

## ИЗМЕНЕНИЕ ФУНКЦИОНАЛЬНОГО СОСТОЯНИЯ ВЕГЕТАТИВНОЙ НЕРВНОЙ СИСТЕМЫ ШКОЛЬНИКОВ МЛАДШИХ КЛАССОВ В ПРОЦЕССЕ ОБУЧЕНИЯ

Букеева А.С.<sup>1</sup>, Риклефс И.М.<sup>1</sup>, Койчубеков Б.К.<sup>1</sup>, Риклефс В.П.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Республиканское государственное предприятие на праве хозяйственного ведения «Карагандинский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Республики Казахстан, Караганда, Республика Казахстан (100008, г. Караганда, ул. Гоголя, 40), e-mail: bukeeva@kgmu.kz

Проведен анализ функционального состояния вегетативной нервной системы детей младшего школьного возраста в течение учебного года. Степень адаптации школьников к учебным нагрузкам оценивалась по параметрам регуляции сердечного ритма. Различные звенья регулятивных систем детей изменяются по-разному в зависимости от пола и периода обучения. В начале учебного года отмечается невысокая степень активности всех уровней регуляции, при этом доминирующее влияние имеет симпатическая система, что выражается в повышении стресс-индекса, учащении и упорядочении сердечного ритма, снижении энтропии. Критическими точками адаптации школьников является обучение во 2-м и 4-м классах, особенно для девочек. Конец учебного года характеризуется положительной динамикой адаптации детей, исключение составляет обучение девочек в 4-м классе. Оптимальное состояние регуляторных систем достигается одновременной активацией парасимпатического и симпатического отделов вегетативной нервной системы у детей, сопровождающейся повышением энтропии, снижением частоты пульса.

Ключевые слова: школьники младших классов, вегетативная нервная система, система регуляции, сердечный ритм, адаптация.

## CHANGE OF THE FUNCTIONAL CONDITION OF AUTONOMOUS NERVOUS SYSTEM OF SCHOOL STUDENTS OF ELEMENTARY GRADES IN THE COURSE OF TRAINING

Bukeeva A.S.<sup>1</sup>, Riklefs I.M.<sup>1</sup>, Koychubekov B.K.<sup>1</sup>, Riklefs V.P.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Republican state enterprise on the right of economic maintaining "The Karaganda state medical university" Ministries of Health of the Republic of Kazakhstan, Karaganda, the Republic of Kazakhstan (100008, Karaganda, Gogol St., 40), an e-mail: bukeeva@kgmu.kz

The analysis of a functional condition of vegetative nervous system of younger school age's children within academic year is carried out. Extent of adaptation of school students to academic loads was estimated on parameters of regulation of a warm rhythm. Various links of regulatory systems of children change differently depending on a floor and the training period. At the beginning of academic year it was noted the low degree of activity of all levels of the regulation, the domain influence roles the sympathetic system, which is shows in stress index increasing, increase and streamlining of a warm rhythm, decrease in entropy. Critical points of adaptation of school students is training in the 2nd and 4th classes, especially for girls. The end of academic year is characterized by positive dynamics of children's adaptation, the exception makes training of girls in the 4th class. The optimum condition of regulatory systems is reached by simultaneous activation of parasympathetic and sympathetic departments of VNS at children, the entropy which was accompanied by increase, decrease of VP.

Keywords: school students of elementary grades, vegetative nervous system, regulation system, warm rhythm, adaptation.

### Введение

Сохранение психического и физического здоровья школьников младших классов является основой для успешного обучения и считается одной из главных задач, стоящих перед родителями, учителями, врачами.

Современное состояние среднего образования в Республике Казахстан, обусловленное требованиями времени, характеризуется повышенными информационными и эмоциональными нагрузками. Интенсификация учебного процесса уже в младших классах вызывает по-

стоянное психоэмоциональное напряжение, что может привести к изменению степени лабильности регуляторных систем и явиться причиной негативного воздействия на здоровье ребенка [4; 5].

Многие авторы при исследовании функционального состояния школьников не рассматривают связь между адаптацией и периодом обучения. Однако психоэмоциональное напряжение, связанное с учебными нагрузками, может зависеть от длительности и интенсивности действия факторов. Поэтому исследование адаптации детей в динамике важно для определения основных направлений профилактики.

Уровень активности вегетативной нервной системы (ВНС) рассматривают как одну из важных индивидуальных характеристик, формирующих тип реагирования организма на воздействие факторов среды, в том числе учебных нагрузок [3]. Состояние адаптационно-приспособительных механизмов вегетативной регуляции отражается в вариабельности сердечного ритма (ВСР) [1; 2]. Исходя из этого, оценка физиологических параметров регуляции сердечно-сосудистой системы является одним из информативных и безопасных методов изучения функционального состояния организма.

**Целью исследования** являлась динамика функционального состояния системы регуляции сердечного ритма детей младшего школьного возраста в течение учебного года.

#### **Материал и методы исследования**

В исследовании приняли участие 94 учащихся 1-4 классов школы-гимназии (43 мальчика и 51 девочка). Обследование проводилось дважды, в начале и в конце учебного года. На основе полученных 10-минутных записей кардиоинтервалограммы в состоянии покоя были оценены основные параметры ВСР: частота пульса, ЧП; стресс-индекс, SI; среднеквадратичная разностная характеристика, RMSSD; суммарная спектральная мощность ВСР, TP; спектральная мощность высокочастотного компонента ВСР, HF; спектральная мощность низкочастотного компонента ВСР, LF; спектральная мощность очень низкочастотного компонента ВСР, VLF; энтропия матрицы вероятности взаимных переходов RR-интервалов, H(M); энтропия матрицы вероятности взаимных переходов RR-интервалов выше диагонали, H(T); энтропия диагонали матрицы вероятности взаимных переходов (устойчивости ритма), H(D); энтропии матрицы вероятности взаимных переходов RR-интервалов ниже диагонали (эрготропных коррекций), H(E). Статистический анализ полученных результатов проводился непараметрическими методами с помощью критериев Манна-Уитни, Уилкоксона.

#### **Результаты исследования и их обсуждение**

Для определения уровня напряжения регуляторных систем организма младших школьников использовался стресс-индекс. В начале учебного года изменение данного параметра у учеников с первого по четвертый классы имеет волнообразный характер (рисунок 1).

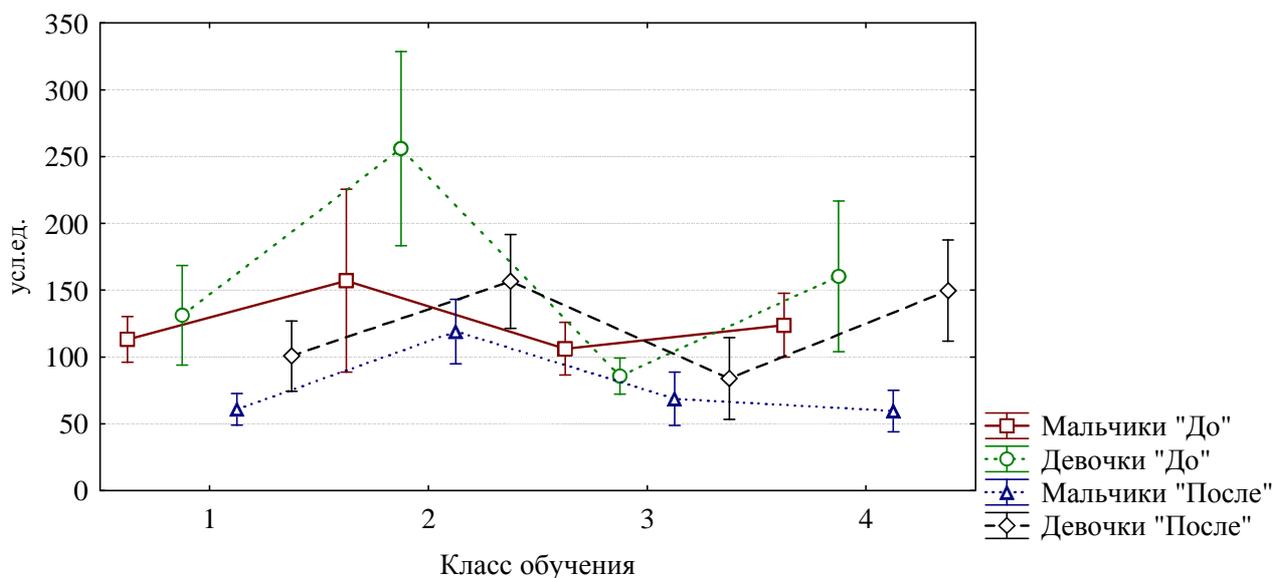


Рисунок 1 – Динамика SI в зависимости от пола и периода обучения

Значения SI у учеников 1-го класса в обеих половых группах находятся на одном уровне. У учеников 2-го класса SI выше и определенным образом зависит от пола. Так, у девочек он изменяется сильнее и становится выше по сравнению с группой мальчиков ( $p=0,04$ ). К третьему классу характерно снижение исследуемого параметра, статистически значимо в группе девочек ( $p=0,02$ ). К четвертому классу изменение уровня SI незначительно.

К концу учебного года SI в группе мальчиков снижается по отношению к началу учебного года, у учеников 3-го класса снижение имеет достоверный характер ( $p=0,02$ ). У девочек в конце учебного года сохраняется волнообразный характер изменения SI в зависимости от класса обучения, но с меньшей амплитудой, причем максимальное снижение показателя отмечено во 2-м классе ( $p=0,06$ ).

Таким образом, активность симпатического контура ВНС в группе мальчиков в начале учебного года не зависит от класса обучения, а в группе девочек отмечается повышение уровня показателя во 2-м классе. К концу учебного года уровень напряжения регуляторных систем имеет тенденцию к снижению. У девочек данный процесс происходит с разной степенью в зависимости от исходного состояния. Следует отметить, что активность симпатической нервной системы остается повышенной у девочек 4-го класса.

Параметр RMSSD в начале учебного года зависит от пола обследуемых (рисунок 2). У девочек данный параметр изменяется в противофазе показателю SI: ко 2-му классу происходит снижение, к 3-му классу статистически значимое увеличение ( $p=0,01$ ), и к 4-му классу вновь снижение. В группе мальчиков RMSSD изменяется синхронно с SI: ко 2-му классу повышается и становится статистически значимо выше, чем у девочек ( $p=0,04$ ), к 3-му классу снижается, и к 4-му классу остается практически без изменений.

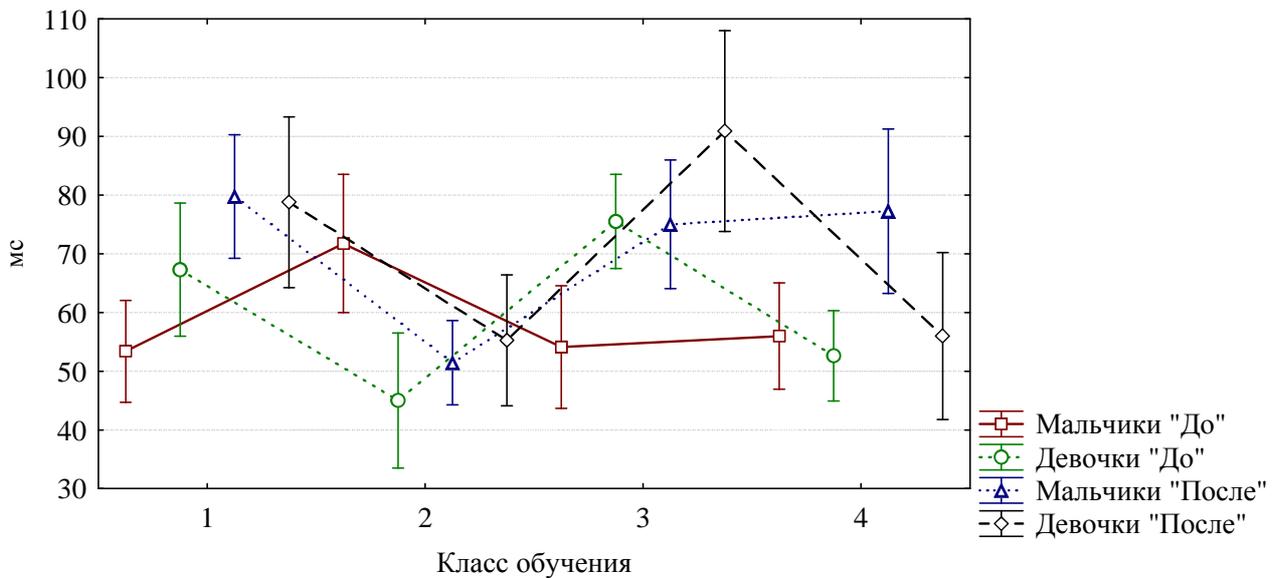


Рисунок 2 – Динамика RMSSD в зависимости от пола и периода обучения

Зависимость RMSSD от класса обучения в конце учебного года у девочек имеет лишь незначительную тенденцию к повышению. У мальчиков по сравнению с началом учебного года произошли перестройки в состоянии парасимпатической ВНС: в 1-м классе уровень RMSSD статистически значимо увеличился ( $p=0,02$ ), во 2-м классе, напротив, значительно уменьшился, в 3-м и 4-м классе значения увеличились по сравнению с исходным состоянием.

Анализ изменения RMSSD показал, что активность парасимпатического звена вегетативной нервной системы у мальчиков в начале учебного года изменялась синхронно с активностью симпатического звена. В остальных случаях активность автономного контура подавлялась при активации симпатического контура и наоборот. В итоге к концу учебного года у мальчиков уровень парасимпатической регуляции повысился, за исключением учеников 2-го класса. У девочек уровень активации парасимпатического звена к концу учебного года повысился по сравнению с исходным состоянием, достигнув максимального значения к 3-му классу, однако практически не изменился у учениц 4-го класса.

Результаты исследования спектральных характеристик ЧСС показали неоднозначную реакцию различных уровней систем регуляции ЧСС на учебные нагрузки в динамике у мальчиков и девочек (рисунок 3). В группе мальчиков в начале учебного года отмечается невысокий уровень мощностей всех волновых компонентов КИГ. Наиболее низкие значения данных показателей отмечены у девочек 2-го класса и имеют по сравнению с показателями учениц 3-го класса более низкие значения HF и TP ( $p=0,03$ ), LF и VLF ( $p=0,057$  и  $p=0,089$  соответственно).

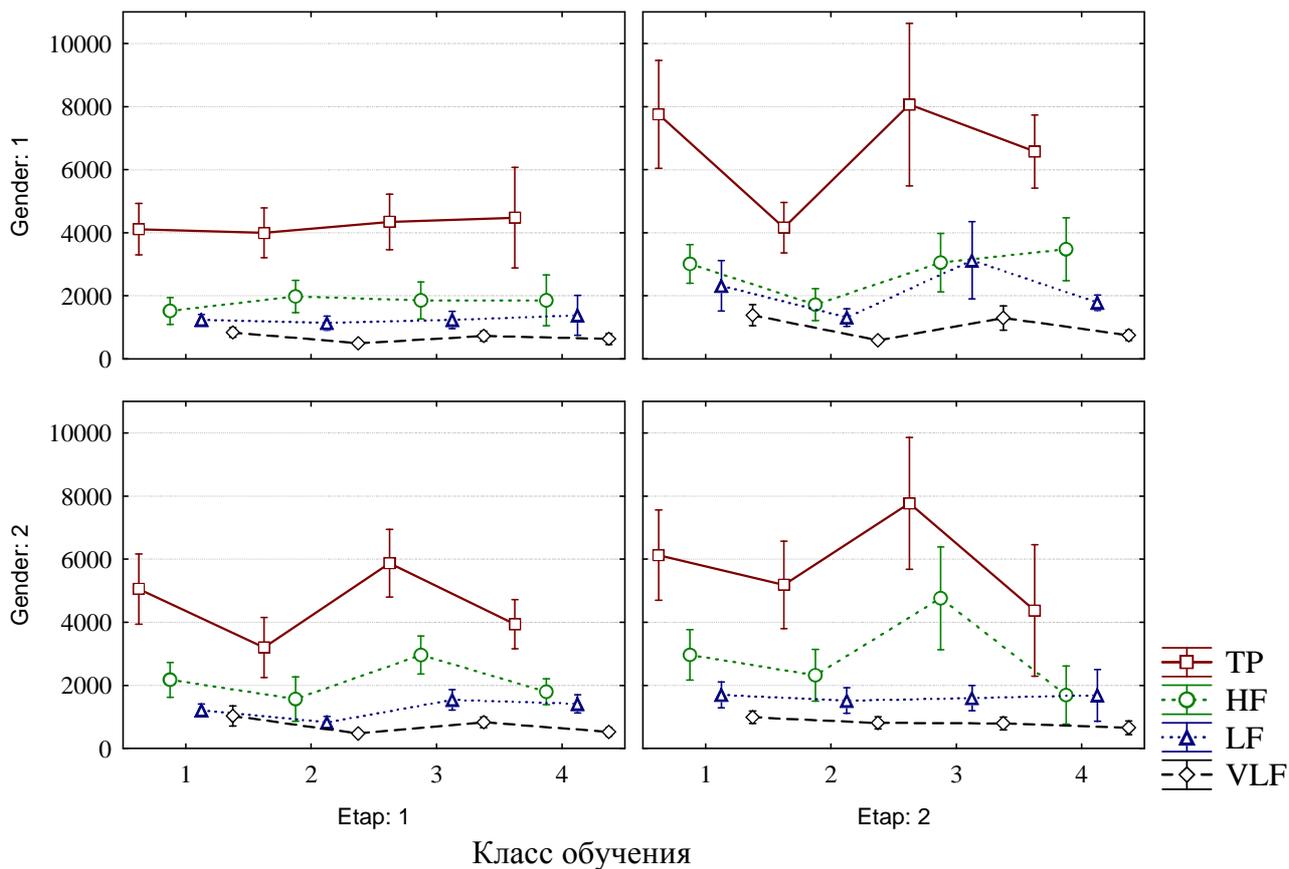


Рисунок 3 – Динамика спектральных компонент в зависимости от пола и периода обучения

К концу учебного года у мальчиков отмечен рост ряда параметров спектральной мощности: TP в 1, 3 классах ( $p=0,09$  и  $p=0,06$  соответственно) и незначительно в 4 классе; HF в 1 ( $p=0,09$ ) и 4 классах; LF в 3 классе ( $p=0,03$ ). Изменение параметра VLF в конце года привело к тому, что он стал во 2-м классе статистически значимо ниже по сравнению с первым ( $p=0,04$ ) и значительно ниже по сравнению с 3-м классом ( $p=0,06$ ). У девочек в конце учебного года по сравнению с его началом имеет место повышение мощности волн TP в 1, 2 ( $p=0,03$ ) и 3-м классе; HF в 1, 2 и 3-м классах, LF в 1-м и 2-м ( $p=0,01$ ) классах, VLF во 2-м классе ( $p=0,06$ ). Показатель HF в 4 классе остался без видимых изменений и по отношению к 3-му классу стал статистически значимо ниже ( $p=0,03$ ).

Таким образом, исследование частотных компонентов сердечного ритма показало, что активность различных звеньев регуляторных систем ЧСС зависит от пола и периода обучения. Так, в начале учебного года у мальчиков динамика спектральных характеристик практически не зависит от класса обучения, к концу учебного года суммарная мощность спектра и абсолютная мощность всех составляющих спектра ВСР возрастает за исключением лиц, обучающихся во 2-м классе. Для девочек в начале учебного года характерна более низкая активность систем регуляции во 2-м и 4-м классах. К концу учебного года абсолютная мощность

спектральных показателей сердечного ритма возросла, только в 4-м классе осталась без изменений. Следует отметить, что основное изменение суммарной мощности происходит в основном за счет мощности дыхательных волн.

Результаты анализа энтропийных показателей выявили различную динамику в зависимости от пола и периода обучения. Так, у мальчиков в начале года уровень значения энтропии в динамике практически не изменяется.

К концу учебного года энтропийные показатели существенно повышаются у учеников 1-го класса ( $H(E) - p=0,067$ ,  $H(T) - p=0,04$ ), 3-го класса ( $H(E) - p=0,067$ ,  $H(M) - p=0,067$ ) и 4-го класса. У мальчиков, обучающихся во втором классе, отмечено отсутствие динамики энтропии и более низкий ее уровень, чем в первом классе ( $H(M) - p=0,088$ ,  $H(E) - p=0,029$ ),  $H(T) - p=0,04$ ), а также чем в третьем классе ( $H(M) - p=0,04$ ,  $H(E) - p=0,064$ ).

В группе девочек энтропийные показатели в 1-м классе находятся на том же уровне, что и в группе мальчиков, однако ко 2-му классу энтропия снижается, различие по большинству из показателей является достоверным по сравнению с 1-м классом ( $H(M) - p=0,03$ ,  $H(E) - p=0,025$ ,  $H(T) - p=0,056$ ,  $H(D) - p=0,038$ ), а также по сравнению с группой мальчиков ( $H(M) - p=0,018$ ,  $H(E) - p=0,023$ ,  $H(T) - p=0,098$ ). В 3-м классе уровень энтропии повышается по сравнению со 2-м классом ( $H(M) - p=0,04$ ,  $H(E) - p=0,06$ ), достигая или превышая уровня 1-го класса. Повторное снижение энтропийных показателей происходит в 4-м классе, хоть и не столь выраженное, как во 2-м классе.

Общая картина поведения энтропийных показателей в группе девочек в конце учебного года не изменилась, только во 2-м классе их уровень статистически значимо повышается по сравнению с началом учебного года ( $H(M) - p=0,03$ ,  $H(E) - p=0,02$ ,  $H(T) - p=0,038$ ).

Согласно представлениям о функциональной системе, усиление управляющих воздействий приводит к упорядочению динамики регулируемого параметра, уменьшению энтропии. Следовательно, возрастание энтропии свидетельствует об ослаблении центральных влияний на сердечный ритм, что наблюдается в группе мальчиков к концу учебного года, за исключением учеников 2-го класса. В группе девочек наименьшие значения энтропийных показателей регистрируются во 2-м классе, и относительно невысокие значения в 4-м классе, что говорит об активации центральных механизмов регуляции в данных группах. К концу учебного года уровень энтропии во 2-м классе увеличивается, однако не достигает значений соответствующих показателей учеников 1-го и 3-го классов. Активность центральных влияний на сердечный ритм у мальчиков 4-го класса остается на прежнем уровне.

Изменение интегрального показателя ЧП свидетельствует об отсутствии перехода на новый уровень регуляции ЧСС как у лиц разного пола, так и в зависимости от класса обучения. Но сохранение прежнего уровня регуляции ЧСС достигается различным характером тонкой

перестройки.

### **Заключение**

Таким образом, анализ функционального состояния системы регуляции сердечного ритма показал, что в процессе адаптации к учебным нагрузкам у младших школьников различные звенья регулятивных систем изменяются по-разному в зависимости от пола и периода обучения.

Начало обучения в школе характеризуется сбалансированностью тонуса различных отделов ВНС, что, возможно, обусловлено наличием функциональных резервов у учеников 1-го класса. Анализ показателей SI и RMSSD у девочек показал, что наиболее низкая степень адаптации ВНС к учебным нагрузкам отмечена при обучении по программе 2-го и 4-го классов, чем и обуславливается волнообразный характер изменения активности симпатического и парасимпатического контуров ВНС. К концу учебного года наблюдается положительная динамика изменения степени адаптации у обучающихся 1, 2, 3 классов, но имеет место высокий уровень напряжения у лиц 2-го класса. У обучающихся 4-го класса положительная динамика практически отсутствует.

У мальчиков в начале учебного года активность симпатического и парасимпатического контура имеют тенденцию к однонаправленному изменению значений. К концу учебного года симпатические влияния на сердечный ритм снижаются во всех классах, а парасимпатические влияния повышаются, кроме 2-го класса.

При относительно низкой активности всех надсегментарных контуров системы регуляции, исходя из анализа спектральных параметров ВСР, доминирующее влияние имеет симпатическая система, что выражается в повышении SI, учащении и упорядочении сердечного ритма, снижении энтропии. В начале учебного года снижение активности регуляции более всего характерно для девочек 2-го класса, невысокий уровень активности характерен для девочек 1-го и 4-го классов и мальчиков. Наблюдаемое явление может свидетельствовать об уменьшении центральных влияний на работу сердца при действии учебных нагрузок. Выраженная функциональная нагрузка вызывает упрощенную реакцию, когда от сердечно-сосудистой системы требуется только максимальная производительность.

Повышение активности систем регуляции обуславливает ответную реакцию на действие нагрузки и, вероятно, направлено на достижение системой оптимального состояния, создание более экономичного режима работы сердца. Одновременная активация парасимпатического и симпатического отделов ВНС у детей определяет повышение энтропии, снижение ЧП. Подобную реакцию организма ребенка можно назвать успешной адаптацией к учебным нагрузкам, что наблюдается у учеников к концу учебного года.

Критическими точками адаптации к учебным нагрузкам является обучение во 2-м и 4-м

классах, особенно для девочек. К концу учебного года организм школьников подключает функциональные резервы, и тем самым повышается адаптация, исключение составляет обучение девочек в 4-м классе. Возможно, повышенное напряжение регуляторных систем ко 2-му классу обусловлено резким ростом требований данной программы обучения по сравнению с программой 1-го класса. Программа 4-го класса является последним этапом обучения в младших классах и завершается сдачей внешнего контроля знаний, что является достаточно сильным стрессовым фактором для школьников и вызывает повышение напряжения системы регуляции сердечного ритма. Обучение в таких условиях вызывает адаптацию различного уровня в зависимости от пола учеников. У девочек напряжение регуляторных систем не снижается. Возможно, это обусловлено более высоким чувством ответственности и требованиями, поставленными перед собой. В целях профилактики необходимо уделять большое внимание состоянию здоровья детей в период обучения в младших классах.

### Список литературы

1. Баевский Р.М., Иванов Г.Г., Чирейкин Л.В. с соавт. Анализ вариабельности сердечного ритма при использовании различных электрокардиографических систем (методические рекомендации) // Вестник аритмологии. – 2001. – № 24. – С. 65-87.
2. Горбунов Н.П. Возрастная динамика сердечного ритма учащихся 8-15 лет в условиях дозированной умственной нагрузки // Тринадцатое международное совещание и шестая школа по эволюционной физиологии : тезисы докладов и лекций (Санкт-Петербург, 23-28 января 2006 г.). – СПб. : ВВМ, 2006. – С. 67.
3. Лушпа А.А., Лушпа Л.Г. Влияние режима двигательной активности на вариабельность сердечного ритма у младших школьников с различным тонусом вегетативной нервной системы // Новые исследования : альманах. - М. : Вердана, 2004. - № 1-2. – С. 254-255.
4. Пляскина И.В. Здоровье детей, обучающихся в школах нового вида // Гигиена и санитария. – 2000. – № 1. – С. 62-65.
5. Смирнов Н.К. Здоровьесберегающие образовательные технологии и психология здоровья в школе. – М., 2003. – 270 с.

### Рецензенты:

Миндубаева Фарида Анваровна, доктор медицинских наук, профессор, заведующий кафедрой физиологии, Карагандинский государственный медицинский университет, г. Караганда.  
Тебенова Карлыгаш Сакеновна, доктор медицинских наук, доцент, заведующий кафедрой социальной адаптации и педагогической коррекции КарГУ им. Е.А. Букетова МОН РК, г. Караганда.