

УДК 57.054:612.176.4:613.65

## ОСОБЕННОСТИ РЕГУЛЯЦИИ СЕРДЕЧНОГО РИТМА У СТУДЕНТОВ В РАЗЛИЧНЫЕ ПЕРИОДЫ ОБУЧЕНИЯ

Александр И. Федоров<sup>1, @1</sup>, Павел Ю. Зарченко<sup>1, @2</sup>, Виктория С. Пономарева<sup>1, @3</sup>, Нина В. Немолочная<sup>1, @4</sup>

<sup>1</sup> Кемеровский государственный университет, Россия, 650000, г. Кемерово, ул. Красная, 6

@<sup>1</sup> valeol@kemsu.ru

@<sup>2</sup> kathibar@mail.ru

@<sup>3</sup> vika.stud2014@yandex.ru

@<sup>4</sup> nina-nem@mail.ru

Поступила в редакцию 05.12.2017. Принята к печати 27.12.2017.

**Ключевые слова:** адаптация, стресс, вегетативная регуляция, студенты, сердечный ритм, суточная работоспособность.

**Аннотация:** В статье представлено изучение особенностей регуляции сердечного ритма у 46 студентов на 2 этапах обучения: в начале и конце учебного года. Анализировались показатели вариационной пульсометрии в покое и в ортостазе с учетом типа суточной работоспособности. Показано, что в конце учебного года, по сравнению с осенним периодом обучения, у студентов наблюдается снижение симпатической активности нервной системы в состоянии покоя, но стресс-реакция на нагрузку более выражена. При анализе полученных данных выявлены признаки угасания структурного следа долговременной адаптации к учебному процессу в группе обследованных в летний период обучения. Установлено, что у студентов, обследованных в осенний период, формируется устойчивый механизм вегетативной регуляции к учебной деятельности и происходило за счёт низших звеньев нервной и гуморальной регуляции, с более высоким уровнем функциональных резервов, участвующих в формировании успешной адаптации к учебному процессу. Выявлено, что у обучающихся с различным типом суточной активности, процессы адаптации имеют свою специфику в начале и конце учебного года: у лиц с вечерним типом в конце учебного года симпатические влияния преимущественно обуславливались центральными механизмами регуляции симпатoadреналовой системы в отличие от утреннего и смешанного типов.

**Для цитирования:** Федоров А. И., Зарченко П. Ю., Пономарева В. С., Немолочная Н. В. Особенности регуляции сердечного ритма у студентов в различные периоды обучения // Вестник Кемеровского государственного университета. Серия: Биологические, технические науки и науки о Земле. 2017. № 4. С. 15–21. DOI: 10.21603/2542-2448-2017-4-15-21.

### Актуальность исследования

Особенности обучения в высших учебных заведениях, с которыми сталкиваются студенты, недавние школьники, накладывают значимый отпечаток на деятельность их внутренних органов, гомеостатических систем и адаптацию в целом [1–3]. В зависимости от того, как эффективно организм студента приспосабливается к данным условиям, в такой степени полно реализуются его интеллектуальные способности и возможности, обуславливающие качество усвоения учебного материала и формирования будущего специалиста [4].

В зависимости от продолжительности, силы воздействия стрессогенных факторов на организм формируются различные типы приспособительных реакций: кратковременная (срочная) и долговременная адаптация. Срочная адаптация характеризуется прежде всего активацией неспецифических энергозатратных [5; 6] реакций на внешний раздражитель, которая выражается в неспецифической стресс-реакции: увеличении активности симпато-адреналовой системы, росту активности ЦНС, эмоциональном напряжении [7], увеличением течения биологического времени [8]. Данный тип реакции эффективен при адаптации к внезапным значительным изменениям условий среды, однако при длительном воздействии раздражителя организм стремительно истощает свои внутренние резервы.

При длительном воздействии негативных факторов в организме начинает осуществляться долговременная или специфическая адаптация, механизмы которой в значительной степени снижают энергетические затраты. Она характеризуется выработкой специфических изменений режима функционирования внутренних систем организма, направленных на сохранение гомеостаза в условиях воздействия на организм негативных факторов среды. Формируется структурный след адаптации, представляющий собой комплекс изменений в экспрессии генов и изменении особенностей гуморальной регуляции лимитирующих органов функциональной системы организма в процессе адаптации. При таком механизме адаптации организм более эффективно противостоит хроническим стрессам, но менее эффективно – кратковременным нагрузкам. Длительное пребывание организма в состоянии долговременной адаптации способно вызывать истощение резервов функциональных систем, за счёт которых восстанавливается гомеостаз, развитие «болезней адаптации» или «патологических адаптаций», или срыв адаптации – прекращение поддержания адаптированного состояния и нарушение гомеостаза. Поэтому в условиях длительного отсутствия воздействия стрессогенного фактора среды происходит постепенное угасание структурного следа адаптации.

Вследствие вышесказанного процесс адаптации, как и многие другие процессы в биосистемах, протекает циклично, колеблясь под воздействием разнонаправленных регуляторных влияний. Согласованность этих воздействий друг с другом и другими циклическими процессами (как экзо-, так и эндогенными) является одним из важнейших условий успешной адаптации. Практически все «болезни адаптации» оказываются по своей сути нарушениями согласованности ритмических процессов регуляции. Нарушение ритмичности в работе организма возникает от множества причин. Одна из них – нерациональная организация жизнедеятельности, прежде всего выражающаяся в дисбалансе режимов труда и отдыха с индивидуально – типологическими особенностями процессов восстановления и использования функциональных резервов организма [9]. К таким особенностям относятся, например, циркадные ритмы, обусловленные чередованием периодов, оптимальных для восстановления резервов организма и периодов, наиболее благоприятных для учебной (или иной) деятельности в течение суток. В связи с этим у человека выявляются следующие устойчивые типы суточной активности: утренние («жаворонки»); смешанные («миксты» или «голуби») и вечерние («совы») [10]. Утренний тип характеризуется более эффективной синхронизацией регуляторных процессов в первой половине дня и большей активностью в этот период. Вечерний тип, соответственно, проявляет большую активность во второй половине дня, а смешанный тип характеризуется двумя сопоставимыми пиками активности в течение суток, характерных как для утреннего, так и для вечернего типов [8].

Одним из наиболее чувствительных индикаторов адаптационных процессов в организме является функциональная система регуляции кровообращения [11]. Благодаря этому для измерения степени напряжения функциональных систем из характеристик сердечного ритма выделяют ряд показателей, несущих существенную информацию о функциональном состоянии организма в целом [12]. В зависимости от индивидуально-типологических особенностей реакции организма в ответ на внешнее воздействие будут различными [8]. По этой причине изучение процесса адаптации, в различные периоды обучения в условиях вуза, с учетом индивидуальных особенностей организма является актуальным для понимания процесса формирования срочных и долговременных адаптивных реакций индивида.

### Материалы и методы исследования

Были исследованы студенты 2 курса численностью 46 человек в различные периоды обучения: в осенний период (3 неделя октября – 3 неделя ноября) и в летний период в конце учебного года после экзаменов (3–4 неделя июня). Исследование проводилось в первой половине дня.

Изучались особенности адаптации на основе оценки функционирования сердечнососудистой системы при помощи программно-аппаратного комплекса «Ortoexpert» [13].

При анализе рассматривались следующие показатели функционирования системы кровообращения:

– Мода ( $M_o$ , сек.) – наиболее часто встречающиеся значения кардиоинтервалов. За  $M_o$  принимают начальное значение диапазона, в котором отмечается наибольшее число кардиоинтервалов. Этот показатель указывает на

наиболее вероятный уровень функционирования синусового узла, обусловленный влиянием гуморальных механизмов регуляции сердечного ритма.

–  $AM_o$  (%) – амплитуда моды – выраженное в процентах число значений интервалов, соответствующих моде; отражает стабильность синусового ритма, обусловленного, главным образом, влиянием симпатического звена регуляции.

– Вариационный размах ( $\Delta X$ , сек.) – максимальная амплитуда колебаний значений кардиоинтервалов. Этот показатель можно считать связанным с состоянием парасимпатического отдела, т. к. дыхательные изменения сердечного ритма (СР) обычно преобладают над не дыхательными, и максимальный разброс значений кардиоинтервалов наблюдается в диапазоне дыхательных волн [13].

– Индекс напряжения регуляторных систем ( $I_n$ , усл. ед.). Интегральный показатель вычисляется по формуле:  $I_n = AM_o \div 2M_o \times \Delta X$

Индекс напряжения отражает соотношение центральных и периферических механизмов регуляции и, таким образом, отражает степень напряжения кардиорегуляторных систем, которая, в свою очередь, характеризует выраженность реакции стресса [14; 15].

Анализировались спектральные (частотные) свойства сердечного ритма. В рамках международного стандарта [16] в сердечном ритме выделяют следующие показатели:

– Общая мощность спектра (ТР) отражает суммарное влияние регуляторных систем и общий адаптационный резерв [17; 18].

– Высокочастотные волны («дыхательные» HF) соответствуют колебаниям в диапазоне 0,4–0,15 Гц связаны с дыхательной аритмией сердечного ритма и отражают относительный уровень активности парасимпатического влияния, как правило, наибольшей мощности достигает в состоянии покоя. Низкие значения этого показателя свидетельствуют о подавлении активности дыхательного центра другими звеньями регуляции.

– Низкочастотные волны (LF) соответствуют колебаниям в диапазоне 0,04–0,15 Гц; обусловлены влиянием вазомоторного центра мозга. В большинстве случаев увеличение активности низкочастотных волн указывает на смещение вегетативного баланса в сторону увеличения симпатических влияний вегетативной нервной системы.

– VLF (очень низкочастотные волны или низкочастотные волны второго порядка) – спектральная составляющая сердечного ритма в диапазоне 0,05–0,015 Гц, отражающая влияние на сердечный ритм активности высших нервных центров. Амплитуда VLF тесно связана с психоэмоциональным напряжением и функциональным состоянием коры головного мозга. Рост мощности VLF на фоне снижения мощности более высокочастотных волн, как правило, свидетельствует о напряжении резервов функциональной системы кровообращения [19].

В ходе выполнения исследования изучался тип суточной работоспособности при помощи теста – опросника Хорна-Остберга, в результате которого были выделены три группы студентов: с утренним, вечерним и смешанным типом суточной работоспособности.

Полученные результаты обрабатывались методами статистического анализа в программе STATISTICA 10.

### Результаты исследования и их обсуждение

В результате проведённого анализа нами были выявлены следующие отличия в показателях вариационной пульсометрии в реакции на ортопробу в начале и конце учебного года. У студентов, исследуемых в летний период, было отмечено изменение показателя амплитуды моды (амплитуда моды составляла в среднем 37 % в покое и 56 % в ортостазе), в то время как в группе студентов, обследуемых в осенний период этот показатель практически не изменился в ответной реакции на ортопробу (42 % до и 43 % после в среднем) (табл. 1). Также к концу учебного года наблюдается тенденция к уменьшению значения показателя моды (как в покое, так и в ортостазе).

Изменение данных показателей свидетельствует о более сильной активации симпатического отдела вегетативной нервной системы в ответ на функциональную пробу среди студентов, обследуемых в летний период по сравнению с осенним периодом. Выявлено, что в состоянии покоя у студентов, обследованных осенью, активность симпатических влияний на сердечный ритм выше, чем в летний период. В то же время увеличение симпатических влияний в ответ на функциональную пробу выражено сильнее у студентов, обследованных после сессии.

В летний период отмечено достоверное различие в соотношении значения вариационного размаха в покое и

Таблица 1. Различия между исследуемыми показателями студентов КемГУ в летний и осенний периоды обучения  
Table 1. Differences between the studied indicators of Kemerovo State University students in the summer and autumn periods

Показатель	Начало учебного года	Конец учебного года
Мода в покое, сек.	0,819±0,023	0,782±0,031
Амплитуда моды в покое, %	42,083±2,936	37,75±2,837
Индекс напряжения в покое, у. е.	131,063±20,285	107,783±19,755
Вариационный размах в покое, сек.	0,28±0,028	0,287±0,039
Мода в ортостазе, сек.	0,664±0,014	0,617±0,0225
Амплитуда моды в ортостазе, в %	43,583±3,196*	56±4,518*
Индекс напряжения в ортостазе, у. е.	191,113±35,258	338,992±77,466
Вариационный размах в ортостазе, сек.	0,273±0,035	0,239±0,063
Отношение ампл. моды в ортостазе к амплитуде моды в покое, у. е.	1,142±0,11*	1,526±0,1*
Отношение вариационного размаха в ортостазе к вариационному размаху в покое, у. е.	1,095±0,157*	0,873±0,221

Прим.: \*: достоверные отличия в исследуемых периодах обучения при  $p < 0.05$ .

после пробы. Так, после проведения активной ортостатической пробы наблюдалось снижение данного показателя (с 0,287 сек. в покое, до 0,239 сек. в ортостазе), в то время как у студентов, обследуемых в осенний период, сильных колебаний не выявлено (0,280 сек. в покое и 0,273 сек. в ортостазе). Полученные данные свидетельствуют о том, что как в летний, так и в осенний периоды, фиксировалось снижение активности парасимпатического отдела вегетативной нервной системы в ответ на функциональную пробу, но летом данное снижение активности было более выражено, что может свидетельствовать о снижении функциональных резервов и активации восстановительных процессов к концу учебного года.

Анализ интегрального показателя индекса напряжения (*Ин* усл. ед.) позволил выявить различия в степени напряжения регуляторных систем в разные периоды обучения: в осенний период установлено, что *Ин* в среднем составил 131 условную единицу в покое и 191 условную единицу в ортостазе, в то время как летом реакция на ортопробу более выражена: 108 условных единицы в покое и 339 в ортостазе. В осенний период обучения величина *Ин*, отражающая степень централизации управления сердечным ритмом свидетельствует о преобладании влияния автономного контура управления процессами адаптации и говорит о недостаточности регуляторных влияний автономных механизмов. В конце года данные анализа индекса напряжения свидетельствуют о незначительном сниже-

нии напряжения регуляторных систем организма в состоянии покоя, за счёт роста активности парасимпатических ( $\Delta X$ ) и снижения активности симпатических влияний (*АМо*), однако при проведении функциональной пробы фиксируется чрезмерно энергозатратная реакция, что свидетельствует о выраженной стресс-реакции организма в ответ на внешнее воздействие и об активации центрального контура регуляции, усилении симпатических воздействий на регуляцию сердечного ритма (*Ин*, *X*, *АМо*).

При рассмотрении показателей частотного анализа кардиоритма у лиц с различным типом суточной работоспособности достоверные различия были получены только при анализе волновых характеристик: выявлены различия в спектральных характеристиках сердечного ритма у лиц с вечерним типом работоспособности, по сравнению со смешанным типом. Так, кроме увеличения высокочастотной составляющей спектра (HF), характерного для всех студентов, обследованных летом, у лиц с вечерним типом работоспособности наблюдается и тенденция к увеличению мощности низкочастотных волн второго порядка (VLF), что свидетельствует о росте степени влияния центральных механизмов регуляции на сердечный ритм, и снижению мощности низкочастотных волн первого порядка (LF), отражающих активность вазомоторного центра регуляции и симпатических влияний вегетативной нервной системы (табл. 2).

Таблица 2. Различия между частотными характеристиками спектра студентов КемГУ в летний и осенний периоды обучения

Table 2. Differences between the frequency characteristics of the spectrum of Kemerovo State University students in the summer and autumn periods

Показатель	Группа	Начало учебного года	Конец учебного года
Общая мощность (TP)	Микст	5814,83±915,63	6481,08±1243,57
	Совы	5822,86±1196,76	6618,50±2787,57
Очень низкочастотные волны (VLF)	Микст	2788,75±470,22	2786,75±564,22
	Совы	2874,57±867,13	3750,25±1492,19
Низкочастотные волны (LF)	Микст	1867,75±322,99	1846,08**±414,25
	Совы	1824,43*±349,03	973,50***±207,89
Высокочастотные волны (HF)	Микст	1158,33±229,56	1848,25±597,37
	Совы	1123,86±326,14	1894,75±1195,21
LF/HF	Микст	2,338±0,365	2,113±0,490
	Совы	1,999±0,344	1,833±0,984

Прим.: \* достоверные отличия в исследуемых периодах обучения при  $p < 0.05$  между разными периодами обучения, \*\* достоверные отличия в исследуемых периодах обучения при  $p < 0.05$  между разными типами суточной работоспособности.

Полученные данные указывают на то, что возросшие парасимпатические влияния (увеличение высокочастотной составляющей спектра HF) компенсируются не за счёт увеличения активности симпатических влияний сосудодвигательного центра, а за счёт возрастающей активности центральных механизмов регуляции (на это указывает рост спектральной мощности медленных волн второго порядка VLF). Это может свидетельствовать как о большей степени угасания «адаптационного следа» среди лиц с вечерним типом работоспособности, так и о некоторых предпосылках к развитию дезадаптационного состояния в связи с тем, что у «сов» на момент обследования (в утренние часы) ещё не в полной мере запустились стратегические механизмы симпатического воздействия на регуляцию сердечного ритма и процесса адаптации [20].

### Заключение

Результаты проведенного исследования позволяют предположить, что у студентов, обследованных в осенний период, увеличена активность адаптационных механизмов стратегического типа и в значительной степени поддержание гомеостаза происходило за счёт низших звеньев нервной и гуморальной регуляции, с более высоким уровнем функциональных резервов, участвующих в формировании успешной адаптации к учебному процессу. У студентов в конце учебного года признаки долговременной адаптации менее выражены, в связи с чем организм реагирует на функциональную пробу активнее, в большей степени включая механизмы, с усилением активации центрального контура регуляции, что свидетельствует о снижении активности стратегических механизмов адаптации и, как следствие, угасании структурного следа долговременной адаптации к концу учебного года. Это указывает на то, что летом менее выражены механизмы долговременной адаптации, что приводит с одной стороны, к более эффективному восстановлению функциональных резервов в состоянии покоя, но с другой стороны, – к менее энергоэффективной, для кардиореспираторной системы и

организма в целом, реакции на нагрузку. Вероятно, это происходит за счет того, что после сдачи сессии был значительно ослаблен эмоциональный стресс, вызванный процессом обучения и сдачи сессии, в результате чего организм ослабил активность гомеостатических механизмов, необходимых для поддержания адаптации к процессу обучения, что позволяет восстанавливать энергетические резервы стратегических механизмов адаптации, затраченные в период сдачи сессии. В итоге к моменту проведения измерений «адаптационный след» к процессу обучения был ослаблен и, поэтому в процессе поддержания гомеостаза были задействованы срочные механизмы адаптации. В результате мы наблюдали «гиперреакцию» срочных механизмов адаптации в ответ на функциональную пробу в виде ортостаза.

Установлено, что процессы адаптации в осенний период обучения характеризуются сбалансированным влиянием симпатической и парасимпатической вегетативной нервной системы на сердечный ритм как в покое, так и в ответ на нагрузку. Регуляторная функция осуществляется преимущественно за счет автономного контура и стратегических механизмов адаптации. Данные результаты свидетельствуют о достаточном для осуществления учебной деятельности уровне адаптационного потенциала у студентов [21]. В конце учебного года наблюдается смещение вегетативного баланса в сторону преобладания симпатических влияний и активации центрального контура регуляции в ответ на нагрузку на фоне мобилизации пластических и энергетических ресурсов.

Показано, что у обучающихся, с различным типом суточной активности, процессы адаптации имеют свою специфику: у лиц с утренним и смешанным типом работоспособности к концу учебного года наблюдалось увеличение активности парасимпатических влияний вегетативной нервной системы на сердечный ритм. Одновременно у лиц с вечерним – регуляция симпато-адреналовой системы как в состоянии покоя, так и в ответ на внешнее воздействие, осуществлялась с включением центральных

механизмов адаптации, что может свидетельствовать о рассогласованности влияний вегетативной нервной системы в период после сдачи сессии. Это может свидетельствовать, с одной стороны, о большей цене адаптации для лиц с вечерним типом работоспособности в период сдачи

сессии (экзамены проводились в утренние часы), и с другой, – о более выраженных процессах восстановления в момент измерения (исследование также проводилось в утренние часы).

## Литература

1. Руднева Е. Л., Казин Э. М., Касаткина Н. Э., Красношлыкова О. Г., Свиридова И. А., Семенкова Т. Н., Панина Т. С., Айзман Р. И., Литвинова Н. А., Яницкий М. С., Блинова Н. Г., Морозова И. С., Лесникова С. Л. Онтогенез. Адаптация. Здоровье. Образование: учебно-методический комплекс. Книга III: Адаптация и здоровье студентов: учебно-методическое пособие / отв. ред. Э. М. Казин. Кемерово: Изд-во КРИПКиПРО, 2011. 627 с.
2. Казин Э. М., Лурье С. Б., Селятицкая В. Г. Адаптация и здоровье. Теоретические и прикладные аспекты: коллективная монография. 2-е изд., с изм. и доп. / отв. ред. Э. М. Казин. Кемерово: Изд-во КРИПКиПРО, 2008. 299 с.
3. Михайлова Л. А., Чеснокова Л. Л., Кимяева С. И. Вариабельность сердечного ритма у лиц юношеского возраста // Материалы XXIII съезда Физиологического общества имени И. П. Павлова: сборник трудов конференции (18–22 сентября 2017). Воронеж, 2017. С. 935–936.
4. Салова Ю. П. Биоритмологический подход как технология здоровьесбережения // Проблемы развития культуры и спорта в новом тысячелетии. 2014. Т. 1. № 1. С. 166–168.
5. Власенко Н. Ю., Макарова И. И., Аксенова А. В. Исследование антропометрических особенностей и показателей вариабельности сердечного ритма у пожарных-спасателей // Вестник Тверского государственного университета. Серия: Биология и экология. 2016. № 3. С. 7–17.
6. Бухтияров И. В., Юшкова О. И., Матюхин В. В., Кузьмина Л. П., Капустина А. В., Порошенко А. С., Калинина С. А., Ониани Х. Т. Физиологические особенности формирования психоэмоционального перенапряжения у работников умственного труда и его профилактика // Российский физиологический журнал им. И. М. Сеченова. 2014. Т. 100. № 11. С. 1324–1334.
7. Lazarus R. S. Stress and emotion // XIX Internanional. Congress, 19-a Short Symposium, L., 1969.
8. Казначеев В. П. Современные аспекты адаптации. Новосибирск: Наука, 1980. 192 с.
9. Авдеева Н. А. Биоритмы и учебная деятельность школьников // Научный медицинский вестник. 2016. №3 (5). С. 6–11.
10. Halberg F., Reinberg A. Rythmes circadiens et rythmes de basses frequencis en physiologic humaine // J. Physiol. (France). 1967. Vol. 59. Suppl. I. P. 117–120.
11. Баевский Р. М. Теоретические и прикладные аспекты оценки и прогнозирования функционального состояния организма при действии факторов длительного космического полёта. Режим доступа: [http://www.imbp.ru/webpages/win1251/science/uchsov/docl/2005/baevski\\_speach.html](http://www.imbp.ru/webpages/win1251/science/uchsov/docl/2005/baevski_speach.html) (дата обращения 03.10.2017).
12. Баевский Р. М. Прогнозирование состояний на грани нормы и патологии. М.: Медицина, 1979. 298 с.
13. 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. 54–58.
14. Баевский Р. М., Иванов Г. Г., Чирейкин Л. В. Анализ вариабельности сердечного ритма при использовании различных электрокардиографических систем // Вестник аритмологии. 2002. № 24. С. 65.
15. Нечаев В. И., Коновалов В. Н., Грязнов В. К. Математический анализ сердечного ритма в практике спорта высших достижений // Юбилейный сборник трудов ученых РГАФК, посвященный 80-летию академии. М., 1998. Т. 2. С. 128–135.
16. Heart rate variability. Standards of measurement, physiological interpretation, and clinical use. Task Force of The European Society of Cardiology and The North American Society of Pacing and Electrophysiology (Membership of the Task Force listed in the Appendix). European Heart Journal. 1996. № 17. P. 354–381.
17. Баевский Р. М. Кибернетический анализ процессов управления сердечным ритмом // Актуальные проблемы физиологии и патологии кровообращения. М.: Медицина, 1976. С. 161–175.
18. Флейшман А. Н. Медленные колебания гемодинамики. Теория, практическое применение в клинической медицине и профилактике. Новосибирск: Наука, 1999. 264 с.
19. Галеев А. Р. Использование показателей сердечного ритма для оценки функционального состояния школьников с учётом их возрастных особенностей и уровня двигательной активности: дис. канд. биол. наук; Кемеровский государственный университет. Кемерово, 1999. 158 с.
20. Зенина О. Ю., Макарова И. И., Игнатова Ю. П., Аксенова А. В. Хронофизиология и хронопатология сердечно-сосудистой системы (обзор литературы) // Экология человека. 2017. № 1. С. 25–33.
21. Федоров А. И., Казин Э. М., Селятицкая В. Г., Овчишникова О. В. Использование модели физиологического мониторинга для комплексной оценки адаптивных возможностей учащихся в процессе образовательной деятельности. Сообщение II. Особенности гормонального психовегетативного статуса у подростков, проживающих в разных социально-экологических условиях // Физиология человека. 2002. Т. 28. № 6. С. 64–68.

## HEART RATE REGULATION IN STUDENTS IN DIFFERENT PERIODS OF TRAINING

Aleksandr I. Fedorov<sup>1, @1</sup>, Pavel Iu. Zarchenko<sup>1, @2</sup>, Viktoriia S. Ponomareva<sup>1, @3</sup>, Nina V. Nemolochnaia<sup>1, @4</sup>

<sup>1</sup> Kemerovo State University, 6, Krasnaya St., Kemerovo, Russia, 650000

@<sup>1</sup> valeol@kemsu.ru

@<sup>2</sup> kathibar@mail.ru

@<sup>3</sup> vika.stud2014@yandex.ru

@<sup>4</sup> nina-nem@mail.ru

Received 05.12.2017. Accepted 27.12.2017.

**Keywords:** adaptation, stress at work, vegetative regulation, students, cardio rhythm, diurnal performance.

**Abstract:** The article features a study of the peculiarities of heart rate regulation in 46 students in 2 stages of training: the beginning and the end of the academic year. The indices of variation pulsometry were analyzed at rest and in orthostasis, taking into account the type of daily activity. The data analysis has revealed signs of the extinction of the structural trace of long-term adaptation to the learning process in the group during the summer period. It is shown that in the end of academic year, compared with the autumn period, students demonstrate a decrease in sympathetic activity of the nervous system at rest, and the stress response to the study load is more pronounced. It was found out that those students who were examined in the autumn period formed a stable mechanism of vegetative regulation to educational activity and took place at the expense of the lower links of nervous and humoral regulation, with a higher level of functional reserves involved in the formation of successful adaptation to the academic process. It has been revealed that students with different types of daily activity demonstrate adaptation processes with their own specificity at the beginning and the end of the academic year: in individuals with an evening type in the summer period, sympathetic influences were predominantly determined by the central mechanisms of the regulation of the sympathetic adrenal system.

**For citation:** Fedorov A. I., Zarchenko P. Iu., Ponomareva V. S., Nemolochnaia N. V. Osobennosti reguliatsii serdechnogo ritma u studentov v razlichnye periody obucheniia [Heart Rate Regulation in Students in Different Periods of Training]. *Bulletin of Kemerovo State University. Series: Biological, Engineering and Earth Sciences*, no. 4 (2017): 15–21. DOI: 10.21603/2542-2448-2017-4-15-21.

### References

1. Rudneva E. L., Kazin E. M., Kasatkina N. E., Krasnoshlykova O. G., Sviridova I. A., Semenkova T. N., Panina T. S., Aizman R. I., Litvinova N. A., Ianitskii M. S., Blinova N. G., Morozova I. S., Lesnikova S. L. *Ontogenez. Adaptatsiia. Zdorov'e. Obrazovanie. Kniga III: Adaptatsiia i zdorov'e studentov* [Ontogenesis. Adaptation. Health. Education: teaching and methodical complex. Book III: Adaptation and health of students: a teaching aid]. Ed. Kazin E. M. Kemerovo: Izd-vo KRIPKiPRO, 2011, 627.
2. Kazin E. M., Lur'e S. B., Seliatitskaia V. G. *Adaptatsiia i zdorov'e. Teoreticheskie i prikladnye aspekty* [Adaptation and health. Theoretical and Applied Aspects second edition with changes and additions]. 2th ed. Ed. Kazin E. M. Kemerovo: Izd-vo KRIPKiPRO, 2008, 299.
3. Mikhailova L. A., Chesnokova L. L., Kimiaeva S. I. Variabil'nost' serdechnogo ritma u lits iunosheskogo vozrasta [Variability of heart rhythm in adolescents]. *Materialy XXIII s'ezda Fiziologicheskogo obshchestva imeni I. P. Pavlova (18–22 sentiabria 2017): sbornik trudov konferentsii* [Proc. XXIII Congress of the Pavlov Physiological Society (September 18–22 2017): Proc. Conf.]. Voronezh, 2017, 935–936.
4. Salova Iu. P. Bioritmologicheskii podkhod kak tekhnologiia zdorov'esberezheniia [Biorhythmological approach as a technology of health saving]. *Problemy razvitiia kul'turyi sporta v novom tysiacheletii = Problems of the development of culture and sport in the new millennium*, 1, no. 1 (2014): 166–168.
5. Vlasenko N. Iu., Makarova I. I., Aksenova A. V. Issledovanie antropometricheskikh osobennostei i pokazatelei variabel'nosti serdechnogo ritma u pozharnykh-spasatelei [Study of anthropometric features and heart rate variability in firefighters-rescuers]. *Vestnik Tverskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Biologiia i ekologiia = Bulletin of Tver State University. Series: Biology and Ecology*, no. 3 (2016): 7–17.
6. Bukhtiarov I. V., Iushkova O. I., Matiukhin V. V., Kuz'mina L. P., Kapustina A. V., Poroshenko A. S., Kalinina S. A., Oniani Kh. T. Fiziologicheskie osobennosti formirovaniia psikhoemotsional'nogo perenapriazheniia u rabotnikov umstvennogo truda i ego profilaktika [Physiological features of the formation of psychoemotional overstrain in mental workers and its prevention]. *Rossiiskii fiziologicheskii zhurnal im. Sechenova I. M. = Russian Journal of Physiology (formerly I. M. Sechenov Physiological Journal)*, 100, no. 11 (2014): 1324–1334.
7. Lazarus R. S. Stress and emotion. *XIX International. Congress, 19-a Short Symposium*. L., 1969.
8. Kaznacheev V. P. *Sovremennye aspekty adaptatsii* [Modern aspects of adaptation]. Novosibirsk: Nauka, 1980, 192.

9. Avdeeva N. A. Bioritmy i uchebnaia deiatel'nost' shkol'nikov [Biorhythms and educational activity of schoolchildren] *Nauchnyi meditsinskii vestnik = Scientific medical Herald*, no. 3(5): 6–11.
10. Halberg F., Reinberg A. Rythmes circadiens et rythmes de basses frequences en physiologic humaine. *J. Physiol. (France)*, 1, no. 59 (1967): 117–120.
11. Baevskii R. M. *Teoriticheskie i prikladnye aspekty otsenki i prognozirovaniia funktsional'nogo sostoianiia organizma pri deistvii faktorov dlitel'nogo kosmicheskogo poleta* [Theory and applied aspects of estimation and prediction of the functional state of the organism under the action of long-term space flight factors]. Available at: [http://www.imbp.ru/webpages/win1251/science/uchsov/doc1/2005/baevski\\_speach.html](http://www.imbp.ru/webpages/win1251/science/uchsov/doc1/2005/baevski_speach.html) (accessed 03.10.2017).
12. Baevskii R. M. *Prognozirovanie sostoianii na grani normy i patologii* [Prediction of states on the verge of norm and pathology]. Moscow: Meditsina, 1979, 298.
13. Galeev A. R., Igisheva L. N., Kazin E. M. Variabel'nost' serdechnogo ritma u zdorovykh detei v vozraste 6–16 let [Heart rate variability in healthy children aged 6–16 years]. *Fiziologiya cheloveka = Physiology of man*, 28, no. 4 (2002): 54–58.
14. Baevskii R. M., Ivanov G. G., Chireikin L. V. Analiz variabil'nosti serdechnogo ritma pri ispol'zovanii razlichnykh elektrokardiograficheskikh sistem [Analysis of heart rate variability with the use of various electrocardiographic systems]. *Vestnik aritmologii = Herald of arrhythmology*, no. 24 (2002): 65.
15. Nechaev V. I., Konovalov V. N., Griaznov V. K. Matematicheskii analiz serdechnogo ritma v praktike sporta vysshikh dostizhenii [Mathematical analysis of the heart rhythm in the practice of sport of higher achievements]. *Iubileinyi sbornik trudov uchenykh RGAFK, posviashchennyi 80-letiiu akademii* [Jubilee collection of works of scientists RGAFK, dedicated to the 80th anniversary of the Academy]. Moscow, vol. 2 (1998): 128–135.
16. Heart rate variability. Standards of measurement, physiological interpretation, and clinical use. Task Force of The European Society of Cardiology and The North American Society of Pacing and Electrophysiology (Membership of the Task Force listed in the Appendix). *European Heart Journal*, no. 17 (1996): 354–381.
17. Baevskii R. M. Kiberneticheskii analiz protsessov upravleniia serdechnym ritmom [Cybernetic analysis of the processes of controlling the heart rate]. *Aktual'nye problemy fiziologii i patologii krovoobrashcheniia* [Actual problems of the physiology and pathology of blood circulation]. Moscow: Meditsina, 1976, 161–175.
18. Fleishman A. N. *Medlennye kolebaniia gemodinamiki. Teoriia, prakticheskoe primenenie v klinicheskoi meditsine i profilaktike* [Slow oscillation of hemodynamics. Theory, practical application in clinical medicine and prevention]. Novosibirsk: Nauka, 1999, 264.
19. Galeev A. R. *Ispol'zovanie pokazatelei serdechnogo ritma dlia otsenki funktsional'nogo sostoianiia shkol'nikov s uchetom ikh vozrastnykh osobennostei i urovnia dvigatel'noi aktivnosti*. Diss. kand. biol. nauk [The use of heart rate indicators to assess the functional status of schoolchildren, taking into account their age characteristics and level of motor activity. Cand. biol. Sci. Diss.]. Kemerovo State University. Kemerovo, 1999, 158.
20. Zenina O. Iu., Makarova I. I., Ignatova Iu. P., Aksenova A. V. Khronofiziologiya i khronopatologiya serdechno-sosudistoi sistemy (obzor literatury) [Chronophysiology and chronopathology of the cardiovascular system (literature review)]. *Ekologiya cheloveka = Human Ecology*, no. 01 (2017): 25–33.
21. Fedorov A. I., Kazin E. M., Seliatitskaia V. G., Ovchinikova O. V. *Ispol'zovanie modeli fiziologicheskogo monitoringa dlia kompleksnoi otsenki adaptivnykh vozmozhnostei uchashchikhsia v protsesse obrazovatel'noi deiatel'nosti. Soobshchenie II Osobnosti gormonal'nogo psikhovegetativnogo statusa u podrostkov, prozhivaiushchikh v raznykh sotsial'no-ekologicheskikh usloviakh* [Use of the model of physiological monitoring for a comprehensive assessment of the adaptive abilities of students in the educational process. Report II. Features hormonal psycho-vegetative status in adolescents living in different socio-environmental conditions]. *Fiziologiya cheloveka = Human Physiology*, 28, no. 6 (2002): 64–68.