34	32,36±1,54	30,14±1,42	
Конец учебного года					
ЛП ПЗМР, мс	273,29±10,71	292,86±20,04	337,71±18,22	304,4±8,6	
ПЗМР_минимальная латентность реакции, мс	174±16,37	176,28±21,8	185,2±7,42	173,9±12,97	
СЗМР, мс	454,14±19,66	449,71±13,48	436,59±8,54	457,7±13,38	
УФП НП, с	66,71±1,4	65,57±2,56	61,9±0,99	62,5±1,06	

Окончание таблицы 1

РГМ, кол-во сигналов	551,14±16,32	538,29±26,94	562,82±12,5	525,1±13,44	
РДО_ среднее отклонение, мс	18±2,64	27,13±2,56	26,63±3,19	21,91±1,25	1–2, 3–4
РДО_ сумма опережений, мс	104,29±19,03	305±75,66	297,09±59,56	170,73±30,5	1–2, 3–4
РДО_ сумма запаздываний, мс	333,71±67,11	426,25±60,05	421,86±60,63	422,09±36,71	1–2, 3–4
РДО_ среднее запаздывание, мс	41,14±10,09	59,38±19,8	37,9±3,77	29,64±1,78	
РДО_ среднее опережение, мс	25±0,98	37,25±3,1	45,36±7,84	32,45±1,66	1–2, 3–4

Анализ данных вариационной пульсометрии в начале учебного года указывает на повышенную активность симпатического звена в регуляции сердечного ритма в состоянии покоя у юношей медицинского профиля, о чем свидетельствуют более высокие значения АМо и ИН (табл. 2). Повышение активности парасимпатических влияний, проявляющихся в увеличении мощности высокочастотных волновых характеристик, возможно, имеет компенсаторный характер и направлено на восстановление функциональных резервов организма. К концу года у юношей-медиков отмечается снижение высокочастотной составляющей спектра (HF) и низкочастотной волновой характеристики второго порядка (VLF), что в комплексе с высоким ИН может указывать на снижение функциональных резервов организма изучаемого контингента.

Регуляция сердечного ритма девушек в зависимости от профиля обучения характеризовалась своей спецификой: студентки-

биологи на начало учебного года отличались выраженным смещением вегетативного баланса в сторону симпатикотонии, по сравнению с девушками медицинского вуза (табл. 2).

К концу учебного года высокий уровень симпатoadреналовой активности сохранялся (табл. 2): об этом свидетельствует увеличение значения индекса напряжения (ИН), указывающее на включение центральных механизмов регуляции, и амплитуды моды, отражающей симпатические влияния, снижение вариационного размаха, демонстрирующего вагусную активность, достоверные изменения SDNN и RMSSD в сторону их снижения. Другими словами, вегетативное обеспечение этих процессов регулируется главным образом за счет увеличения доли влияния центральных механизмов регуляции на фоне снижения активности автономных механизмов регуляции.

Таблица 2

Показатели вариабельности сердечного ритма студентов разных направлений подготовки в динамике учебного года

Table 2

Indicators of heart rate variability of students in different areas of training in the dynamics of the academic year

Показатели	Юноши		Девушки		p < 0,05
	КемГУ N = 18	КМГУ N = 24	КемГУ N = 93	КМГУ N = 44	
Начало учебного года					
SDNN покой, мс	0,06±0,004	0,07±0,01	0,05±0,003	0,062±0,004	3–4
AMo покой, %	34±3,59	40,25±3,15	43,24±2,24	38,36±2,68	
ИН покой, у.е.	68,5±15,07	121,18±17,23	140±15,63	92,21±14,3	3–4
MxDMn покой, мс	0,34±0,05	0,28±0,04	0,27±0,02	0,31±0,02	3–4
Mo покой, с	0,85±0,04	0,77±0,02	0,79±0,02	0,84±0,02	1–2
RMSSD покой, мс	0,052±0,01	0,06±0,02	0,05±0,004	0,05±0,005	
VLF мс ²	3121,67±464,6	2859,25±593,82	2741,19±370,88	3558,18±563,08	
LF мс ²	2494±272,52	6503,12±3183,2	1778,3±253,03	2735,64±392,07	3–4
HF мс ²	825,67±116,58	2224,5±1042,3	1205,86±181,96	1216,18±238,29	
SDNN орто, мс	0,042±0,001	0,06±0,005	0,05±0,005	0,049±0,003	
AMo орто, %	37,66±1,52	40,25±2,87	44,43±2,52	40,55±2,99	
ИН орто, у. е.	152,87±9,41	146,3±24,31	196,58±28,1	204,45±47,77	
MxDMn орто, мс	0,19±0,008	0,29±0,028	0,28±0,03	0,201±0,01	1–2
Mo орто, с	0,66±0,015	0,62±0,02	0,66±0,01	0,69±0,02	
RMSSD орто, мс	0,022±0,002	0,03±0,004	0,03±0,007	0,02±0,002	3–4
Конец учебного года					
SDNN покой, мс	0,069±0,008	0,06±0,0037	0,07±0,007	0,05±0,006	3–4
AMo покой, %	34,33±3,69	38,66±2,41	33,52±2,02	42,15±3,38	
ИН покой, у. е.	65,47±14,22	91,25±16,09	92,35±12,53	216,49±51,35	3–4
MxDMn покой, мс	0,35±0,04	0,3±0,02	0,32±0,02	0,22±0,02	3–4*
Mo покой, с	0,98±0,04	0,82±0,04	0,82±0,03	0,81±0,03	1–2
RMSSD покой, мс	0,068±0,007	0,04±0,004	0,08±0,0079	0,05±0,009	
VLF мс ²	3954,5±1216,06	2231,5±252,06	3107,38±415,9	3195,54±554,85	
LF мс ²	2427,83±505,48	2209,33±351,59	2301,76±267,5	1606±334,9	3–4

Окончание таблицы 2

HF мс ²	1628,33±354,08	868,67±188,57	2908,81±450,6	1049,77±270,62	3–4*
SDNN орто, мс	0,09±0,019	0,05±0,009	0,035±0,003	0,04±0,003	
АМо орто, %	38±6,11	49,16±3,72	58,57±2,54	50,3±2,73	3–4
ИН орто, у.е.	157,35±50,12	241,07±62,71	404,33±42,05	326,83±55,89	
МхDMn орто, мс	0,37±0,07	0,24±0,04	0,189±0,022	0,18±0,01	
Мо орто, с	0,67±0,06	0,64±0,02	0,61±0,017	0,61±0,01	
RMSSD орто, мс	0,089±0,025	0,04±0,016	0,024±0,0038	0,019±0,001	

Прим.: * – достоверные различия при $p < 0,005$.

Note: * – significant differences at $p < 0.005$.

Таким образом, сравнивая особенности адаптации студентов двух направлений с учетом пола, можно прийти к заключению, что высокая адаптивность юношей к условиям обучения на медицинском направлении обусловлена сравнительно большей, чем у девушек, склонностью к ваготоническим реакциям, что позволяет сохранять функциональные резервы к концу учебного года. Динамика изменений, отражающих адаптационные перестройки в организме юношей, обучающихся в КемГУ, вероятно, связана с более умеренным стресс-воздействием, не приводящим к истощению функциональных резервов [18].

При рассмотрении взаимосвязей между показателями вегетативной регуляции и нейродинамическими характеристиками обучающихся с преобладанием симпатической активности в начале года выявлены положительные связи между СЗМР, УФП НП и показателями, отражающими симпатические влияния на сердечный ритм (АМо, ИН). Тогда как к концу учебного года регистрируются нехарактерные для начала учебного года устойчивые положительные взаимосвязи между показателями SDNN, HF и УФП НП. При этом лица с симпатикотонией среди студентов-биологов в начале года демонстрируют склон-

ность к эрготропным мобилизирующим адаптивным реакциям, способствующим уменьшению уровня функциональных резервов в динамике учебного года, препятствующим активации восстановительных (трофотропных) процессов.

У студентов медицинского вуза с доминированием симпатoadреналовой активности в начале учебного года отмечается влияние коррелятов парасимпатической активности (SDNN, МхDMn) на показатели реактивности и подвижности нервной системы; характер взаимодействия симпатических и парасимпатических влияний у студентов-медиков с симпатикотонией в начале года позволяет предположить, что включение ваготонических реакций в конце учебного года имеет компенсаторный характер. Это находит свое отражение в характере распределения корреляционных связей между изучаемыми психофизиологическими параметрами, выражающееся в увеличении количества связей и их достоверности.

Выявлено, что адаптация студентов с преобладанием ваготонических влияний на сердечный ритм в начале учебного года сопровождается снижением реактивности центральной нервной системы, о чем свидетельствуют отрицательные корреляционные связи между показателями парасимпатической активности

и нейродинамическими характеристиками (ПЗМР, СЗМР, УФП НП). Если проявление трофотропных процессов у студентов-биологов с преобладанием вагусных влияний на сердечный ритм можно рассматривать как недостаточно выраженный уровень реактивности при умеренных когнитивных нагрузках, то у второкурсников медицинского вуза с преобладанием парасимпатической активности избыточность трофотропных процессов может играть компенсаторную роль, предотвращающую усиление симпатических влияний в период срочной адаптации. К концу учебного года обучающиеся с ваготоническим типом регуляции отличаются повышением адаптационных возможностей организма от сверстников с другими типами вегетативного реагирования, что обусловлено направленностью трофотропных процессов на восстановление функциональных резервов, затраченных в течение учебного года.

Анализ корреляционных связей между изучаемыми показателями студентов со сбалансированным соотношением симпатических и парасимпатических влияний на сердечный ритм показал, что в начале учебного года, независимо от профиля обучения, демонстрируется умеренный уровень активации симпатического звена вегетативной регуляции. В начале учебного года у студентов с эйтоническим типом вегетативной регуляции отмечается незначительное снижение активности центральной нервной системы на фоне ваготонии, что проявляется в отрицательных связях показателей SDNN, RMSSD и положительных ИН с нейродинамическими характеристиками ПЗМР и СЗМР. Напротив, для силы нервной системы (показатель РГМ) отмечалось положительное влияние фоновых ваготонических влияний (RMSSD, $p < 0,01$).

При завершении второго года обучения у студентов эйтонического типа вегетативной

регуляции регистрируется сдвиг между эрготропными и трофотропными процессами: у студентов-медиков, по сравнению с биологами, отмечается выраженное увеличение активности симпатических влияний на сердечный ритм и централизация в управлении вегетативными функциями.

Изучение влияния типа функционального реагирования на процесс адаптации к условиям обучения показало, что несмотря на различия в условиях обучения как для биологического, так и для медицинского профиля, была характерна более эффективная адаптация студентов с преобладанием «спринтерского» типа реагирования: они отличались повышенной склонностью к симпатикотонии в начале учебного года, о чем свидетельствуют отрицательные обратные связи между реактивностью нервной системы (по показателю СЗМР) и показателями, характеризующими симпатическую активность (АМо, ИН). К концу учебного года вагусные влияния на сердечный ритм усиливаются (рис. 1), компенсируя избыточную симпатическую активность.

По-видимому, у студентов со «спринтерским» типом реагирования наблюдается быстрое переключение процесса мобилизации, сопровождаемого увеличением симпатической активности и затратами функциональных резервов, на период повышенной активности трофотропных тенденций в метаболизме в состоянии покоя, что позволяет более оперативно восстанавливать функциональные резервы, затраченные в процессе мобилизации энергетических ресурсов. Таким образом, несмотря на то, что в период мобилизации наблюдалась активация неспецифических механизмов реагирования, отражающая высокую «цену» адаптации, быстрый переход от эрготропной деятельности к восстановлению

в целом компенсировал затраты функциональных резервов в процессе приспособления к условиям обучения. Для студентов с преобладанием «стайерского» типа реагирования было характерно более сбалансированное влияние симпатических и парасимпатических процессов в начале учебного года по сравнению со «спринтерами» (рис. 1); однако к концу

учебного года студенты-стайеры оказались подвержены избыточному влиянию фоновой парасимпатической активности, которая была обусловлена возрастающей активностью трофотропных процессов, направленных на восстановление функциональных резервов.

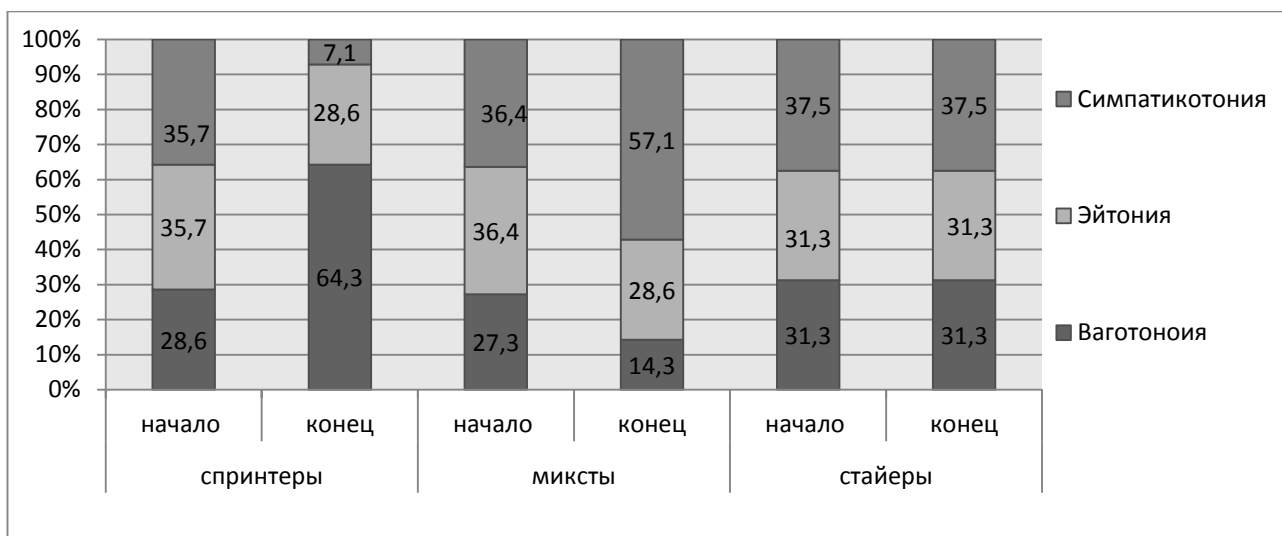


Рис. 1. Процентное распределение студентов по типу вегетативной регуляции с учетом функциональной конституции

Fig. 1. Percentage distribution of students by the type of vegetative regulation, taking into account the functional constitution

В конце учебного года у части студентов «стайерского» типа функционального реагирования существенно снижается нейродинамическая активность, сочетающаяся с повышенной активностью симпатической нервной системы в состоянии покоя. Возможно, сочетание таких конституциональных качеств существенно затрудняет переход от мобилизационных к восстановительным процессам и приводит к развитию хронического напряжения адаптационных механизмов (переутомлению), что может являться прогностическим признаком раннего психоэмоционального «выгорания» в будущей профессиональной деятельности.

Таким образом, группа «стайеров» характеризуется значительной гетерогенностью: в ней присутствуют как лица, сохраняющие высокий уровень функционального резерва к концу учебного года, так и обучающиеся с признаками напряжения механизма вегетативной регуляции, развивающегося за счет меньшей пластичности эрготропных и трофотропных процессов.

Обобщая полученные данные, мы пришли к выводу, что сочетание психофизиологических и медико-биологических конституциональных подходов в исследовании позволяет расширить и конкретизировать общефизиоло-

гические представления о *механизме реализации функциональной системы саморегуляции* и классифицировать на этой основе адаптивные реакции к учебной деятельности с позиции эффективности формирования приспособительных возможностей студентов (рис. 2). Результаты исследования позволяют предположить возможность формирования в процессе адаптации к учебной деятельности трех видов приспособительных реакций: *адаптивной, компенсаторной и дезадаптивной*.

Адаптивная реакция характеризуется достаточно выраженной степенью сбалансированности эрготропных и трофотропных

процессов, реализующихся за счет оптимального времени функционального реагирования, позволяющего осуществлять учебную деятельность при сравнительно низких затратах функциональных резервов. Как правило, данный тип функциональной системы адаптации может формироваться у лиц со сбалансированной симпато-парасимпатической активностью вегетативной регуляции («эйтоников»), промежуточным («микстов») и ускоренным («спринтеров») профилем функциональной реактивности.

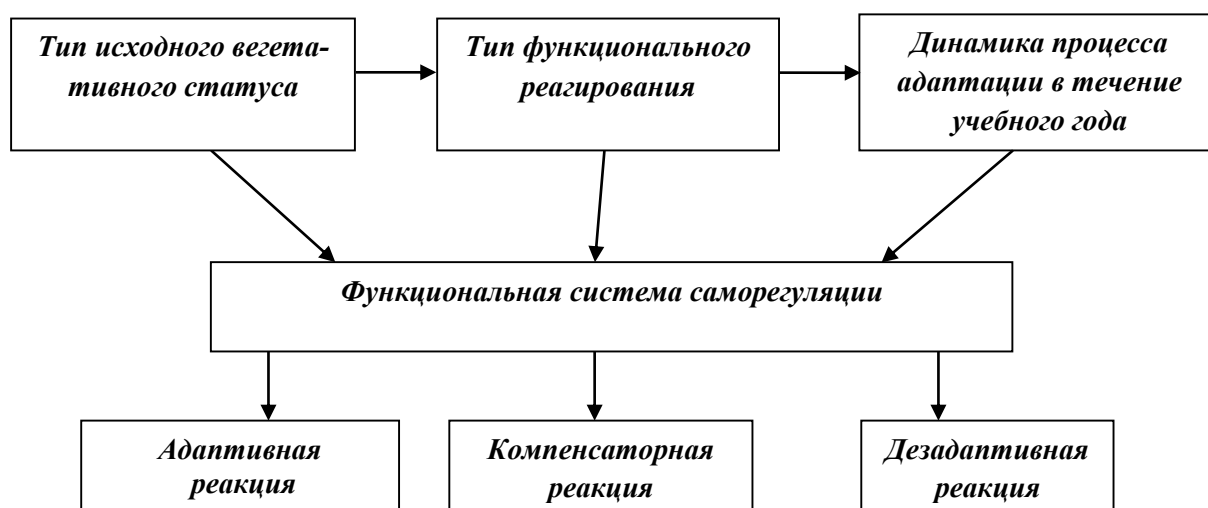


Рис. 2. Алгоритм оценки процесса адаптации в динамике учебного года

Fig. 2. Algorithm for assessing the adaptation process in the dynamics of the academic year

Компенсаторная реакция отражает доминирование ваготонических влияний, способствующих развитию трофотропных процессов и замедлению времени включения мобилизационной деятельности, необходимой для осуществления эффективного учебного процесса индивида. Подобная индивидуальная траектория развития приспособительных реакций при адаптации к учебной деятельности возможна в случае сочетания исходного ваготонического типа вегетативной регуляции

со «стайерским» типом функционального реагирования, характеризующегося замедленным темпом переключения от восстановительных (трофотропных) к мобилизационным (эрготропным) процессам.

Дезадаптивная реакция выявляется в случае избыточной активности эрготропных (мобилизационных) процессов и замедленного перехода от деятельностных к восстановительным (трофотропным) процессам. Дан-

ный тип функциональной системы демонстрируют лица с доминированием симпатической регуляции и «стайерским» типом функционального реагирования.

Нарушение баланса между эрготропными и трофотропными процессами является крайне неблагоприятным прогностическим фактором возможности развития «критического» напряжения регуляторных систем и последующего формирования дезадаптивных состояний.

Становится очевидным, что определяющую роль в реализации выделенных нами адаптивных реакций играет соотношение активности функциональной системы, направленной на достижение внешнего эффекта, и функциональной системы восстановления, позволяющее индивиду преодолевать воздействие внешних раздражителей без структурно-функциональных повреждений и включенных в функциональную микросистему адаптации органов и тканей в целом.

Возможно предположить, что если для преодоления кратковременных сильных по амплитуде раздражителей обычно достаточно включения неспецифической стресс-реакции, которая выражается в общем смещении вегетативного баланса в сторону доминирования функциональной системы обеспечения внешнего эффекта, то при воздействии продолжительного, либо хронически повторяющегося раздражителя, подобные приспособительные реакции очень быстро приведут к истощению функциональных резервов органов и тканей, вовлеченных в функциональную систему, направленную на достижение внешнего эффекта.

По-видимому, для формирования адаптивных реакций, характеризующихся более высокой результативностью с точки зрения меньшей физиологической «стоимости», сочетающейся с достаточной выраженностью

внешнего эффекта деятельности, решающую роль начинают играть специфические механизмы адаптации, являющиеся продуктом множества компенсаторных взаимодействий между мобилизационными и восстановительными процессами. Совокупный психовегетативный механизм, контролирующий эти процессы, может определять характер функциональной системы саморегуляции, успешность работы которого и обеспечивает эффективность адаптивных процессов в целом.

В целях повышения психолого-поведенческой активности, способствующей формированию осознанной саморегуляции мобилизационных и восстановительных резервных возможностей студентов, нами была использована система ДАС-БОС-тренинга кардиореспираторной системы. Для оценки эффективности применения ДАС-БОС-тренинга в целях коррекции дезадаптивных состояний среди студенток была выделена группа девушек, которые отличались сниженными адаптивными возможностями организма и ухудшением функционального состояния нервной системы в процессе адаптации к учебной деятельности («группа риска») [4].

В «группу риска» вошли девушки, с которыми проводились сеансы ДАС-БОС-терапии (экспериментальная группа, $n = 15$), контрольную группу составили студентки, у которых тренинг не проводился ($n = 15$).

После проведения 10 сеансов БОС-тренинга, направленных на нормализацию вегетативной регуляции сердечно-сосудистой и дыхательной систем, во время которых испытуемые обучались при помощи диафрагмально-релаксационного типа дыхания контролировать собственный сердечный ритм. Каждые вторые-третьи сутки проводилась повторная оценка индивидуальных особенностей вегетативного реагирования и функционального состояния организма.

В группе студенток, где проводились оздоровительные мероприятия, были выявлены достоверные различия показателей variability сердечного ритма по сравнению с контрольной группой, выражающиеся в увеличении показателей, отражающих вагусные влияния на сердечный ритм (M_o , M_xDM_n , $SDNN$), и снижение параметров, характеризующих симпатическую активность высшей нервной системы (AM_o , $ИН$) (табл. 3).

Результатом проведения сеансов БОС-тренинга явилось смещение вегетативного равновесия в экспериментальной группе к сбалансированному типу вегетативной регуляции

сердечного ритма, являющегося наиболее оптимальным, поскольку он способствует формированию механизма, ответственного за обеспечение хроно- и изотропной функции сердечно-сосудистой системы, а количество лиц с доминированием симпатических воздействий на сердечный ритм, характерных для состояния функционального напряжения, в системах вегетативной и эндокринной регуляции снизилась за счет активного вовлечения в приспособительную реакцию «аварийной» симпатoadреналовой системы.

Таблица 3

Показатели variability сердечного ритма студенток контрольной и экспериментальной групп в динамике учебного года

Table 3

Indicators of heart rate variability among female students in the control and experimental groups in the dynamics of the academic year

Показатель	Период	Экспериментальная группа	Контрольная группа	p
SDNN, мс покой	Начало года	0,057±0,008	0,04±0,003	0,201
	Конец года	0,065±0,005	0,06±0,012	0,32
AM _o , % покой	Начало года	46,8±5,98	58,6±2,67*	0,134
	Конец года	35,6±4,33	45±4,12*	0,320
ИН, у. е. покой	Начало года	287,34±63,91*	279,64±32,55	0,134
	Конец года	124,26±36,59*	201,08±26,53	0,32
M _x DM _n , покой	Начало года	0,240±0,032	0,180±0,015	0,529
	Конец года	0,307±0,023	0,240±0,04	0,32
M _o , с покой	Начало года	0,67±0,022*	0,66±0,013	0,398
	Конец года	0,84±0,035*	0,72±0,014	0,042
SDNN, мс орто	Начало года	0,52±0,003	0,04±0,005	0,052
	Конец года	0,072±0,012	0,07±0,021	0,042
AM _o , % орто	Начало года	41,6±3,04	49,95±3,85*	0,086
	Конец года	42,6±5,12	78,25±4,13*	0,0001
ИН, у. е. орто	Начало года	184,8±19,11	226,15±44,54*	1
	Конец года	214,76±47,79	504,8±90,21*	0,042

Окончание таблицы 3

MxDMn, мс орто	Начало года	0,236±0,012*	0,24±0,037	0,288
	Конец года	0,286±0,036*	0,39±118	0,042
Mo, с орто	Начало года	0,67±0,019	0,61±0,015*	0,009
	Конец года	0,578±0,033	0,54±0,018*	0,211

Прим.: * – достоверные различия при $p < 0,05$ в начале и конце учебного года.

Note: * – significant differences at $p < 0.05$ at the beginning and end of the academic year.

Анализ нейродинамических показателей позволил выявить значимые достоверные различия в показателях силы нервной системы и подвижности нервных процессов после прохождения ДАС-БОС-тренинга в сравнении со

студентками, не проходящими оздоровительных мероприятий в рамках исследования (табл. 4).

Таблица 4

Нейродинамические показатели студенток контрольной и экспериментальной групп в динамике учебного года

Table 4

Neurodynamic indicators of girl students in the control and experimental groups in the dynamics of the academic year

Показатель	Период	Экспериментальная группа	Контрольная группа	p
ПЗМР, мс	Начало года	319,8±5,62*	319,5±9,76	0,459
	Конец года	270,6±7,145*	297,2±4,283	0,017
СЗМР мс	Начало года	419±20,68*	412,5±7,75*	0,238
	Конец года	389,33±1,56*	441,8±7,44*	0,0001
УФП НП, с	Начало года	63,6±1,79*	63,75±1,23	0,320
	Конец года	55,2±5,1*	61,2±0,503*	0,0001
РГМ, кол-во сигналов	Начало года	497,8±7,03*	476±11,05*	0,077
	Конец года	633±22,08*	546±15,84*	0,002
РДО кол-во опе-режений	Начало года	5,8±0,831	5,67±0,865	1
	Конец года	8,4±0,55*	6,4±0,61	0,016
РДО кол-во запаздываний	Начало года	10,2±0,49	11±1,231	0,774
	Конец года	10,5±0,9	8±0,46	0,021
РДО точных ответов	Начало года	10±1,231	10±1,537*	0,773
	Конец года	11±0,5	15,6±0,78*	0,0001
РДО среднее отклонение, мс	Начало года	33±2,761*	27±1,87*	0,320
	Конец года	27,8±2,15*	18,6±0,79*	0,0001

Окончание таблицы 4

РДО суммарное запаздывание, мс	Начало года	252±24,38	202,5±35,33	0,211
	Конец года	266±15,12	200,5±18,75	0,0001
РДО суммарное опережение, мс	Начало года	464±39,22	420±44,98*	0,813
	Конец года	495,2±67,78	260±20,26*	0,016

Прим.: * – достоверные различия при $p < 0,05$ в начале и конце учебного года.

Note: * – significant differences at $p < 0.05$ at the beginning and end of the academic year.

Результаты применения ДАС-БОС-тренинга свидетельствуют, что обучение осознанной саморегуляции оказывает нормализующее воздействие на регуляторные механизмы вегетативной нервной системы, приводящее к балансировке эрготропных и трофотропных процессов, при условии учета исходного вегетативного тонуса. Наибольшая эффективность от проведения корректировочных тренинговых воздействий проявлялась у лиц с преобладанием симпатикотонии в состоянии покоя. Применение ДАС-БОС тренинга у таких студентов способствовало выходу из состояния хронического напряжения и достижению паттернов реакций, свойственных адаптивным типам.

Сопоставление результатов нашего исследования и данных литературы относительно влияния ДАС-БОС-тренинга на психологические корреляты стресса [21] позволяет прийти к заключению, что ДАС-БОС-тренинг приводит к снижению выраженности проявлений хронического стресса за счет формирования навыков осознанной саморегуляции, что способствует повышению стрессоустойчивости и снижению физиологической «цены» адаптации к воздействию стрессоров.

Заключение

Таким образом, анализ литературных данных и материалов собственных экспериментальных исследований позволяет прийти к

выводу, что процесс адаптации к учебной деятельности целесообразно рассматривать на основе системно-деятельностного подхода с учетом комплексного воздействия экзо- и эндогенных факторов, которые способствуют формированию осознанной саморегуляции индивида [3]. При этом возможно не только прогнозировать предполагаемые нарушения механизмов саморегуляции, но и повысить общую эффективность адаптации за счет планирования режима труда и отдыха, позволяющего в течение длительного времени поддерживать необходимый уровень мобилизационных и восстановительных процессов за счет учета индивидуально-типологических особенностей организма. Экономизация функциональных возможностей организма приобретает особую значимость в связи с тенденцией к интенсификации когнитивных нагрузок в учебной и трудовой деятельности.

Полученные результаты свидетельствуют о необходимости поиска оптимального баланса между продуктивностью интеллектуальной (в частности, учебно-познавательной) деятельности и деятельности, направленной на сохранение и укрепление здоровья в условиях хронического информационного стресса.

Данный подход, по нашему мнению, может быть реализован либо непосредственно при проведении оздоровительных мероприятий, способствующих восстановлению затра-

ченных функциональных резервов и повышению приспособительных возможностей обучающихся, либо за счет создания организационно-педагогических условий в процессе учебной деятельности, направленных на уменьшение затрат функциональных резервов

организма, повышение стрессоустойчивости и социально-профессиональных адаптивных возможностей индивида, реализуемых с учетом его типологических особенностей и социокультурных условий развития.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Баевский Р. М., Иванов Г. Г., Чирейкин Л. В., Гаврилушкин А. П., Довгалевский П. Я., Кукушкин Ю. А., Миронова Т. Ф., Прилуцкий Д. А., Семенов А. В., Федоров В. Ф., Флейшман А. Н., Медведев М. М. Анализ variability сердечного ритма при использовании различных электрокардиографических систем // Вестник аритмологии. – 2002. – № 24. – С. 65–86. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=9166688>
2. Белозерова Л. А., Брагина Е. А., Семикашева И. А., Силакова М. М. Стрессоустойчивость и особенности осознанной саморегуляции студентов-спортсменов // Теория и практика физической культуры. – 2021. – № 2. – С. 19–21. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=44735973>
3. Галеев А. Р., Игишева Л. Н., Казин Э. М. Variability сердечного ритма у здоровых детей в возрасте 6-16 лет // Вестник Харьковского национального университета имени В. Н. Каразина. Серия Медицина. – 2002. – № 3. – С. 35–40. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=21423661>
4. Zarchenko P. Yu., Kazin E. M., Blinova N. G., Varich L. A., Vasilchenko I. L. Implementation of RSA-biofeedback therapy in students with various types of vegetative carditrm regulation in the process of adaptation to educational activity // Физиология человека. – 2020. – Т. 46, № 6. – С. 663–670. DOI: <https://doi.org/10.31857/S0131164620060132> URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=44137419>
5. Иванов В. И., Литвинова Н. А., Березина М. Г. Автоматизированный комплекс для оценки индивидуально-типологических свойств и функционального состояния организма человека «Статус ПФ» // Валеология. – 2004. – № 4. – С. 70–73. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=29803376>
6. Игнатова Ю. П., Макарова И. И., Аксенова А. В. Психофизиологические и некоторые функциональные маркеры умственной нагрузки у юношей // Физиология человека. – 2018. – Т. 44, № 4. – С. 26–31. DOI: <https://doi.org/10.1134/S0131164618040057> URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=35642558>
7. Кривощёков С. Г., Белишева Н. К., Николаева Е. И., Вергунов Е. Г., Мартынова А. А., Ельникова О. Е., Пряничников С. В., Ануфриев Г. Н., Балиоз Н. В. Концепция аллостаза и адаптация человека на севере // Экология человека. – 2016. – № 7. – С. 17–25. DOI: <https://doi.org/10.33396/1728-0869-2016-7-17-25> URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=26436208>
8. Радышевская Т. Н., Старикова И. В., Питерская Н. В. Анализ показателей вегетативной регуляции и системной гемодинамики у студентов на различных этапах адаптации к учебному процессу // Вестник Волгоградского государственного медицинского университета. – 2020. – № 1. – С. 102–105. DOI: [https://doi.org/10.19163/1994-9480-2020-1\(73\)-102-105](https://doi.org/10.19163/1994-9480-2020-1(73)-102-105) URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=42819628>



9. Флейшман А. Н. Вариабельность ритма сердца и медленные колебания гемодинамики: нелинейные феномены в клинической практике // Известия высших учебных заведений. Прикладная нелинейная динамика. – 2011. – Т. 19, № 3. – С. 179–183. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=16823499>
10. Rojo López A. M., Foulquié-Rubio A.-I., Espín López L., Martínez Sánchez F. Analysis of speech rhythm and heart rate as indicators of stress on student interpreters // Perspectives. – 2021. – Vol. 29 (4). – P. 591–607. DOI: <https://doi.org/10.1080/0907676X.2021.1900305>
11. Bashkireva A. V., Bashkireva T. V., Severin A. E. Heart Rate Variability in the Diagnosis of the Health of Participants in the Educational // Atlantis Press Advances in Economics, Business and Management Research. – 2020. – Vol. 114. – P. 269–271. DOI: <https://doi.org/10.2991/aebmr.k.200114.063>
12. Bergman C., Muth T., Loerbroks A. Medical students' perceptions of stress due to academic studies and its interrelationships with other domains of life: a qualitative study // Medical education online. – 2019. – Vol. 24 (1). – P. 1603526. DOI: <https://doi.org/10.1080/10872981.2019.1603526>
13. Capdevila L., Parrado E., Ramos-Castro J., Zapata-Lamana R., Lalanza J. F. Resonance frequency is not always stable over time and could be related to the inter-beat interval // Scientific Reports. – 2021. – Vol. 11 (1). – P. 8400. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41598-021-87867-8>
14. Frazier P., Gabriel A., Merians A., Lust K. Understanding stress as an impediment to academic performance // Journal of American College Health. – 2018. – Vol. 67 (6). – P. 562–570. DOI: <https://doi.org/10.1080/07448481.2018.1499649>
15. Lehrer P., Kaur K., Sharma A., Shah K., Huseby R., Bhavsar J., Zhang Y. Heart Rate Variability Biofeedback Improves Emotional and Physical Health and Performance: A Systematic Review and Meta Analysis // Applied Psychophysiology and Biofeedback. – 2020. – Vol. 45 (3). – P. 109–129. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10484-020-09466-z>
16. Kim H.-G., Cheon E.-J., Bai D.-S., Lee Y. H., Koo B.-H. Stress and heart rate variability: A meta-analysis and review of the literature // Psychiatry Investigation. – 2018. – Vol. 15 (3). – P. 235–245. DOI: <https://doi.org/10.30773/pi.2017.08.17>
17. Lim H. J., Chung S. S., Joung K. H. Factors of depressive symptoms among elementary, middle, and high school students // Arcive of Psychiatric Nursin. – 2016. – Vol. 30 (3). – P. 302–308. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.apnu.2015.11.010>
18. Mutambudzi M., Theorell T., Li. J. Job strain and long-term sickness absence from work – a ten-year prospective study in German working population // Journal of Occupational and Environmental Medicine. – 2019. – Vol. 61 (4). – P. 278–284. DOI: <https://doi.org/10.1097/jom.0000000000001525>
19. Nakayama N., Arakawa N., Ejiri H., Matsuda R., Makino T. Heart rate variability can clarify students' level of stress during nursing simulation // PLoS One. – 2018. – Vol. 13 (4). – P. 0195280. DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0195280>
20. O'Connor D. B., Thayer J. F., Vedhara K. Stress and Health: A Review of Psychobiological Processes // Annual Review of Psychology. – 2021. – Vol. 72 (1). – P. 663–688. DOI: <https://doi.org/10.1146/annurev-psych-062520-122331>
21. Patron E., Munafò M., Messerotti Benvenuti S., Stegagno L., Palomba D. Not All Competitions Come to Harm! Competitive Biofeedback to Increase Respiratory Sinus Arrhythmia in Managers // Frontiers in Neuroscience. – 2020. – Vol. 14. – P. 855. DOI: <https://doi.org/10.3389/fnins.2020.00855>
22. Shaffer F., Ginsberg J. P. An Overview of Heart Rate Variability Metrics and Norms // Frontiers in Public Health. – 2017. – № 5. – P. 258. DOI: <https://doi.org/10.3389/fpubh.2017.00258>



23. Taghizadeh N., Eslaminejad A., Raoufy M. R. Protectiv effect of heart rate variability biofeedback on stress-induced lung function impairment in asthma // *Respiratory Physiology and Neurobiology*. – 2019. – Vol. 262. – P. 49–56. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.resp.2019.01.011>
24. Yu Bin, Mathias F., Hu Jun, Wang Qi, Feijs Loe Biofeedback for Everyday Stress Management: A Systematic Review // *Frontiers in ICT*. – 2018. – № 5. – P. 23. DOI: <https://doi.org/10.3389/fict.2018.00023>
25. Zaccaro A., Piarulli A., Laurino M., Garbella E., Menicuccu D., Neri B., Gemiganani A. How breath-control can change your life: a systematic review on psycho-physiological correlates of slow breathing // *Frontlines in Human Neuroscience*. – 2018. – Vol. 12. – P. 353. DOI: <https://doi.org/10.3389/fnhum.2018.00353>



Pavel Yurievich Zarchenko

Post-graduate Student,

Department of Physiology and Genetics,

Kemerovo State University, Kemerovo, Russian Federation.

ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0003-4879-2433>

E-mail: kathibar@mail.ru (Corresponding Author)

Lidiya Aleksandrovna Varich

Candidate of Biology Sciences, Associate Professor,

Department of Physiology and Genetics,

Kemerovo State University, Kemerovo, Russian Federation.

ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0003-0855-6671>

E-mail: varich2002@mail.ru

Eduard Mikhailovich Kazin

Doctor of Biological Sciences, Professor,

Department of Physiology and Genetics,

Kemerovo State University, Kemerovo, Russian Federation.

ORCID ID: <http://orcid.org/0000-0003-1462-5282>

E-mail: kazin_valeol@mail.ru

The impact of students' individual vegetative status on their psychophysiological adaptation to the learning environment: the effectiveness of RSA-BFB therapy

Abstract

Introduction. *The article summarizes the results of studying the process of students' adaptation to the learning environment in a wide range of degree programmes provided by higher educational institutions. The purpose of the article is to identify the characteristic features of students' psychophysiological adaptation to the learning environment, taking into account the peculiarities of autonomic regulation, with the subsequent assessment of the effectiveness of using RSA-BFB therapy.*

Materials and Methods. *The study involved 209 second-year medical and biological students. The study of neurodynamic characteristics was carried out using an automated psychophysiological complex. Heart rate variability indicators were evaluated by means of cardiorrhymography. The authors conducted a comparative analysis of the mean values and identified the correlation between neurodynamic characteristics and indicators of heart rate variability of students doing academic degrees in various fields. RSA-BFB therapy was used to increase students' adaptive capabilities.*

Results. *The characteristic features of adaptive reactions were revealed depending on the initial vegetative tone and the type of functional response. The combination of psychophysiological and medico-biological constitutional approaches used in the work enabled the authors to expand and clarify the ideas about the mechanism of the functional self-regulation system and classify the types of adaptive reactions in the process of educational: adaptive, compensatory and maladaptive. After the RSA-BFB therapy for students prone to maladaptive reactions, in comparison with the control group, there was an improvement in the strength of the nervous system and the mobility of nervous processes. Using RSA-*



BFB therapy contributed to overcoming chronic stress and developing reaction patterns inherent in adaptive types.

Conclusions. *The use of RSA-biofeedback therapy, taking into account the individual-typological characteristics, has contributed to balancing ergotropic and trophotropic processes, restoring the body's functional reserves and improving the efficiency of adaptation to learning environment.*

Keywords

Students of medical and biological degree programmes; Adaptation to educational environment; Neurodynamic indicators; heart rate indicators; Autonomic regulation; Type of functional response; Biofeedback; RSA-biofeedback.

REFERENCES

1. Baevskij R. M., Ivanov G. G., CHirejkin L. V., Gavrilushkin A. P., Dovgalevskij P. Ya., Kukushkin Yu. A., Mironova T. F., Priluckij D. A., Semenov A. V., Fedorov V. F., Flejshman A. N., Medvedev M. M. Analysis of heart rate variability when using various electrocardiographic systems. *Journal of Arrhythmology*, 2002, no. 24, pp. 65–86. (In Russian) URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=9166688>
2. Belozerova L. A., Bragina E. A., Semikasheva I. A., Silakova M. M. University athletes' stress tolerance and conscious self-control: Questionnaire survey. *Theory and Practice of Physical Culture*, 2021, no. 2, pp. 19–21. (In Russian) URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=44735973>
3. Galeev A. R., Igisheva L. N., Kazin E. M. Healthy children from 6 to 16 years" heart rate variability. *Journal of V. N. Karazin Kharkiv National University, series "Medicine"*, 2002, no. 3, pp. 35–40. (In Russian) URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=21423661>
4. Zarchenko P. Yu., Kazin E. M., Blinova N. G., Varich L. A., Vasilchenko I. L. Implementation of RSA-biofeedback therapy in students with various types of vegetative cardritm regulation in the process of adaptation to educational activity. *Human Physiology*, 2020, vol. 46 (6), pp. 663–670. DOI: <https://doi.org/10.31857/S0131164620060132> URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=44137419>
5. Ivanov V. I., Litvinova N. A., Berezina M. G. Automated complex for assessing the individual-typological properties and functional state of the human body "PF Status". *Valeology*, 2004, no. 4, pp. 70–73. (In Russian) URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=29803376>
6. Ignatova Yu. P., Makarov I. I., Aksenova A. V. Psychophysiological and some functional markers of mental workload in young men. *Human Physiology*, 2018, vol. 44 (4), pp. 26–31. (In Russian) DOI: <https://doi.org/10.1134/S0131164618040057> URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=35642558>
7. Krivoshchyokov S. G., Belisheva N. K., Nikolaeva E. I., Vergunov E. G., Martynova A. A., El'nikova O. E., Pryanichnikov S. V., Anufriev G. N., Balioz N. V. The concept of allostasis and human adaptation in the north. *Human Ecology*, 2016, no. 7, pp. 17–25. (In Russian) DOI: <https://doi.org/10.33396/1728-0869-2016-7-17-25> URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=26436208>
8. Radyshevskaja T. N., Starikova I. V., Piterskaja N. V. Analysis of indices of autonomic nervous regulation and system hemodynamics in students at various stages of adaptation to the educational process. *Journal of Volgograd State Medical University*, 2020, no. 1, pp. 102–105. (In Russian) DOI: [https://doi.org/10.19163/1994-9480-2020-1\(73\)-102-105](https://doi.org/10.19163/1994-9480-2020-1(73)-102-105) URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=42819628>



9. Fleishman A. N. Heart rate variability and slow hemodynamic oscillations: Nonlinear phenomena in clinical practice. *News of higher educational institutions. Applied nonlinear dynamics*, 2011, vol. 19 (3), pp. 179–183. (In Russian) URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=16823499>
10. Rojo López A. M., Foulquié-Rubio A.-I., Espín López L., Martínez Sánchez F. Analysis of speech rhythm and heart rate as indicators of stress on student interpreters. *Perspectives*, 2021, vol. 29 (4), pp. 591–607. DOI: <https://doi.org/10.1080/0907676X.2021.1900305>
11. Bashkireva A. V., Bashkireva T. V., Severin A. E. Heart rate variability in the diagnosis of the health of participants in the educational. *Atlantis Press Advances in Economics, Business and Management Research*, 2020, vol. 114, pp. 269–271. DOI: <https://doi.org/10.2991/aebmr.k.200114.063>
12. Bergman C., Muth T., Loerbroks A. Medical students' perceptions of stress due to academic studies and its interrelationships with other domains of life: A qualitative study. *Medical Education Online*, 2019, vol. 24 (1), pp. 1603526. DOI: <https://doi.org/10.1080/10872981.2019.1603526>
13. Capdevila L., Parrado E., Ramos-Castro J., Zapata-Lamana R., Lanza J. F. Resonance frequency is not always stable over time and could be related to the inter-beat interval. *Scientific Reports*, 2021, vol. 11 (1), pp. 8400. , DOI: <https://doi.org/10.1038/s41598-021-87867-8>
14. Frazier P., Gabriel A., Merians A., Lust K. Understanding stress as an impediment to academic performance. *Journal of American College Health*, 2018, vol. 67 (6), pp. 562–570. DOI: <https://doi.org/10.1080/07448481.2018.1499649>
15. Lehrer P., Kaur K., Sharma A., Shah K., Huseby R., Bhavsar J., Zhang Y. Heart rate variability biofeedback improves emotional and physical health and performance: A systematic review and meta analysis. *Applied Psychophysiology and Biofeedback*, 2020, vol. 45 (3), pp. 109–129. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10484-020-09466-z>
16. Kim H.-G., Cheon E.-J., Bai D.-S., Lee Y. H., Koo B.-H. Stress and heart rate variability: A meta-analysis and review of the literature. *Psychiatry Investigation*, 2018, vol. 15 (3), pp. 235–245. DOI: <https://doi.org/10.30773/pi.2017.08.17>
17. Lim H. J., Chung S. S., Joung K. H. Factors of depressive symptoms among elementary, middle, and high school students. *Arcive of Psychiatric Nursing*, 2016, vol. 30 (3), pp. 302–308. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.apnu.2015.11.010>
18. Mutambudzi M., Theorell T., Li. J. Job strain and long-term sickness absence from work – a ten-year prospective study in German working population. *Journal of Occupational and Environmental Medicine*, 2019, vol. 61 (4), pp. 278–284. DOI: <https://doi.org/10.1097/jom.0000000000001525>
19. Nakayama N., Arakawa N., Ejiri H., Matsuda R., Makino T. Heart rate variability can clarify students' level of stress during nursing simulation. *PLoS One*, 2018, vol. 13 (4), pp. 0195280. DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0195280>
20. O'Connor, D. B., Thayer, J. F., Vedhara K. Stress and health: A review of psychobiological processes. *Annual Review of Psychology*, 2021, vol. 72 (1), pp. 663–688. DOI: <https://doi.org/10.1146/annurev-psych-062520-122331>
21. Patron E., Munafò M., Messerotti Benvenuti S., Stegagno L., Palomba D. Not all competitions come to harm! Competitive biofeedback to increase respiratory sinus arrhythmia in managers. *Frontiers in Neuroscience*, 2020, vol. 14, pp. 855. DOI: <https://doi.org/10.3389/fnins.2020.00855>
22. Shaffer F., Ginsberg J. P. An overview of heart rate variability metrics and norms. *Frontiers in Public Health*, 2017, no. 5, pp. 258. DOI: <https://doi.org/10.3389/fpubh.2017.00258>



23. Taghizadeh N., Eslaminejad A., Raoufy M. R. Protectiv effect of heart rate variability biofeedback on stress-induced lung function impairment in asthma. *Respiratory Physiogy and Neurobiology*, 2019, vol. 262, pp. 49–56. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.resp.2019.01.011>
24. Yu Bin, Mathias F., Hu Jun, Wang Qi, Feijs Loe Biofeedback for everyday stress Management: A systematic review. *Frontiers in ICT*, 2018, no. 5, pp. 23. DOI: <https://doi.org/10.3389/fict.2018.00023>
25. Zaccaro A., Piarulli A., Laurino M., Garbella E., Menicuccu D., Neri B., Gemiganani A. How breath-control can change your life: A systematic review on psycho-physiological correlates of slow breathing. *Frontlines in Human Neuroscience*, 2018, vol. 12, pp. 353. DOI: <https://doi.org/10.3389/fnhum.2018.00353>

Submitted: 01 July 2021

Accepted: 10 September 2021

Published: 31 October 2021



This is an open access article distributed under the [Creative Commons Attribution License](#) which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited. (CC BY 4.0).