

УДК 612.821

**ДИНАМИКА ВАРИАБЕЛЬНОСТИ СЕРДЕЧНОГО РИТМА СТУДЕНТОВ
И ШКОЛЬНИКОВ АРЗАМАСА В ПРОЦЕССЕ УЧЕБНОЙ НАГРУЗКИ**

© 2007 г.

*Л.М. Статуева¹, С.А. Сабурцев¹, В.Н. Крылов^{1,2}*¹ Арзамасский государственный педагогический институт им. А.П. Гайдара² Нижегородский госуниверситет им. Н.И. Лобачевскогоkfg@bio.unn.ru*Поступила в редакцию 4.06.2007*

Изучены показатели variability сердечного ритма (ВСР) школьников и студентов г. Арзамаса в процессе обучения. Сравнительный анализ динамики исследованных параметров выявил особенности ВСР в зависимости от возраста, специфики обучения и реагирования на учебную нагрузку. Показано, что у студентов, по сравнению со школьниками, преобладает парасимпатический тонус в центральном контуре сердечного ритма. Наиболее оптимальным типом реагирования является парасимпатический, т.к. уравнивает чрезмерный повреждающий эффект симпатoadренальной системы в стрессовой ситуации.

Интенсификация учебного процесса, широкое использование различных педагогических инноваций приводят к несоответствию учебной нагрузки функциональным возможностям организма и развитию напряжения адаптационных механизмов. Ключевое значение приобретает развитие детей в кризисные или узловые периоды жизни, во время которых формирование функциональных и морфологических новообразований происходит гораздо интенсивнее, чем в стабильные возрастные периоды [1–3]. Параллельно с завершающимися физиологическими перестройками дети вступают в период окончания школы и поступления в учебные заведения. В ситуации экзаменов и перехода из привычной обстановки школы в новую, с совершенно другими требованиями и нагрузкой, у них происходит перестройка адаптивных механизмов организма. В многочисленных физиолого-гигиенических исследованиях, проведенных в последние годы, отмечается ухудшение функционального состояния организма подростков в процессе адаптации к учебной деятельности [4–7].

Однако имеется противоположная точка зрения о том, что при оптимизации всего процесса обучения в школе повышенный уровень учебной нагрузки не вызывает каких-либо негативных сдвигов в морфофункциональном развитии организма детей [8].

В последние годы получены убедительные доказательства того, что экзаменационный стресс оказывает негативное влияние на

нервную, сердечно-сосудистую и иммунную системы учащихся. В период экзаменационной сессии у студентов и школьников регистрируются выраженные нарушения вегетативной регуляции сердечно-сосудистой системы [9–12]. Всё это позволяет предположить, что исследования психофизиологической адаптации школьников и студентов в различных условиях обучения являются актуальными на сегодняшний день.

Целью настоящего исследования явилось изучение изменения вегетативного статуса старшеклассников и студентов к различным системам обучения с использованием методики оценки variability сердечного ритма. Считается, что адаптация организма к факторам эмоционального напряжения осуществляется взаимодействием симпатического и парасимпатического отделов вегетативной нервной системы [13]. Определение variability сердечного ритма (ВСР) (выраженность колебаний частоты сердечных сокращений по отношению к его среднему уровню) признано наиболее информативным неинвазивным методом оценки состояния вегетативной регуляции сердечно-сосудистой системы [11]. Известно, что изменение ритма сердца – это универсальная реакция целостного организма в ответ на воздействия внешней и внутренней среды, отражающая результат многочисленных регуляторных влияний на сердечно-сосудистую систему. Считается, что иерархическая структура уровней регуляции включает нервный аппарат самого сердца – подкорковые нервные центры, высшие вегетативные центры и, возможно, кору

головного мозга. Числовыми характеристиками ВСР являются: мода – значение наиболее часто встречающегося кардиоинтервала (M_0), амплитуда моды – доля подобных кардиоинтервалов (AM_0), вариационный размах (dx). По данным вариационной пульсометрии вычисляется ряд вторичных показателей: индекс напряжения регуляторных систем (ИН), индекс вегетативного равновесия (ИВР), показатель адекватности процессов регуляции (ПАПР), вегетативный показатель ритма (ВПР) [11, 13]. В отечественной литературе широкое применение нашел показатель «индекс напряженности регуляторных систем» (ИН, «стресс-индекс»), который явился достаточно чувствительным индикатором общей активации симпатической системы организма, происходящей при физической деятельности, эмоциональном стрессе, ряде соматических и психических заболеваний [13, 14]. Установлено, что ИН является весьма чувствительным маркером стресса, вызванного самыми разными причинами: необходимостью решения математических задач в условиях дефицита времени, заболеванием сердечно-сосудистой системы, экзаменационным стрессом.

Методика

В исследовании принимали участие студенты трёх факультетов Арзамасского государственного педагогического института: физико-математического, естественно-географического и психолого-педагогического, а также учащиеся МОУ лицей г. Арзамаса и средней общеобразовательной школы № 2. В МОУ лицей обучение идёт следующим образом: 10 «А» класс – с углублённым изучением математики, 10 «В» класс – с углублённым изучением физики. Было обследовано 54 школьника в возрасте 15–16 лет, 49 студентов I курса и 39 старшекурсников.

Оценка функционального состояния регуляторных механизмов ритма сердца осуществлялась компьютерной программой PULS, позволяющей регистрировать временные интервалы между волнами пульсограммы или между комплексами зубцов QRS электрокардиограммы. Программа работает с периферийным устройством «Монитор сердечного ритма РС-3» (производитель «SIGMA SPORT», Германия), подключенным к порту LPT 1.

Обработка экспериментального материала и статистический анализ по t-критерию Стьюдента были проведены с помощью

программы «Биостатистика». Математическая обработка включала расчет моды (M_0) и её амплитуды (AM_0), вариационного размаха (dx) и индекса напряжения (ИН):

$$\text{ИН} = AM_0 / 2dxM_0.$$

Исследования проводились в трёх экспериментальных ситуациях: 1 – в условиях обычного учебного дня, 2 – до экзамена, 3 – после экзамена.

Результаты исследования и их обсуждение

Считая ИН одним из основных показателей, отражающих степень централизации управления сердечным ритмом, мы условно приняли следующие градации вегетативного типа регуляции: ваготоники ($\text{ИН} < 60$ усл. ед.), нормотоники ($60 \leq \text{ИН} \leq 140$ усл. ед.) и симпатотоники (> 140 усл. ед.).

Распределив школьников и студентов по вегетативным типам регуляции, мы получили следующие данные, представленные в таблице 1.

Из таблицы видно, что среди детей, обучающихся по программе лицей, больше симпатотоников по сравнению с детьми, обучающимися по обычной программе, количество учащихся с нормотоническим типом регуляции во всех группах примерно одинаково. Некоторое преобладание симпатического тонуса в центральном контуре сердечного ритма у учащихся МОУ лицей можно объяснить большей нагрузкой и усложнённой программой по сравнению с программой обычной школы.

У первокурсников аналогичное распределение оказалось иным: среди студентов естественно-географического и физико-математического факультетов больше встречается ваготоников (21.43% и 38.89% соответственно) и симпатотоников (16.67% и 21.43%) по сравнению с психолого-педагогическим факультетом.

В дальнейшем, в процессе обучения, происходит увеличение числа студентов с ваготоническим типом регуляции ритма сердца независимо от принадлежности к факультету. Это позволяет предположить, что период адаптации закончен, и абитуриенты больше не испытывают такого эмоционального напряжения, как на I курсе, выражающегося в достоверном понижении напряжения регуляторных механизмов сердечно-сосудистой системы

(ЕГФ – 47.06%; физмат – 37.5%; ППФ – 33.33%).

Следующим этапом работы было выявление изменений ВСР при напряжённой умственной нагрузке. Анализ полученных данных, представленных в таблице 2, показал, что ученики общеобразовательной школы отвечают на экзаменационный стресс достоверными повышениями ИН, АМо, ИВР и ПАПР с одновременным понижением Мо, dx и ВПР. Это говорит о напряжении адаптационных механизмов сердечно-сосудистой системы. Различия же средних значений показателей сердечного ритма у лицеистов оказались незначительными и недостоверными. У учащихся 10 «А» класса ИН снизился на 11.4%, а у 10 «В» повысился на 31.6%. Остальные показатели остались почти без изменений. Это позволяет нам предположить, что система лицейского образования и окружающая их обстановка благоприятно влияют на организм учащихся, а конкретно на их сердечно-сосудистую систему, и экзамен для них не

является сильным стрессовым фактором.

Поскольку в формировании характера вегетативного обеспечения сердечной деятельности учащихся основную роль играет индивидуальная реакция организма на экзаменационный стресс, дальнейшая оценка проводилась по индивидуальным данным, сгруппированным по качественным градациям.

В предэкзаменационный период распределение школьников в зависимости от величины ИН значительно менялось (таблица 1). Среди лицеистов увеличивалось число детей со сниженным уровнем активации сердечной системы (10 «А» – до 28.57% от исходных 7.69%, 10 «В» – до 33.33% от исходных 15.38%), снижалось число учащихся с нормальным типом регуляции сердечной деятельности (на 11% и 37.18% соответственно). В общеобразовательном классе распределение испытуемых в предэкзаменационный период было следующим: ваготоников стало 16.67% (при 27.78% в обычный день), число нормотоников

Таблица 1

Соотношение испытуемых (%) по вегетативным типам регуляции в динамике учебного процесса

	10 «А» (лицей)	10 «В» (лицей)	10 кл. (с.ш. № 2)	1 к. физ.-мат.	1 к. ЕГФ	1 к. ППФ	5 к. физ.-мат.	5 к. ЕГФ	3 к. ППФ
обычный день									
ваготоники	7.69	15.38	27.78	35.29	21.43	16.67	37.5	47.06	33.33
нормотоники	53.85	53.85	55.55	47.06	50	66.66	37.5	47.06	50
симпатотоники	38.46	30.77	16.67	17.65	28.57	16.67	25	5.88	16.67
перед экзаменом									
ваготоники	28.57	33.33	16.67	13.33	33.33	25	12.5	7.1	16.67
нормотоники	42.86	16.67	50	46.67	33.34	50	62.5	14.33	41.66
симпатотоники	28.57	50	33.33	40	33.33	25	25	78.57	41.66
после экзамена									
ваготоники	62.5	54.55	50	33.33	75	50	50	21.43	58.33
нормотоники	37.5	27.27	38.89	53.34	8.33	50	37.5	14.28	25
симпатотоники	–	18.18	11.11	13.33	16.67	–	12.5	64.29	16.67

Таблица 2

Средние значения показателей сердечного ритма школьников на разных стадиях образовательного процесса

Показатели	Период обследования		
	обычный день (I)	до экзамена (II)	после экзамена (III)
МОУ СОШ №2			
АМо, %	38.11 ± 2.261	42.61 ± 3.366**	35.89 ± 2.114 ⁺⁺
dx, сек	0.341 ± 0.019	0.28 ± 0.021**	0.336 ± 0.022 ⁺⁺
ИН, усл.ед.	91.66 ± 12.42	154.6 ± 26.08**	88.12 ± 13.24 ⁺⁺
ЧСС, уд./мин	84.94 ± 3.556	86.7 ± 3.269*	80.51 ± 2.519 ⁺⁺
10 «А» класс			
АМо, %	41.92 ± 3.847	40.5 ± 4.844	31.25 ± 2.789 ⁺⁺
dx, сек	0.284 ± 0.022	0.287 ± 0.024	0.381 ± 0.04 ⁺⁺
ИН, усл.ед.	140.3 ± 26.2	124.3 ± 29.93	60.19 ± 12.25 ⁺⁺
ЧСС, уд./мин	92.26 ± 4.51	82.79 ± 4.246**	73.14 ± 2.973 ⁺⁺
10 «В» класс			
АМо, %	43.85 ± 3.639	43.83 ± 7.613	35.55 ± 3.654 ⁺
dx, сек	0.296 ± 0.022	0.283 ± 0.045	0.318 ± 0.02 ⁺
ИН, усл.ед.	132.7 ± 23.88	174.6 ± 56.75*	90.13 ± 23.03 ⁺⁺
ЧСС, уд./мин	88.49 ± 3.814	91.6 ± 6.178	78.21 ± 4.029 ⁺⁺

Примечание: * – $p \leq 0,05$; ** – $p \leq 0,001$ – различия между I и II группами

почти не изменилось (50% от исходных 55.55%).

Распределение учащихся по указанным градациям показало, что среди учеников лица существенно увеличилось количество детей с ваготоническим типом регуляции сердечно-сосудистой системы за счёт уменьшения числа нормотоников. А увеличение числа

снижение dx (ППФ на 6.8%, ЕГФ на 5.3% и физмат на 11.6%).

Проследив индивидуальную реакцию на экзаменационный стресс, мы выявили, что среди студентов ППФ и ЕГФ увеличивается число ваготоников (на 8.33% и 11.9% соответственно) и симпатотоников (на 8.3% и 4.8% соответственно) при снижении числа

Таблица 3

Средние значения показателей сердечного ритма первокурсников на разных стадиях образовательного процесса

Показатели регуляции	Период обследования		
	обычный день	до экзамена	после экзамена
ППФ I курс			
АМо, %	36.92 ± 2.353	39.12 ± 5.235	34.25 ± 2.975 ⁺
dx, сек	0.308 ± 0.018	0.287 ± 0.029	0.362 ± 0.035 ⁺⁺
ИН, усл.ед.	95.67 ± 14.3	115.3 ± 24.21*	74.4 ± 14.17 ⁺⁺
ЧСС, уд./мин	86.34 ± 3.391	91.4 ± 5.451*	79.67 ± 3.006 ⁺⁺
ЕГФ I курс			
АМо, %	42.36 ± 3.278	37.17 ± 3.927**	31 ± 3.908 ⁺⁺
dx, сек	0.321 ± 0.025	0.304 ± 0.032	0.383 ± 0.032 ⁺⁺
ИН, усл.ед.	117.9 ± 18.27	121.8 ± 29.97	74.97 ± 19.31 ⁺⁺
ЧСС, уд./мин	91.74 ± 2.988	80.61 ± 5.327**	80.33 ± 3.578
физмат I курс			
АМо, %	37.59 ± 2.894	43.27 ± 4.199**	35.67 ± 2.94 ⁺⁺
dx, сек	0.320 ± 0.023	0.283 ± 0.025**	0.333 ± 0.022 ⁺⁺
ИН, усл.ед.	100.1 ± 16.09	159 ± 31.01**	87.34 ± 13.36 ⁺⁺
ЧСС, уд./мин	89.22 ± 4.263	94.59 ± 2.88**	83.35 ± 2.376 ⁺⁺

Примечание: Обозначения см. в табл. 1.

симпатотоников среди учеников МОУ СОШ № 2 произошло за счёт уменьшения испытуемых – ваготоников (таблица 1).

Динамика изменений показателей ВСР у студентов 1 курса по сравнению со школьниками показала, что в предэкзаменационный период на физико-математическом факультете было самое большое увеличение ИН (на 58.9 усл. ед.) по сравнению с другими факультетами (таблица 3). У всех первокурсников наблюдались качественно однонаправленные изменения средних значений статистических параметров ИН. На психолого-педагогическом факультете он возрстал до 115.3 усл. ед. (при 95.67 усл. ед. в обычный учебный день), на естественно-географическом факультете – до 121.8 усл. ед. (при норме 117.9 усл. ед.), а на физико-математическом до 159 усл. ед. (при норме 100.1 усл. ед.). Данные изменения свидетельствуют о развитии у подростков состояния эмоционального напряжения, вызванного ожиданием предстоящего экзамена. На это указывало и наблюдаемое в этот период

нормотоников (на 16.7%) (таблица 1). У студентов физико-математического факультета наблюдалась иная картина. При увеличении числа симпатотоников до 40% (17.65% в обычный учебный день) наблюдалось снижение студентов с ваготоническим типом регуляции сердечной деятельности до 13.33% (35.29% в обычный учебный день) и сохранении нормотоников на исходном уровне.

Аналогичные сдвиги показателей наблюдались и среди старшекурсников: уровень ИН повышался у студентов ППФ до 243.1 усл. ед. (105.5 усл. ед. в обычный учебный день), ЕГФ – до 321.9 усл. ед. (71.05 усл. ед. в обычный учебный день), физмата – до 151.5 усл. ед. (100.7 усл. ед. в обычный учебный день) за счёт усиления активности симпатического контура регуляции сердечного ритма (АМо) соответственно на 20.2%, 59.2%, 16.4% и снижения dx на 6%, 42%, 8%, а также увеличения ИВР до 265.7 усл. ед. (148 усл. ед. в обычный учебный день), 346.9 усл. ед. (105 усл. ед. в обычный учебный день) и 198.1 усл. ед. (140 усл. ед. в обычный учебный день) соответственно, что

свидетельствует о напряжении адаптационных механизмов.

Анализируя изменения вегетативного статуса старшекурсников, мы получили, что на всех трёх факультетах наблюдается резкое снижение числа ваготоников (ППФ – на 16.66%, ЕГФ – на 40%, физмат – на 25 %). Среди студентов ППФ и ЕГФ обнаруживается ещё и увеличение симпатотоников до 41.66 % (при норме 16.67%) и 78.57% (при норме 5.88%) соответственно на фоне снижения числа нормотоников. На физико-математическом факультете складывается несколько иная картина: увеличивается количество нормотоников (на 25%) при сохранении числа симпатотоников на неизменном уровне. Такие изменения, по всей вероятности, обусловлены различной степенью выраженности реакции функциональных систем испытуемых на предстоящий экзамен.

Анализ изменений ВСР после экзамена не выявил существенных различий в восстановлении показателей сердечного ритма и вегетативного статуса как у школьников, так и у студентов. На фоне понижения средних значений ИН, АМо, ВПР, ИВР и ПАПР наблюдались достоверные повышения значений Мо и dx (таблицы 1–3). В постэкзаменационный период во всех классах и курсах происходит увеличение числа ваготоников за счёт о снижения числа симпатотоников. Высокая вариативность R-R интервалов у испытуемых свидетельствует об относительно слабой централизации управления сердечным ритмом и преобладании парасимпатического тонуса в пределах автономного контура регуляции.

Заключение

Сравнительный анализ динамики исследованных параметров выявил особенности ВСР в зависимости от возраста, специфики обучения и реагирования на учебную нагрузку. Среди лицейстов идёт некоторое преобладание симпатического тонуса в центральном контуре сердечного ритма, что можно объяснить большей нагрузкой и усложнённой программой по сравнению с программой обычной школы. К старшим курсам увеличивается количество студентов с ваготоническим типом регуляции ритма сердца, что говорит завершении периода адаптации, и учащиеся не испытывают такого эмоционального напряжения, как на первом курсе. При напряжённой умственной нагрузке у учащихся общеобразовательной школы происходит увеличение активности

симпатического отдела ВНС, тогда как у лицейстов различия средних значений показателей сердечного ритма оказались незначительными и недостоверными, что позволяет нам предположить, что система лицейского образования способствует лучшей адаптации к экзаменационному стрессу.

У студентов первых и старших курсов наблюдались качественно однонаправленные изменения средних значений показателей сердечного ритма независимо от принадлежности к факультету, что свидетельствует о развитии состояния эмоционального напряжения, вызванного предстоящим экзаменом. Причём у старшекурсников показания ИН были значительно выше по сравнению с первокурсниками. По окончании экзаменов у всех испытуемых, независимо от возраста и направленности обучения, происходило увеличение числа ваготоников. Наблюдаемое парасимпатическое влияние в постэкзаменационный период является одним из факторов индивидуальной устойчивости к возможным отрицательным изменениям сердечно-сосудистой системы в условиях эмоционального напряжения. Оно уравнивает чрезмерный повреждающий эффект симпатoadренальной системы в стрессовой ситуации.

Список литературы

1. Бальсевич В.К. Онтокинезиология человека. – М.: Теория и практика физической культуры, 2000. – 275 с.
2. Безруких М.М., Любомирский Л.Е. Возрастные особенности организации и регуляции произвольных движений у детей и подростков // Физиология развития ребёнка: теоретические и прикладные аспекты. – М.: Образование от А до Я, 2000. – С. 239.
3. Тупицын И.О. Возрастная динамика и адаптационные изменения сердечно-сосудистой системы школьников: Дис... докт. мед. наук. – М., 1986. – 242 с.
4. Агаджанян Н.А., Руженкова И.В., Старшинов Ю.П. и др. Особенности адаптации сердечно-сосудистой системы юношеского организма // Физиология человека. – 2000. – Т. 23, № 1. – С. 93.
5. Безруких М.М. Особенности регуляции сердечного ритма у школьников в 16 лет под влиянием учебных занятий // Физиология человека. – 1989. – Т. 15, № 2. – С. 85.
6. Казин Э.М., Иванов В.И., Литвинова Н.А. и др. Влияние психофизиологического потенциала на адаптацию к учебной деятельности // Физиология человека. – 2002. – Т. 28, № 3. – С. 23.

7. Тарасова О.Л. Особенности психофизиологической адаптации к учебной деятельности у подростков с различным типом вегетативной регуляции: Автореферат дис... канд. мед. наук. – Томск, 1998.
8. Бухаринова Ж.В. Физиологическая оценка адаптации школьников к условиям учебной нагрузки в условиях инновационных педагогических технологий: Дисс... канд. биол. наук. – Чебоксары, 1998. – 186 с.
9. Геворкян Э.С., Минасян С.М., Адамян Ц.И. и др. Особенности регуляции ритма сердца абитуриентов при вступительных экзаменах // Физиология человека. – 2004. – Т. 30, № 3. – С. 54.
10. Даян А.В., Оганнисян А.О., Геворкян Э.С. и др. Реакция сердечной деятельности старшеклассников школ с дифференцированным обучением на экзаменационный стресс // Физиология человека. – 2003. – Т. 29, № 2. – С. 37.
11. Ноздрачёв А.Д., Щербатых Ю.В. Современные способы оценки функционального состояния автономной (вегетативной) нервной системы // Физиология человека. – 2001. – Т. 27, № 6. – С. 95.
12. Фаустов А.С., Щербатых Ю.В. Динамика изменений функционального состояния нервной системы у студентов во время учёбы // Гигиена и санитария. – 2000. – № 6. – С. 33.
13. Баевский Р.М. Анализ variability сердечного ритма в космической медицине // Физиология человека. – 2002. – Т. 28, № 2. – С. 71.
14. Щербатых Ю.В. Саморегуляция вегетативного гомеостаза при эмоциональном стрессе // Физиология человека. – 2000. – Т. 26, № 5. – С. 93.

**DYNAMICS OF HEART-RATE VARIABILITY OF ARZAMAS STUDENTS
AND SCHOOLCHILDREN EXPOSED TO ACADEMIC STRESSES**

L.M. Statueva, S.A. Saburtsev, V.N. Krylov

We study the indices of heart-rate variability (HRV) of Arzamas students and schoolchildren in the course of training. The comparative analysis reveals the HRV features depending on the age, training characteristics, and response to academic stresses. The parasympathetic tonus in the heart-rate central contour is shown to prevail for students in comparison with schoolchildren. The parasympathetic response is optimal since it balances the excessive damaging effect of the sympathoadrenal system under stress conditions.