ФИЗИОЛОГИЯ ЧЕЛОВЕКА, 2020, том 46, № 6, с. 92–100

УДК 612.821:613.65

РЕАЛИЗАЦИЯ ДАС-БОС-ТЕРАПИИ У СТУДЕНТОВ С РАЗЛИЧНЫМИ ТИПАМИ ВЕГЕТАТИВНОЙ РЕГУЛЯЦИИ КАРДИОРИТМА В ПРОЦЕССЕ АДАПТАЦИИ К УЧЕБНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

© 2020 г. П. Ю. Зарченко[1], Э. М. Казин[1, *], Н. Г. Блинова[1], Л. А. Варич[1], И. Л. Васильченко[1]

[1]*ФГБОУ ВО Кемеровский государственный университет, Кемерово, Россия*

**E-mail: kazin_valeol@mail.ru*

Поступила в редакцию 28.11.2019 г.
После доработки 16.03.2020 г.
Принята к публикации 20.06.2020 г.

В материалах исследования представлены результаты применения биологической обратной связи по дыхательной аритмии сердца (ДАС-БОС-тренинга) в направлении повышения адаптивных возможностей организма студентов с различным исходным вегетативным тонусом. Показано, что эффективность ДАС-БОС-терапии существенно зависит от специфики реализации трофотропных и эрготропных процессов у обучающихся с различными типами вегетативной регуляции. У лиц с доминированием ваготонических воздействий на сердечный ритм, предлагаемая терапевтическая процедура наиболее результативна в начале учебного года; в случае преобладания симпатических влияний проведение БОС-тренинга оптимизирует функциональное состояние организма в конце учебного года; у лиц с эйтоническим типом вегетативной регуляции оздоровительное воздействие оказывает стабилизирующий эффект, независимо от фазы годичного цикла учебной деятельности.

Ключевые слова: адаптация, студенты, вегетативная регуляция, сердечный ритм, нейродинамические показатели, БОС-тренинг, дыхательная аритмия сердца.

DOI: 10.31857/S0131164620060132

Важной задачей современной физиологии и психофизиологии является поиск и применение оздоровительно-корректировочных способов повышения адаптивных возможностей организма на основе сбалансированной деятельности физиологических систем, участвующих в приспособительных реакциях организма [1–4].

Одним из перспективных способов коррекции нарушений работы функциональных систем организма, является адаптивное управление биологически обратной связью или, так называемый, БОС-тренинг (тренинг с применением биологической обратной связи), который является одним из методов лечения, профилактики и нормализации процессов саморегуляции физиологических функций организма [5–9].

Метод БОС представляет собой комплекс мер, при проведении которых человеку посредством специальных технических устройств (цепи внешней обратной связи) передается информация о состоянии той или иной функции его собственного организма. На основе полученной информации, человек с помощью специальных приемов и аппаратуры развивает навыки самоконтроля и саморегуляции, т.е. способность произвольно корректировать физиологическую функцию. Принцип обратной связи опирается на фундаментальные естественнонаучные представления, согласно которым эффективное функционирование любой управляемой системы зависит от возврата информации о результатах работы этой системы управляющему органу [5].

Вместе с тем, несмотря на перспективность применения методов биологической обратной связи для коррекции работы саморегуляции физиологических функций, большинство научных работ в этой области не уделяет достаточного внимания учету индивидуально-типологических особенностей пациентов, проходящих оздоровительные мероприятия.

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 [1, 9, 10]. В зависимости от того, как эффективно организм студента приспосабливается к данным условиям, в такой степени реализуются его интеллектуальные способности и возможно-

сти, обуславливающие качество усвоения учебного материала и формирование будущего специалиста.

Возрастающие информационные нагрузки во время учебной деятельности не всегда адекватны физиологическим и психологическим возможностям современных студентов, что приводит к избыточному расходу функциональных резервов организма и, как следствие, снижению эффективности умственной деятельности [3, 9–16], что и послужило предпосылкой настоящего исследования, цель которого заключалась в оценке эффективности применения ДАС-БОС-терапии у студентов в процессе адаптации к учебной деятельности с учетом типа вегетативной регуляции.

МЕТОДИКА

Были обследованы студенты (72 чел. женского пола) 2 курса биологического факультета КемГУ (г. Кемерово). Исследование проводили в первой половине дня в осенний период (октябрь–ноябрь) и в конце учебного года (май–июнь). Оздоровительные мероприятия в рамках БОС-тренинга проводил весной (март–апрель).

С помощью автоматизированной кардиоритмографической программы проводили оценку показателей вариабельности сердечного ритма (ВСР), в состоянии покоя и после ортостатической пробы: мода (*Mo*, с) – наиболее часто встречающиеся значения кардиоинтервалов *R–R*; амплитуда моды (*AMo*, %) – выраженное в процентах число значений интервалов, соответствующих моде; вариационный размах (*MxDMn*, с) – разность между величиной наибольшего и наименьшего кардиоинтервалов; среднее квадратическое отклонение (*SDNN*, мс) – характеризует вагусную регуляцию; индекс напряжения регуляторных систем (ИН, усл. ед.) – интегральный показатель, отражающий напряжение в регуляции вегетативных функций [17–19]. В рамках спектрального анализа вычисляли следующие волновые характеристики: высокочас-тотный компонент (*HF*, мс^2) – показатель мощности в диапазоне высоких частот (0.4–0.15 Гц), который связан с дыхательными движениями и отражает вагусный контроль сердечного ритма; низкочастотный компонент (*LF*, мс^2) – показатель мощности в диапазоне низких частот (0.15–0.04 Гц), имеет смешанное происхождение и связан как с вагусным, так и с симпатическим контролем сердечной деятелности, характеризует состояние системы регуляции сосудистого тонуса; очень низкочастотный компонент (*VLF*, мс^2) – показатель мощности в диапазоне очень низких частот (0.04–0.015 Гц), тесно связан с влиянием высших центров регуляции на сердечный ритм. По показателям ВСР у обследуемых студентов определяли соотношение симпатических и парасимпатических влияний на сердечный ритм (тип вегетативной регуляции: симпатотоники – лица с преобладанием симпатических влияний на СР, вагатоники – лица с преобладанием парасимпатических влияний на СР и эйтоники – лица со сбалансированным влиянием симпатических и парасимпатических влияний на СР). С учетом соотношения симпатических и парасимпатических влияний, реакции на переходный процесс в ортопробе и соотношения частотных характеристик оценивали функциональное состояние сердечно-сосудистой системы.

При помощи автоматизированного программного комплекса *PFK* [20] оценивали ряд нейродинамических показателей: средний латентный период реакции на простой световой раздражитель в серии 30 предъявлений – ПЗМР, мс – отражает общую реактивность нервной системы. Время латентности сложной зрительно-моторной реакции в режиме выбора 2 из 3 (по одному различному стимулу для правой и левой руки) в течение 30 предъявлений – СЗМР, мс. Время дифференцированного определения 120 сложных зрительных стимулов в режиме выбора 2 из 3 в режиме обратной связи использовали для оценки функциональной подвижности нервных процессов – УФП НП, с. Количество обработанных сложных зрительных стимулов в режиме обратной связи в течение 5 мин – РГМ, количество сигналов, характеризовало силу нервной системы. Точность реакций на движущийся объект (РДО) за 30 предъявлений: оценивали количество точных реакций, среднее отклонение, численность случаев опережения и запаздывания и суммарное отклонение опережения и запаздывания.

На основании первичного анализа показателей ВСР и нейродинамических характеристик была выделена группа риска, в которую вошли студенты:

– с низкими нейродинамическими показателями (не менее 2 из исследуемых);

– отклонениями индекса напряжения (выше или ниже физиологической нормы);

– значительным снижением функциональных возможностей организма на основании интегральной оценки по показателям ВСР и переходному процессу при выполнении ортостатической пробы.

Для снижения влияния случайных факторов на исследуемые показатели, всех потенциальных кандидатов в группу риска обследовали повторно в течение экспериментального периода с отклонением от изначального измерения не менее чем на 72 ч.

После этого со студентами группы риска проводили оздоровительные мероприятия с применением ДАС-БОС-тренинга. Суть метода сводится к выработке при помощи технологии биологической обратной связи нового стереотипа дыхания –

диафрагмально-релаксационного, что приводит к увеличению дыхательной аритмии (*HF* составляющая спектра СР) [5], которая тесно связана с автономными ваготоническими валяниями на СР [17, 20]. В методике ДАС-БОС-тренинга произвольные изменения дыхания служат основой для обучения человека диафрагмально-релаксационному типу дыхания с одновременным контролем систематических изменений частоты сердечных сокращений (ЧСС). При этом произвольный акцент (внимание пациента) уделяется выдоху. На пике выдоха пациент должен достигать минимальной величины ЧСС.

Математическую обработку данных проводили в программе *STATISTICA* 10. Достоверность различий независимых групп определяли при помощи критерия Манна-Уитни. Внутригрупповые различия в начале и конце года определяли при помощи *W*-критерия Уилкоксона.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

В результате проведенного исследования у студенток была выявлена тенденция к нарастанию ваготонических влияний в течение учебного года, что указывает на постепенное нарастание доли трофотропных процессов в механизмах вегетативной регуляции: в начале года “ваготоники” составляли 14.29%, “эйтоники” – 38.1%, “симпатотоники” – 47.62%, к концу года эти значения стали соответственно 47.62, 28.57 и 23.81% ($p < 0.001$). Подобные изменения объясняются увеличением активности трофотропных процессов в течение года, что находит свое отражение в росте активности ваготонических влияний на СР. Данная тенденция характерна для обучающихся подростково-юношеского возраста и является признаком снижения функциональных резервов и развития процессов утомления [1, 11, 21].

Для лиц с преобладанием симпатических влияний на СР в начале учебного года было характерно сохранение высоких значений интегрального показателя, отражающего повышение централизации в регуляции сердечной деятельности (ИН в покое = 222.9 ± 13.53 усл. ед., ИН в ортостазе = = 229.05 ± 29.5 усл. ед.). Однако в ответ на активную ортостатическую пробу была выявлена компенсаторная реакция, выражавшаяся в увеличении вагусных влияний на СР (увеличение *MxDMn*, с 0.182 ± 0.008 с до 0.248 ± 0.02 с, $p < 0.045$; увеличение *SDNN* с 0.037 ± 0.001 мс до 0.045 ± 0.003 мс, $p < 0.006$) на фоне сохранения высокой симпатической активности. К концу года наблюдается увеличение напряжения центрально-нервных механизмов (различия наиболее выражены после проведения ортостатической пробы), на что указывает увеличение индекса напряжения регуляторных систем (ИН в покое = 216.2 ± 14.17 усл. ед., ИН в ортостазе = 604.98 ± 51 усл. ед., $p < 0.001$).

Активация парасимпатического звена регуляции после проведения функциональной пробы, наблюдаемая в начале года, вероятно, является компенсаторной реакцией в ответ на увеличение симпатических влияний в ортостазе, что указывает на рассогласование регуляторных воздействий на СР в начале учебного года и общий эрготропный характер функционирования системы адаптации у лиц с преобладанием симпатомиметических воздействий.

Студенты с преобладанием ваготонического типа регуляции характеризовались в начале учебного года общим снижением уровня напряжения регуляторных систем относительно представителей с другими типами вегетативной нервной системы (ВНС), что обусловлено выраженной активностью вагусной иннервации (*SDNN* в покое = = 0.09 ± 0.005 мс, $p < 0.0001$; *MxDMn* в покое = = 0.56 ± 0.016 с, $p < 0.0001$). К концу учебного года “ваготоники” демонстрировали сохранение высокой парасимпатической активности в состоянии покоя (*SDNN* = 0.1 ± 0.005 мс, $p < 0.0001$; *MxDMn* = 0.43 ± 0.015 с, $p < 0.0001$), но после ортостатической нагрузки наблюдалось увеличение активации симпатических и снижение парасимпатических влияний (ИН в покое = 34.83 ± ± 2.5 усл. ед., ИН в ортостазе = 357.57 ± 45.4 усл. ед., $p < 0.002$). Особенностью адаптации лиц с преобладанием ваготонических влияний на СР является наиболее выраженное изменение спектральных характеристик кардиоритма в состоянии покоя к концу учебного года: регистрируется увеличение доли высокочастотных волн (*HF* в начале года = 3335.7 ± 389.2 мс^2, *HF* в конце года = = 4902.1 ± 488.9 мс^2, $p < 0.01$) и сокращение доли низкочастотных волн второго порядка (*VLF* в начале года = 6512.7 ± 708.5 мс^2, *VLF* в конце года = = 4541.4 ± 508 мс^2, $p < 0.05$), указывая на увеличение трофотропных тенденций и снижение напряжения центральных механизмов в регуляции вегетативных функций.

Лица с эйтоническим типом регуляции отличались стабильностью показателей активности регуляторных влияний на СР в течение всего периода измерений: у них не было выявлено значимого увеличения парасимпатической активности в ответ на функциональную пробу в начале учебного года, а также ее снижения в аналогичных условиях в конце года. Все адаптационные реакции осуществлялись за счет изменения активности симпатических влияний на СР с вовлечением центральных механизмов регуляции без значительных изменений активности автономных регуляторных механизмов как в начале, так и в конце года, свидетельствуя о наиболее оптимальном

Таблица 1. Нейродинамические показатели студенток с различными типами вегетативной регуляции

Показатель	Период	Ваготоники	Эйтоники	Симпатотоники	$p < 0.05$
ПЗМР, мс	Начало года	284 ± 0.75*	288 ± 9.77	335.16 ± 18.61	1–3
	Конец года	383 ± 23.64*	306 ± 11.79	283.4 ± 8.45	1–3
СЗМР, мс	Начало года	490.5 ± 14.17*	429.75 ± 7.53	479.66 ± 10.11	1–2 2–3
	Конец года	413.9 ± 7.02*	426.5 ± 9.26	469.2 ± 10.91	1–3
УФП НП, с	Начало года	62.5 ± 0.19*	64.75 ± 1.5	64.17 ± 1.3	
	Конец года	57.9 ± 0.43*	63.67 ± 0.26	63.8 ± 1.66	1–2 1–3
РГМ, кол-во сигналов	Начало года	581 ± 3.02	461.75 ± 41.7*	560 ± 8.26	1–2 2–3
	Конец года	583.3 ± 9.84	566 ± 7.49*	542 ± 29.27	
РДО, кол-во опережений	Начало года	3.5 ± 0.56	4 ± 0.18*	5.5 ± 0.52	
	Конец года	4.9 ± 0.42	7.33 ± 0.76*	6.6 ± 0.23	1–2
РДО, кол-во запаздываний	Начало года	15 ± 0.76*	11.5 ± 0.39	14.17 ± 1.11*	1–2
	Конец года	11.4 ± 0.59*	8 ± 0.78	10.8 ± 0.77*	1–2 2–3
РДО, точных ответов	Начало года	11.5 ± 0.18	14.5 ± 0.56	10.33 ± 0.88*	1–2 2–3
	Конец года	13.7 ± 0.53	14.67 ± 0.92	12.6 ± 0.8*	
РДО, среднее отклонение, мс	Начало года	21.5 ± 0.19*	25.25 ± 2.84*	27.33 ± 1.46*	
	Конец года	18.2 ± 0.48*	19.67 ± 1.34*	37.2 ± 5*	1–3 2–3
РДО, суммарное запаздывание, мс	Начало года	455 ± 28.35*	567.75 ± 84.46*	563.33 ± 46.25	
	Конец года	320 ± 17.08*	250 ± 19.92*	511.2 ± 66.37	1–3 2–3
РДО, суммарное опережение, мс	Начало года	125 ± 28.35	107.5 ± 6.92	218.33 ± 25.2*	
	Конец года	147 ± 15.56	263.33 ± 44.35	514 ± 150.06*	1–3

Примечание: * – достоверные различия при $p < 0.05$ в начале и конце учебного года.

режиме функционирования аппарата кровообращения у данной группы студенток.

Сравнительный анализ нейродинамических показателей студенток, в зависимости от типа вегетативной регуляции, показал ряд различий (табл. 1).

Так, для девушек с преобладанием симпатических воздействий на СР в начале года характерны преимущественно средние и низкие значения исследуемых показателей. Сниженная реактивность в начале учебного года, вероятно, связанна с наличием компенсаторной реакции парасимпатических воздействий в ответ на нагрузку, что указывает на незавершенность процесса формирования функциональной системы в этот период. К концу учебного года у студенток с симпатикотонией был выявлен значительный рост реактивности нервной системы, о чем свидетельствует достоверное изменение средней латентности ПЗМР, однако при реакции на сложные стимулы подобной положительной динамики не наблюдалось. Эти особенности могут быть связаны с несбалансированностью тормозных и возбудительных процессов в центральной нервной системе (ЦНС), вызванных увеличением симпатических воздействий на СР, о чем свидетельствует достоверное увеличение среднего отклонения по тесту РДО.

Девушки с преобладанием ваготонии отличались от представителей других типов вегетативной регуляции лучшими показателями ПЗМР, УФП НП, РГМ в начале учебного года, но с тестами с низкой продолжительностью (СЗМР) они справлялись сравнительно хуже (табл. 1). К концу учебного года у “ваготоников” наблюдается значительное снижение реактивности нервной системы (ПЗМР), однако при этом существенно сокращается латентность реакций на сложные стимулы (СЗМР). Снижение латентности ПЗМР, вероятно, объясняется влиянием высокой активности трофотропных процессов в этот период, характерной для лиц с преобладанием ваготонических воздействий на СР, которая неизбежно влияет и на ЦНС. Тем не менее, несмотря на снижение общей реактивности нервной системы, остальные нейродинамические показатели позволяют предположить, что к концу учебного года лица с преобладанием вагусных влияний на СР были лучше адаптированы к условиям обучения, чем в начальный период обучения.

У студенток, имеющих сбалансированный тип вегетативной регуляции в начале учебного года по сравнению с другими типами, наблюдался более низкий уровень силы нервной системы (РГМ)

и сравнительно низкий показатель латентности реакции на сложный зрительный стимул (табл. 1). Эти особенности указывают на то, что в начале учебного года студентки-эйтоники не имели высокой активации функциональных резервов, характерной для симпатотоников, и большей силы нервной системы, как у ваготоников, что в совокупности с незавершенностью процесса адаптации приводит к неспособности выдерживать длительную нагрузку на нервную систему. К концу учебного года адаптация к условиям обучения завершается, о чем свидетельствует достоверное улучшение силы нервной системы и сбалансированность процессов возбуждения и торможения в ЦНС (РДО).

Полученные данные указывают на то, что для девушек-ваготоников в начале учебного года характерна избыточная активность трофотропных процессов, сопровождающаяся улучшением показателей, отражающих функциональное состояние ЦНС к концу года. Студентки со сбалансированным влиянием симпатического и парасимпатического отделов ВНС отличаются большей стабильностью изучаемых показателей от девушек с другими типами вегетативной регуляции на протяжении всего учебного года. Для студенток с преобладанием симпатических воздействий на СР наиболее трудным периодом для адаптации является конец учебного года, когда предрасположенность к эрготропным процессам приводит к избыточному расходу функциональных резервов организма и развитию утомления.

Учитывая особенности вегетативной регуляции сердечного ритма студентов, возможно повышение эффективности применения оздоровительных технологий, одной из которых является БОС-тренинг.

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”).

В “группе риска” были выделены девушки, с которыми проводились сеансы ДАС-БОС-терапии (экспериментальная группа, $n = 15$) и у которых тренинг не проводился (контрольная группа, $n = 15$).

Данные, представленные в табл. 2, показывают высокую степень активности симпатических воздействий на СР у студентов “группы риска” на начало учебного года, что в целом соответствуют литературным данным, в которых симпатикотонический тип регуляции выделяется как фактор риска дезадаптивных процессов [1, 2, 21].

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 СР 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 ВСР студенток по сравнению с контрольной группой, выражающиеся в увеличении показателей, отражающих вагусные влияния на СР (*Mo*, *MxDMn*, *SDNN*) и снижение параметров, характеризующих симпатическую активность ВНС (*AMo*, ИН) (табл. 2).

Результатом проведения сеансов БОС-тренинга явилось смещение вегетативного равновесия в экспериментальной группе к сбалансированному типу вегетативной регуляции СР, являющегося наиболее оптимальным, поскольку способствует формированию механизма, ответственного за обеспечение хроно- и изотропной функции сердечно-сосудистой системы, а количество лиц с доминированием симпатических воздействий на СР, характерных для состояния функционального напряжения в системах вегетативной и эндокринной регуляции за счет активного вовлечения в приспособительную реакцию “аварийной” симпатоадреналовой системы, снизилось.

Анализ нейродинамических показателей (табл. 3) 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. Как видно из результатов исследования, отмечаются выраженные достоверные различия после прохождения оздоровительных мероприятий, как по показателям силы нервной системы (РГМ), так и по подвижности нервных процессов (УФП НП), по сравнению с контрольной группой.

Таким образом, полученные данные указывают на то, что ДАС-БОС-тренинг оказывает нормализующее воздействие на механизмы вегетативной регуляции, приводящее к балансировке эрготропных и трофотропных процессов и, как следствие, улучшение функционального состояния нервной системы и общих адаптационных возможностей организма.

Таблица 2. Показатели вариабильности сердечного ритма студенток группы риска

Показатель	Период	Экспериментальная группа	Контрольная группа	*p*
SDNN, мс, начало года	Начало года	0.057 ± 0.008	0.04 ± 0.003	0.201
	Конец года	0.065 ± 0.005	0.06 ± 0.012	0.32
AMo, %, начало года	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., начало года	Начало года	287.34 ± 63.91*	279.64 ± 32.55	0.134
	Конец года	124.26 ± 36.59*	201.08 ± 26.53	0.32
MxDMn, начало года	Начало года	0.240 ± 0.032	0.180 ± 0.015	0.529
	Конец года	0.307 ± 0.023	0.240 ± 0.04	0.32
Mo, с, начало года	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, конец года	Начало года	0.52 ± 0.003	0.04 ± 0.005	0.052
	Конец года	0.072 ± 0.012	0.07 ± 0.021	0.042
AMo, %, конец года	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., конец года	Начало года	184.8 ± 19.11	226.15 ± 44.54*	1
	Конец года	214.76 ± 47.79	504.8 ± 90.21*	0.042
MxDMn, мс, конец года	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, конец года	Начало года	0.67 ± 0.019	0.61 ± 0.015*	0.009
	Конец года	0.578 ± 0.033	0.54 ± 0.018*	0.211

Примечание: * – достоверные различия при $p < 0.05$ в начале и конце учебного года.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Материалы исследования позволили выделить 3 типа адаптивных реакций в зависимости от исходного тонуса вегетативной регуляции: *гиперреактивный*, *гипореактивный*, *нормореактивный*.

Гиперреактивная реакция характерна для лиц с доминированием симпатических влияний на СР. Эти студенты наиболее эффективно могли переходить к активации эрготропного метаболизма, что способствовало быстрому включению в учебную деятельность на начальном этапе обучения. Однако в конце учебного года среди симпатотоников было выявлено снижение уровня нейродинамических показателей и признаки дезадаптации, что объясняется избыточным расходованием функциональных резервов при гиперреактивном типе адаптивной реакции и снижении активности трофотропных процессов, необходимых для поддержания уровня функциональных резервов и их эффективного восстановления.

Гипореактивную реакцию демонстрируют лица с преобладанием ваготонических влияний на СР. “Ваготоникам” на начальном этапе обучения требуется сравнительно больше времени для эффективного включения в образовательную деятельность, на что указывает динамика изменения нейродинамических показателей в течение учебного года. При этом к концу года, именно эти студентки показали высокий уровень силы нервной системы и подвижности нервных процессов. По-видимому, в этот период решающее значение для адаптации лиц с высоким исходным уровнем парасимпатической активности приобретают восстановительные процессы и более экономный расход функциональных резервов организма, за счет преобладания трофотропных реакций в период покоя, позволяющий восстановить энергетические и пластические ресурсы организма, необходимые для подержания эффективной адаптации к учебной деятельности.

Нормореактивная реакция, демонстрируемая лицами с эйтоническим типом регуляции, обеспечивает наибольшую стабильность нейродинамических показателей на протяжении учебного года за счет сбалансированного эрготропного и

Таблица 3. Нейродинамические показатели студенток группы риска

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 опережений	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
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

Примечание: * – достоверные различия при $p < 0.05$ в начале и конце учебного года.

трофотропного метаболизма, способствующего поддержанию адаптивных возможностей организма на протяжении всего периода обучения без существенных перестроек приспособительных механизмов.

Таким образом, эффективность ДАС-БОС-тренинга существенно зависит от специфики реализации трофотропных и эрготропных процессов у обучающихся с различными типами вегетативной регуляции. Так у лиц с доминированием ваготонических воздействий на СР (гипореактивный тип) предлагаемая терапевтическая процедура наиболее результативна в начале учебного года; в случае преобладания симпатотонических воздействий (гиперреактивный тип) проведение БОС-тренинга оптимизирует функциональное состояние организма в конце учебного года. Лицам с эйтоническим исходным вегетативным тонусом целесообразно использовать ДАС-БОС-терапию в качестве стабилизирующего оздоровительно-корректировочного воздействия, независимо от фазы годичного цикла учебной деятельности.

Результаты, полученные в настоящем исследовании, свидетельствуют о прогностической значимости анализа исходного вегетативного тонуса у обучающихся для целенаправленного и сбалансированного формирования системы адаптации, направленной на получение внешнего эффекта и процессов восстановления структурного и энергетического метаболизма.

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

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

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

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Онтогенез. Адаптация. Здоровье. Образование: учебно-методический комплекс. Книга III. Адаптация и здоровье студентов: учебно-методич. по-

собие / Под ред. Казина Э.М. Кемерово: Изд-во КРИПКиПРО, 2011. 627 с.

2. *Бухтияров И.В., Юшкова О.И., Матюхин В.В. и др.* Физиологические особенности формирования психоэмоционального перенапряжения у работников умственного труда и его профилактика // Российский физиологический журн. им. И.М. Сеченова. 2014. Т. 100. № 11. С. 1324.
3. *Мухин Е.М., Литвинова Н.А., Прохорова А.М., Березина М.Г.* Роль психофизиологических особенностей в адаптации водителей категории "В" к управлению автотранспортным средством // Вестник экономической безопасности. М.: Московский ун-т МВД РФ им. В.Я. Кикотя. 2016. № 2. С. 403.
4. *Кривощёков С.Г., Белишева Н.К., Николаева Е.И. и др.* Концепция аллостаза и адаптация человека на севере // Экология человека. 2016. № 7. С. 17.
5. *Ивановский Ю.В., Сметанкин А.А.* Принципы использования метода биологической обратной связи в системе медицинской реабилитации. СПб.: ЗАО "Биосвязь", 2008. 345 с.
6. *Alan N., Eller L., Bates M.E., Carmody D.P.* Current evidence on heart rate variability biofeedback as complementary anticraving intervention // J. Altern. Complement. Med. 2018. V. 24. № 11. P. 039.
7. *Taghizadeh N., Eslaminejad A., Raoufy M.R.* Protectiv effect of heart rate variability biofeedback on stress-induced lung function impairment in asthma // Respir. Physiol. Neurobiol. 2019. V. 262. P. 49.
8. *Zaccaro A., Piarulli A., Laurino M. et al.* How breath-control can change your life: a systematic review on psycho-physiological correlates of slow breathing // Front. Hum. Neurosci. V. 12. P. 353.
9. *Михайлова Л.А., Чеснокова Л.Л., Кимяева С.И.* Вариабельность сердечного ритма у лиц юношеского возраста / Материалы XXIII съезда Физиологического общества им. И.П. Павлова. Воронеж: "ИСТОКИ", 2017. С. 935.
10. *Игнатова Ю.П., Макарова И.И., Аксенова А.В.* Психофизиологические и некоторые функциональные маркеры умственной нагрузки юношей // Физиология человека. 2018. Т. 44. № 4. С. 26.
Ignatova Yu.P., Makarova I.I., Aksenova A.V. Psychophysiological and some functional markers of mental workload in young men // Human Physiology. 2018. V. 44. № 4. P. 380.
11. *Kim H.G., Cheon E.J., Bai D.S. et al.* Stress and heart rate variability: f meta-analysis and review of the literature // Psychiatry Investig. 2018. V. 15. № 3. P. 235.
12. *Яценко М.В., Кайгородова Н.З.* Влияние погодных условий на показатели умственной работоспособности и биоэлектрическую активность головного мозга студентов // Вестник Кемеровского государственного университета. Серия: Биологические, технические науки и науки о Земле. 2017. № 1. С. 31.
13. *Головин М.С., Айзман Р.И.* Использование аудиовизуальной стимуляции для повышения психоф-ункциональных резерв студентов / Материалы XXIII съезда Физиологического общества им. И.П. Павлова. Воронеж: "ИСТОКИ", 2017. С. 198.
14. *Никульников В.С., Овсянникова Н.Н., Панков Ф.Б., Елецкий Н.А.* Психофизиологическая адаптация студентов к информационному обучению в ВУЗе // Вестник Учебно-методического объединения по профессионально-педагогическому образованию. 2015. № 2(49) С. 297.
15. *Lim H.J., Chung S.S., Joung K.H.* Factors of depressive symptoms among elementary, middle, and high school students // Arch. Psychiatr. Nurs. 2016. V. 30. № 3. P. 302.
16. *Тарасова О.Л., Казин Э.М., Федоров А.И. и др.* Комплексная оценка нейродинамических и вегетативных показателей у подростков: возрастные, гендерные и типологические особенности // Физиология человека. 2017. Т. 43. № 1. С. 45.
Tarasova O.L., Kazin E.M., Fedorov A.I. et al. Integrated assessment of neurodynamic and autonomic indicators in adolescents: age-specific, gender-specific, and typological characteristics // Human Physiology. 2017. V. 43. № 1. P. 37.
17. *Галеев А.Р., Игишева Л.Н., Казин Э.М.* Вариабельность сердечного ритма у здоровых детей в возрасте 6–16 лет // Физиология человека. 2002. Т. 28. № 4. С. 54.
Galeev A.R., Igisheva L.N., Kazin E.M. Heart Rate Variability in Healthy Six- to Sixteen-Year-Old Children // Human Physiology. 2002. V. 28. № 4. P. 428.
18. *Баевский Р.М., Иванов Г.Г., Чирейкин Л.В. и др.* Анализ вариабельности сердечного ритма при использовании различных электрокардиографических систем // Вестник аритмологии. 2002. № 24. 65 с.
19. Task Force of the European Society of Cardiology and the North American Society of Pacing and Electrophysiology. Heart Rate Variability / Standards of Measurements, Physiological Interpretation, and Clinical Use // Circulation. 1996. V. 93. № 5. P. 1043.
20. *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.
21. *Казин Э.М., Свиридова И.А., Четверик О.Н. и др.* Влияние возрастных, гендерных и типологических особенностей подростков на формирование адаптивных возможностей в условиях обучения в основной школе. Сообщение 1: Возрастные и гендерные особенности психофизиологического развития социально-психологи-ческой адаптации младших и старших подростков // Вестник Кемеровского государственного университета. 2017. № 1. С. 112.

Implementation of RSA-Biofeedback Therapy in Students with Various Types of Vegetative Cardritm Regulation in the Process of Adaptation to Educational Activity

P. Yu. Zarchenko[a], E. M. Kazin[a, *], N. G. Blinova[a], L. A. Varich[a], I. L. Vasilchenko[a]

[a]*Kemerovo State University, Kemerovo, Russia*

**E-mail: kazin_valeol@mail.ru*

The research materials present the results of the use of RSA-biofeedback therapy aimed at improving the adaptation of students with different initial vegetative tone. It has been shown that the effectiveness of biofeedback therapy significantly depends on the specifics of trophotropic and ergotropic processes in students with various types of autonomic regulation. In individuals with a predominance of vagotonic effects on the heart rate, biofeedback training is most effective at the beginning of the school year; in the case of predominance of sympathetic influences, RSA-biofeedback therapy most effectively optimizes the functional state of the body at the end of the school year; for a persons with eitonic type of autonomic regulation the healing effect has a stabilizing influence regardless of the annual cycle of educational activity.

Keywords: adaptation, students, vegetative regulation, heartbeat, neurodynamic indicators, respiratory sinus arrhythmia, biofeedback.