

UDC 612

**Adaptation of Regulatory Systems in Schoolchildren, Residing in Industrial Area**

- <sup>1</sup> Aiman E. Konkabaeva  
<sup>2</sup> Gulmira M. Tykezhanova  
<sup>3</sup> Rakhat T. Bodeeva  
<sup>4</sup> Akerke J. Sadykova  
<sup>5</sup> Sultan A. Kusherbaev

<sup>1-5</sup> Karaganda State University named on E.A.Buketov, Kazakhstan  
28, Universitetskaya street, Karaganda city, 100000

<sup>1</sup> Dr. (Medicine), Professor

E-mail: aiman54@mail.ru

<sup>2</sup> PhD (Biology), Assistant Professor

<sup>3</sup> PhD (Biology), Assistant Professor

<sup>4</sup> Research associate, bachelor

<sup>5</sup> PhD student

E-mail: kusherbaev\_sultan@mail.ru

**Abstract.** The article presents the results of the study of heart rate variability (HRT) in apparently healthy volunteers of both sexes without bad habits, aged 16-18, residing in industrial region (Temirtau) and the ones, studying under innovative technologies. HRT was registered with the help of computer-controlled devices "Varikard" (Russia). The changes of HRT spectral indexes towards integral impact of vegetative regulation mechanisms and parasympathetic activity decrease and regulatory systems overexertion, demanding correction methods implementation.

**Keywords:** heart rate variability; orthostatic test; response factor; schoolchildren.

**Введение.** Обеспечение адаптационных процессов в организме происходит, в первую очередь, нервным путём. Характер и уровень активности вегетативной нервной системы играет большую роль в процессах адаптации. При этом главной адаптивной системой, лимитирующей умственную и физическую работоспособность, является сердечно-сосудистая система (ССС) [1]. Наибольшие негативные изменения в функциональном состоянии организма школьников отмечены к концу учебного года, в большей степени феномены утомления проявляются в условиях инновационных систем обучения [2, 3]. Изучение индивидуальных и возрастно-половых особенностей механизмов вегетативной регуляции сердечного ритма по данным анализа вариабельности сердечного ритма является одним из путей к управлению здоровьем человека [4, 5], который позволяет не только качественно и количественно оценить дисфункцию ВНС, но и определить степень напряжения регуляторных систем [6]. Особое внимание привлекает школьный возраст, поскольку за период обучения в школе в 4-5 раз снижается доля здоровых детей. Одной из важных тем является изучение проблем адаптации школьников к интенсивным учебным нагрузкам. В связи с этим, целью нашего исследования было изучение физиологических механизмов адаптации ССС у школьников с интенсивными учебными и экологическими нагрузками.

**Материалы и методы.** Нами обследованы школьники – добровольцы, которые родились и проживают в промышленном регионе, где функционирует металлургический комбинат (г.Темиртау). Контингент обследованных составили 60 практически здоровых юношей и девушек в возрасте от 16 до 18 года, идентичных по социальному статусу и обучающихся в школах нового типа (гимназия). Контрольная группа сформирована из гимназистов (20 чел.), проживавших в юго-восточном районе г. Караганды, где нет промышленных объектов. В связи с повышенной нагрузкой на регуляторные системы, школьники старших классов являются группой риска по срыву адаптации в учебном процессе. В соответствии с задачами эксперимента проводилась оценка вегетативного статуса школьников и параметров их кардиореспираторной системы. Анализ

вариабельности сердечного ритма проводился по методике Р.М. Баевского. Запись и анализ вариабельности ритма сердца (ВРС) проводились на компьютеризированном комплексе «Варикард» («Рамена», Рязань) с учетом рекомендаций стандартов измерения, физиологической интерпретации и клинического использования вариабельности СР международного сообщества кардиологов. Исследование ВРС у каждого школьника выполнялось в положении лежа в покое (фоновая проба) и затем в вертикальном положении (активная ортостатическая проба). Параметры ВРС регистрировали в течение 5 мин и рассчитывали на компьютере по специальной программе. Для характеристики ортопробы вычислялся показатель К30:15 и коэффициент реакции. Статистическую обработку результатов проводили с использованием пакета прикладных программ Microsoft Excel 2007.

### Результаты исследований и их обсуждение.

При спектральном анализе ВРС установлено, что показатель общей мощности спектра (TP) у девушек из 10 и 11 классов по сравнению с нормативными величинами не имел достоверных различий и составил  $3424,1 \pm 257,7$  и  $3773,7 \pm 191,1$  соответственно (табл. 1). У юношей из 10 класса этот показатель был значительно выше, чем у 11-классников ( $P \leq 0,001$ ). В целом, TP находился в пределах нормативных величин.

Относительное значение HF, отражающего фоновую парасимпатическую активность, у школьников 10 класса из г. Темиртау соответствовало нормативным величинам, однако в группе из 11 класса HF составил у девушек  $23,23 \pm 9,18\%$  ( $1239,1 \pm 118,3$ ), у юношей –  $16,22 \pm 8,74\%$  ( $2591,9 \pm 183,0$ ), что является свидетельством снижения активности парасимпатического отдела вегетативной нервной системы. Показатель низкочастотной составляющей спектра нейрогуморальной регуляции (LF) у девушек и юношей из 11 класса составлял:  $51,18 \pm 9,81\%$  и  $56,75 \pm 11,81\%$  соответственно. Показатель очень низких частот спектра находился в пределах нормы. Полученные результаты отражают фоновое снижение интегрального влияния вегетативных механизмов регуляции на синусовый ритм с преобладанием симпатической активности. Доминирование LF-диапазона указывает на состояние мобилизации резервов организма при адаптации к нагрузкам ценой больших энергозатрат, что подтверждается показателями индекса напряжения регуляторных систем (стресс-индекс). Так, у девушек и юношей 10 класса средние значения SI составили  $321 \pm 85,53$  у.е. и  $287,5 \pm 60$  соответственно. Результаты значительно превышают диапазон нормальных значений (30 – 120 у.е.) и контроль ( $P \leq 0,001$ ), который составлял  $84,6 \pm 25,7$  у юношей и  $78,6 \pm 17,8$  у девушек.

Таблица 1

### Средние значения показателей спектрального анализа вариабельности ритма сердца у школьников 10-11 классов

| Показатели | 10 класс (n=20)     |                       | 11 класс (n=20)     |                     |
|------------|---------------------|-----------------------|---------------------|---------------------|
|            | Девушки             | Юноши                 | Девушки             | Юноши               |
| TP         | $3424,1 \pm 257,71$ | $8480,7 \pm 645,30^*$ | $3773,7 \pm 191,10$ | $3069,3 \pm 144,18$ |
| VLF        | $474,58 \pm 99,90$  | $1855,1 \pm 162,82$   | $828,28 \pm 217,81$ | $712,4 \pm 118,93$  |
| LF         | $1561,8 \pm 131,21$ | $3517,9 \pm 314,21$   | $1727,3 \pm 553,50$ | $1669,7 \pm 438,93$ |
| HF         | $1239,1 \pm 118,30$ | $2591,9 \pm 183,0$    | $1093,5 \pm 307,20$ | $438,57 \pm 141,65$ |
| LF\HF      | $2,10 \pm 0,90$     | $1,40 \pm 0,46$       | $3,3 \pm 1,74^*$    | $5,94 \pm 2,83^*$   |
| VLF%       | $24,35 \pm 9,28$    | $23,44 \pm 13,47$     | $25,61 \pm 9,86$    | $27,04 \pm 12,14$   |
| LF%        | $46,15 \pm 7,28$    | $41,62 \pm 11,17$     | $51,18 \pm 9,81^*$  | $56,75 \pm 11,81^*$ |
| HF%        | $29,51 \pm 10,46$   | $34,93 \pm 9,32$      | $23,23 \pm 9,18^*$  | $16,22 \pm 8,74^*$  |
| SI         | $321 \pm 85,53^*$   | $287,5 \pm 60,11^*$   | $160,9 \pm 68,8^*$  | $205 \pm 54,6^*$    |

При определении индекса вагосимпатического взаимодействия (LF/HF) было выявлено значительное возрастание соотношения у юношей и девушек, обучающихся в 11 классе, которое составило  $5,94 \pm 2,83$  и  $3,3 \pm 1,74$  соответственно. Эти изменения также подтверждают более выраженную степень повышения тонуса симпатoadренальной системы.

При проведении активной ортостатической пробы (AoП) анализировались коэффициент К30:15 и коэффициент реакции. В группе школьников из 10 класса

нормальный показатель и условная норма были зафиксированы у 37,5 %, недостаточная реактивность отмечалась у 25 % девушек (Рис. 1). У 25 % юношей был выявлен нормальный показатель и в 37,5 % случаев условная норма и недостаточная реактивность вегетативной нервной системы. В группе школьников из 11 класса показатель был значительно ниже у девушек, так нормальный показатель К<sub>30:15</sub> не обнаружен у девушек, у юношей он наблюдался в 37,5 % случаев. Недостаточная реактивность отмечена у 25 % юношей и девушек (Рис. 2). Результаты анализа переходного периода АоП отражают уменьшение реактивности парасимпатического отдела ВНС у всех обследованных девушек из 11 класса и у большинства учеников обоего пола как из 11, так и из 10 класса. Это свидетельствует о большей выраженности активности симпатического отдела ВНС при активной ортостатической пробе и снижении суммарного воздействия симпатических и парасимпатических влияний на автоматизм синусового узла.

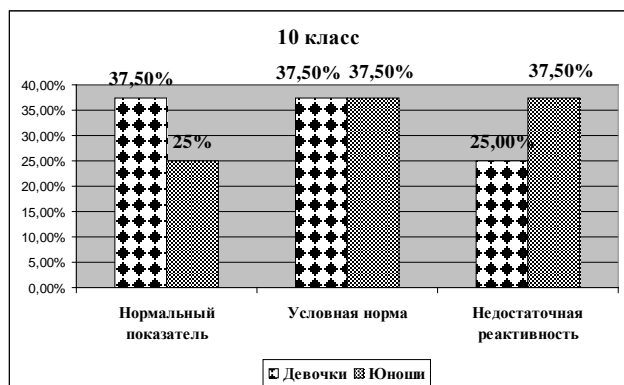


Рис. 1. Результаты переходного периода активной ортостатической пробы (К<sub>30:15</sub>) у школьников 10 класса

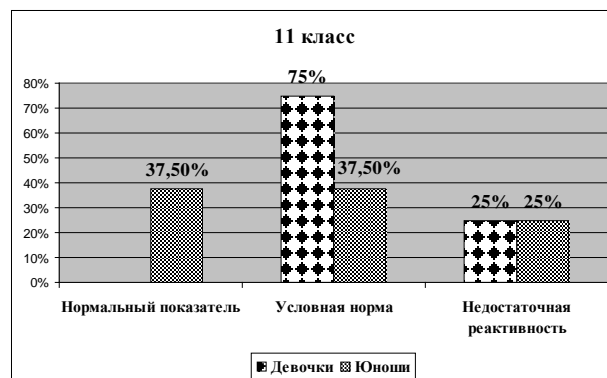


Рис. 2. Результаты переходного периода активной ортостатической пробы (К<sub>30:15</sub>) у школьников 11 класса

При определении коэффициента реакции выявлена сниженная реакция у 68,7 % школьников десятого и 87,5 % 11 классов. Более того, у школьников из 11 класса отмечена парадоксальная реакция в 12,5 % случаев, а нормальная реакция вообще отсутствовала (Рис. 3).

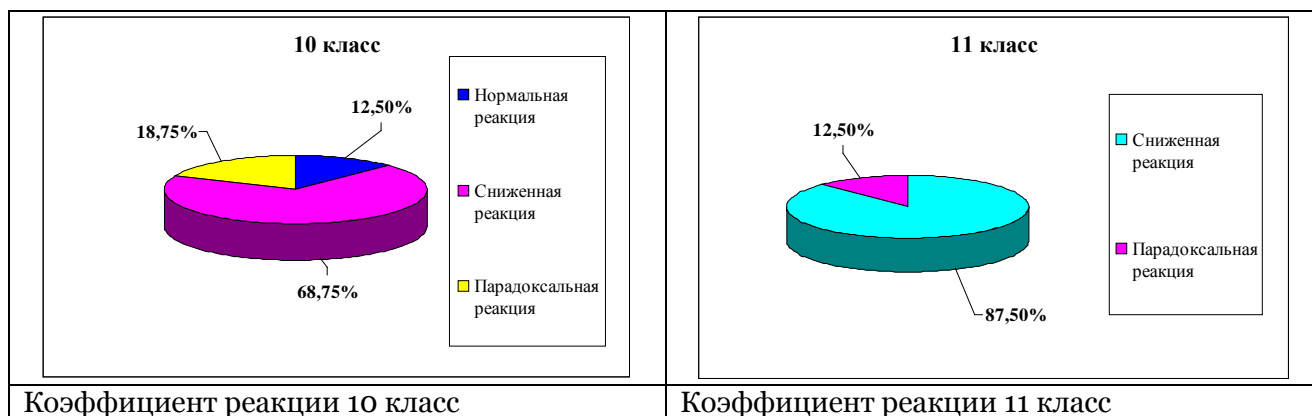


Рис. 3. Коэффициент реакции у школьников 10 и 11 классов

Определение показателя активности регуляторных систем (ПАРС) позволило выявить выраженное напряжение регуляции ССС (25 % обследованных) и перенапряжение (25 %), истощение – у 13 % обследованных 10-классников. В группе 11 класса состояние выраженного напряжения было отмечено у 31 % и перенапряжения – у 13 % обследованных.

**Заключение.** Таким образом, на основании полученных результатов можно сделать следующее заключение: интенсивные учебные нагрузки у школьников 10 и 11 классов гимназии на фоне неблагоприятной экологической ситуации обусловили развитие

компенсированного дистресса, когда адаптация к физическим или умственным нагрузкам сопровождается ценой больших энергозатрат и истощением жизненных сил. Снижение интегрального влияния вегетативных механизмов регуляции ССС и дисбаланс в сторону симпатической активности ведут к выраженному напряжению и перенапряжению регуляторных механизмов адаптации ССС, которые обнаружены у большинства обследуемых школьников и расцениваются как преморбидное состояние, требующее применения корректирующих мероприятий.

#### **Примечания:**

1. Баевский Р.М. Вариабельность сердечного ритма: теоретические аспекты и возможности клинического применения. М.: Медицина, 2000. 295 с.
2. Алексеева А.Е. Оценка качества жизни и образа жизни Псковских старшеклассников / Актуальные проблемы здоровья детей и подростков и пути их решения / Материалы 3-го всероссийского конгресса. М.: Изд-во научного центра здоровья детей, РАМН, 2012. С.49-51.
3. Силантьев М.Н. Особенности адаптации детей и подростков к инновационным образовательным технологиям // Вестник Адыгейского государственного университета. Серия 4: Естественно-математические и технические науки. 2007. №4. С. 168-175.
4. Баевский Р.М. Анализ вариабельности сердечного ритма при использовании различных электрокардиографических систем / Г.Г.Иванов, Л.В. Чирейкин // Вестник аритмологии. 2001. № 24. С.69-85.
5. Шлык Н.И. Сердечный ритм и тип регуляции у детей, подростков и спортсменов. Ижевск: Удмуртский университет, 2009. 255 с.
6. Галеев А.Р. Использование показателей сердечного ритма для оценки функционального состояния школьников с учётом их возрастных особенностей и уровня двигательной активности: Автореф. дисс. канд. биол. наук. Новосибирск, 1999. 20 с.

#### **References:**

1. Baevskii R.M. Variabel'nost' serdechnogo ritma: teoreticheskie aspekty i vozmozhnosti klinicheskogo primeneniya. M.: Meditsina, 2000. 295 s. (In rus.)
2. Alekseeva A.E. Otsenka kachestva zhizni i obraza zhizni Pskovskikh starsheklassnikov / Aktual'nye problemy zdorov'ya detei i podrostkov i puti ikh resheniya / Materialy 3-go vserossiiskogo kongressa. M.: Izd-vo nauchnogo tsentra zdorov'ya detei, RAMN, 2012. S.49-51. (In rus.)
3. Silant'ev M.N. Features adaptation of children and adolescents to innovative educational technologies // Vestnik Adygeiskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya 4: Estestvenno-matematicheskie i tekhnicheskie nauki. 2007. №4. S. 168-175. (In rus.)
4. Baevskii R.M. Analysis of heart rate variability using different electrocardiographic systems / G.G.Ivanov, L.V. Chireikin // Vestnik aritmologii. 2001. № 24. S.69-85. (In rus.)
5. Shlyk N.I. Serdechnyi ritm i tip regul'yatsii u detei, podrostkov i sportsmenov. Izhevsk: Udmurtskii universitet, 2009. 255 s. (In rus.)
6. Galeev A.R. Ispol'zovanie pokazatelei serdechnogo ritma dlya otsenki funktsional'nogo sostoyaniya shkol'nikov s uchetom ikh vozrastnykh osobennostei i urovnya dvigatel'noi aktivnosti: Avtoref. diss. kand. biol. nauk. Novosibirsk, 1999. 20 s. (In rus.)

УДК 612

### **Адаптация регуляторных систем организма у школьников, проживающих в промышленном регионе**

<sup>1</sup> Айман Ереженовна Конкабаева

<sup>2</sup> Рахат Тулеовна Бодеева

<sup>3</sup> Гульмира Менгалиевна Тыкежанова

<sup>4</sup> Акерке Жумабайкызы Садыкова

<sup>5</sup> Султан Асанбаевич Кушербаев

<sup>1-5</sup> Карагандинский государственный университет им. академика Е.А. Букетова, Казахстан  
100000, г. Караганда, ул. Университетская, 28

<sup>1</sup> Доктор медицинских наук, профессор

E-mail: aiman54@mail.ru

<sup>2</sup> Кандидат биологических наук, доцент

<sup>3</sup> Кандидат биологических наук, доцент

<sup>4</sup> Научный сотрудник, бакалавр

E-mail: akerke\_sadykova@mail.ru

<sup>5</sup> Магистрант

E-mail: kusherbaev\_sultan@mail.ru

**Аннотация.** В статье представлены результаты исследования variability сердечного ритма (ВРС) у практически здоровых добровольцев обоего пола в возрасте 16-18 лет, без вредных привычек, проживающих в индустриальном регионе (г.Темиртау) и обучающихся по инновационным технологиям. ВРС регистрировалась с помощью компьютеризированного комплекса «Варикард» (Россия). Были выявлены изменения спектральных показателей ВРС в сторону снижения интегрального влияния вегетативных механизмов регуляции и парасимпатической активности, а также перенапряжение механизмов функционирования регуляторных систем, требующих внедрения корректирующих мероприятий.

**Ключевые слова:** variability сердечного ритма; активная ортостатическая проба; коэффициент реакции; школьники.