

## ОСОБЕННОСТИ РЕГУЛЯЦИИ СЕРДЕЧНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ И СВОБОДНОРАДИКАЛЬНЫХ ПРОЦЕССОВ В СЛЮННОЙ ЖИДКОСТИ У МЛАДШИХ ШКОЛЬНИКОВ В ДИНАМИКЕ УЧЕБНОГО ГОДА

Косенко Ю.В.<sup>1</sup>, Менджеричкий А.М.<sup>1</sup>, Набиева К.Н. кызы<sup>1</sup>

<sup>1</sup>ФГАОУ ВПО «Южный федеральный университет», Ростов-на-Дону, Россия (3440006, г. Ростов-на-Дону, ул. Б. Садовая, 105/42), e-mail: kosenko-i@yandex.ru

У школьников 10 лет проведен анализ вариабельности сердечного ритма в разных функциональных состояниях, а также изменения процессов свободнорадикального окисления и наличие «маркеров стресса» в слюнной жидкости в динамике учебного года. В конце учебного года у школьников в состоянии покоя и после физической нагрузки отмечено достоверное увеличение процента вклада VLF-колебаний, в большей степени за счет снижения процента вклада высокочастотных волн в общий спектр мощности вариабельности сердечного ритма. В слюнной жидкости в конце учебного года у школьников выявлены биохимические признаки стрессированности организма (увеличение уровня кортизола, глюкозы, активности  $\alpha$ -амилазы) и снижение отдельных звеньев антиоксидантной системы защиты. Показано, что биохимические признаки стрессированности организма школьников в конце учебного года находят свое отражение в вегетативном балансе регуляции сердечной деятельности.

Ключевые слова: вариабельность ритма сердца, свободнорадикальные процессы, стресс, школьники.

## PECULIARITIES OF REGULATION OF CARDIAC FUNCTION AND FREE RADICAL PROCESSES IN THE SALIVARY FLUID OF YOUNGER SCHOOLBOYS IN DYNAMIC YEAR

Kosenko J.V., Mendzheritskiy A.M., Nabieva K.N. kizi

*Southern Federal University, Rostov-on-Don, Russia (3440006, Rostov-on-Don, street.B.Sadovaya, 105/42)*

The analysis of heart rate variability in different functional states, changes of free radical oxidation and the presence of "stress markers" in the salivary fluid of 10 years old schoolchilids in the dynamics of the school year has been conducted. At the end of the school year in schoolchilids at rest and after exercise showed a significant increase in the percentage contribution of VLF-oscillations, to a greater extent at the expense of reducing the percentage of the contribution of high-frequency waves in the total power spectrum of heart rate variability. In the salivary fluid at the end of the academic year at the school identified biochemical indications of stress characteristics of organism (an increase in cortisol, glucose,  $\alpha$ -amylase activity) and reduce some of antioxidant defense system. It is shown that the biochemical characteristics of the organism stress of schoolchilids at the end of the school year are reflected in the balance of vegetative regulation of heart activity.

Keywords: heart rate variability, free-radical processes, stress, schoolchilids.

### Введение

В последние десятилетия изучение вариабельности сердечного ритма (ВСР) привлекает внимание огромного количества исследователей, поскольку, являясь индикатором вегетативной регуляции, ВСР позволяет объективно судить о состоянии механизмов регуляции физиологических функций в организме человека - общей активности регуляторных механизмов, нейрогуморальной регуляции сердца, соотношения между симпатическим и парасимпатическим отделами вегетативной нервной системы [1]. Однако в настоящее время остается малоизученным вопрос об особенностях вегетативной регуляции сердечного ритма у младших школьников в динамике учебного года при разных функциональных состояниях. Известно также, что ритм и сила сердечных сокращений является индикатором любых стрессорных воздействий [2; 10]. Поэтому нами рассмотрены

также особенности протекания свободнорадикальных процессов и уровень «маркеров стресса» у школьников в начале и конце учебного года.

### **Методы исследования**

В обследовании приняли участие школьники 10 лет (28 мальчиков и 30 девочек), обучающиеся в общеобразовательной школе № 65 г. Ростова-на-Дону. Согласно данным анамнеза врача-педиатра все дети были условно здоровы (1 и 2 группы здоровья). Исследование было проведено в начале (октябрь) и конце учебного года (май).

Оценку вариабельности сердечного ритма осуществляли на компьютерном кардиоанализаторе «Анкар 131» (Россия, г. Таганрог) с программным обеспечением анализа ритма сердца. Согласно международным стандартам для анализа были взяты записи, источником ритма в которых являлся синусный узел. Артефакты удаляли из электронной записи вручную. Анализировали показатели 5-минутных фрагментов ЭКГ по следующим диапазонам волн ВСР, предложенные кардиологическим и Североамериканским электрофизиологическим обществом: HF – высокочастотные колебания в диапазоне 0,15–0,4 Гц (характеризуют вагусный контроль сердечного ритма); LF – низкочастотные колебания в диапазоне 0,04–0,15 Гц (характеризуют влияния симпатической и парасимпатической вегетативной нервной системы); VLF – очень низкочастотные колебания в диапазоне 0,003–0,04 Гц (характеризуют эрготропную симпатoadреналовую регуляцию ритма); LF/HF – соотношение волн, характеризующее баланс симпатических и парасимпатических влияний.

Для оценки уровня физической работоспособности и функциональных возможностей сердечно-сосудистой системы применяли пробу с дозированной физической нагрузкой (ФН) (20 приседаний за 30 секунд). Анализ ВСР проводили в спокойном функциональном состоянии (фоновая запись) и после физической нагрузки.

Забор слюнной жидкости проводили в первой половине дня через 2-3 часа после еды. Слюну собирали в пластиковые пробирки, которые немедленно замораживали и хранили при низкой температуре (-20 °С). В слюнной жидкости определяли активность каталазы, супероксиддисмутазы, содержание мочевины, мочевой кислоты, содержание 8-гидроксидеоксигуанозина, уровень кортизола, активность  $\alpha$ -амилазы и содержание глюкозы [7]. Исследование было проведено на спектрофотометре Beckman Culter DU 800 (USA).

Результаты экспериментального исследования обрабатывали методами вариационной статистики с вычислением средней арифметической (M), средней ошибки средней арифметической (m), среднего квадратического отклонения ( $\delta$ ). Для определения достоверности различий вычисляли доверительный коэффициент Стьюдента (t), критерий Фишера и величину вероятности (p). Проводился корреляционный анализ, наличие связи между изучаемыми признаками признавалось при  $p < 0,05$ , выраженность связи оценивалась

по величине коэффициента корреляции [8]. Статистическую обработку проводили с использованием программы Statistica 6.5.

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

Значение мощности высокочастотных (HF), низкочастотных (LF) и очень низкочастотных колебаний (VLF) спектральной мощности ВСР в начале учебного года в состоянии покоя у мальчиков и девочек соответствует возрастным нормам, установленным А.Р. Галлеевым с соавт. [5]. В конце учебного года у детей наблюдали увеличение мощности LF и VLF-колебаний спектра, а именно: у мальчиков мощность LF и VLF-волн увеличивалась на 11% ( $p < 0,05$ ) и 49% ( $p < 0,05$ ) соответственно, а у девочек увеличение мощности LF и VLF-колебаний составило 14% ( $p < 0,05$ ) и 102% ( $p < 0,05$ ) соответственно.

После дозированной физической нагрузки в начале учебного года у мальчиков и девочек мощность высокочастотных волн увеличивалась на 35% ( $p < 0,05$ ) и 31% ( $p = 0,05$ ) соответственно относительно фона. Мощность низкочастотных колебаний спектра после ФН у мальчиков и девочек была увеличена на 70% ( $p < 0,01$ ) и 60% ( $p < 0,05$ ) соответственно по сравнению с фоновой записью ВСР. Мощность VLF-волн после ФН у школьников достоверно не изменялась относительно фона. В конце учебного года после физической нагрузки у школьников было отмечено увеличение мощности LF и VLF-колебаний спектра ВСР по сравнению с фоном (рис. 1). Таким образом, активация все более высоких уровней управления сердечным ритмом после ФН в конце учебного года у детей свидетельствует о неоптимальном регулировании работы сердца в частности и сердечно-сосудистой системы в целом.

При сложении спектра мощности вышеперечисленных трех параметров ВСР получают общий спектр мощности, который отражает суммарный запас сил, которые может мобилизовать организм для преодоления стрессовой нагрузки [6]. Общая мощность спектра в конце учебного года в состоянии покоя достоверно изменялась у девочек, а именно отмечено увеличение данного показателя на 32% ( $p < 0,05$ ) относительно начала учебного года. После физической нагрузки в начале и конце учебного года общая мощность спектра у детей достоверно увеличивалась ( $p < 0,05$ ) относительно состояния функционального покоя.

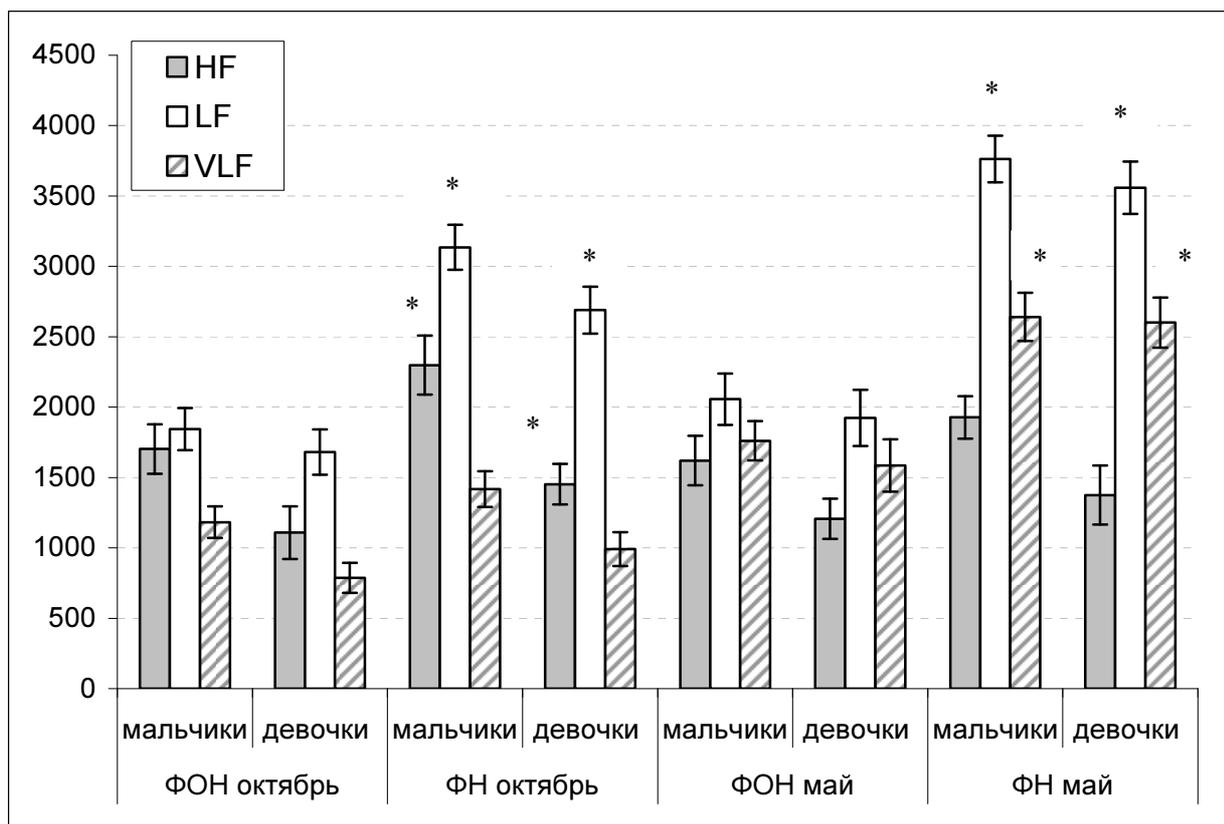


Рис. 1. Спектральные параметры сердечного ритма - HF, LF, VLF (мсек<sup>2</sup>) в состоянии покоя и после физической нагрузки у школьников в начале и конце учебного года:

\* - отличия достоверны относительно фоновой пробы.

Спектральный анализ ВСП с выделением процента вклада мощности основных периодов колебаний позволил выявить, что в начале учебного года у школьников в покое процент вклада VLF-колебаний в общий спектр мощности минимален, влияния HF и LF на ритм сердца уравновешены. Следовательно, в начале учебного года у школьников вегетативный тонус формируется сегментарными симпатико-парасимпатическими механизмами регуляции. В конце учебного года отмечено достоверное увеличение процента вклада VLF-колебаний в общий спектр мощности (у мальчиков на 30%, у девочек на 53%) в большей степени за счет снижения процента вклада высокочастотных волн. После физической нагрузки в конце учебного года у школьников отмечено снижение процента вклада HF-волн и увеличение процента вклада VLF-волн в общую мощность спектра по сравнению с показателями в начале учебного года. Таким образом, у школьников в конце учебного года в состоянии покоя и после физической нагрузки отмечена тенденция к снижению резервных возможностей сердечно-сосудистой системы и увеличению напряжения вегетативного баланса с участием эрготропных систем.

Отношение LF/HF считается показателем сбалансированности симпатического и парасимпатического отделов ВНС. Индекс LF/HF, равный 0,5-2, свидетельствует о

вегетативном равновесии, больше 2,0 - симпатикотонии, меньше 0,5 - парасимпатикотонии [3]. В нашем исследовании установлено, что в начале и конце учебного года у школьников в состоянии физиологического покоя наблюдали состояние амфотонии. После физической нагрузки в начале учебного года среднегрупповое значение LF/HF у детей соответствует состоянию нормотонии, а в конце учебного года – симпатикотонии.

В качестве объективного изучения функционального состояния организма необходимо рассмотреть также активность антиоксидантных и прооксидантных систем в крови или слюне. Слюнная жидкость является наиболее доступной для изучения [11], поэтому далее рассмотрена динамика изменения активности свободнорадикальных процессов в слюне у школьников в начале и конце учебного года.

Первым звеном внутриклеточной защиты клеток от активных форм кислорода являются каталаза и супероксиддисмутаза. В конце учебного года активность данных антиоксидантных ферментов у школьников достоверно не изменялась относительно показателей в начале учебного года. В нашем исследовании не установлено также достоверного изменения уровня мочевины в слюнной жидкости у детей в динамике учебного года.

Мочевая кислота в силу ее способности хелатировать ионы железа и меди, ингибировать оксиды азота, супероксид-анион радикал, гидроксильный радикал, синглетный кислород, а также гемовые оксиданты обладает мощными антиоксидантными свойствами [9]. Показано, что уровень мочевой кислоты в слюнной жидкости к концу учебного года снизился у мальчиков на 50% ( $p < 0,05$ ), а у девочек на 36% ( $p < 0,05$ ) относительно показателей в начале учебного года.

Маркером окислительного стресса, а именно показателем окисленных молекул ДНК, является 8-гидроксидеоксигуанозин (8-OHdG) [9]. В конце учебного года было отмечено увеличение 8-OHdG у мальчиков (72% -  $p < 0,05$ ) и девочек (66% -  $p < 0,05$ ) по сравнению с началом учебного года.

Таким образом, к концу учебного года у школьников отмечено снижение отдельных звеньев антиоксидантной системы защиты. Одной из главных причин, приводящих к увеличению активности свободнорадикальных процессов в организме, является стресс. В нашем исследовании установлено, что содержание кортизола в слюне в конце учебного года было выше на 37% ( $p < 0,05$ ) у мальчиков и на 45% ( $p < 0,05$ ) у девочек относительно показателей в начале учебного года. Достоверно установлена прямая корреляционная зависимость уровня кортизола в слюнной жидкости и мощности VLF-волн у мальчиков ( $r=0,96$ ) и девочек ( $r=0,85$ ) в конце учебного года. Наличие стрессированности организма показывает также повышение активности  $\alpha$ -амилазы и увеличение уровня глюкозы в слюнной жидкости. В

нашем исследовании показано, что активность  $\alpha$ -амилазы в конце учебного года увеличивалась у мальчиков и девочек на 48% ( $p<0,05$ ) и 46% ( $p<0,05$ ) соответственно относительно значений в начале учебного года. Кроме того, было выявлено достоверное увеличение уровня глюкозы в слюнной жидкости в конце учебного года (у мальчиков на 78%, у девочек на 114%) по сравнению с началом учебного года. Увеличение содержания глюкозы в слюнной жидкости в конце учебного года достоверно коррелирует с уровнем мощности VLF-колебаний спектра (у мальчиков  $r=0,87$  и девочек  $r=0,93$ ). Следовательно, биохимические признаки стрессированности организма в конце учебного года у школьников находят свое отражение в вегетативном балансе регуляции сердечной деятельности, а именно в увеличении процента вклада очень низкочастотных колебаний в общий спектр мощности variability сердечного ритма.

### **Заключение**

Результаты нашего исследования расширяют представления об адаптационных возможностях организма школьников младшего школьного возраста к учебному процессу. Показано, что к концу учебного года у мальчиков и девочек 10 лет происходит увеличение уровня стрессированности организма, усиление процессов свободнорадикального окисления в слюнной жидкости, нарушение вегетативной регуляции сердечной деятельности в состоянии физиологического покоя и снижение функциональных резервов сердечно-сосудистой системы при умеренных физических нагрузках. Известно, что функциональное состояние сердечно-сосудистой системы оказывает существенное влияние на церебральный кровоток, так как головной мозг потребляет примерно 20% сердечного выброса [4]. Вышеперечисленные изменения функционального состояния сердечно-сосудистой системы школьников, безусловно, влияют на их умственную активность, что необходимо учитывать в гигиене образовательного процесса.

### **Список литературы**

1. Анализ variability сердечного ритма при использовании различных электрокардиографических систем : метод. рекомендации / Р.М. Баевский и др. - М., 2002. - 53 с.
2. Баевский Р.М., Берсенева А.П. Оценка адаптационных возможностей организма и риск развития заболеваний. - М. : Медицина, 1997. - 265 с.
3. Баевский Р.М., Мотылянская Р.Е. Ритм сердца у спортсменов. - М. : Физиология и спорт, 1986. - 142 с.
4. Боголепов Н.К. Церебральные кризы и инсульт. - М. : Медицина, 1971. - 207 с.

5. Галлеев А.Р., Игишева Л.Н., Казин Э.М. Вариабельности сердечного ритма у здоровых детей в возрасте 6-16 лет // Вестник Харьковского национального университета. — 2002. — № 545. — С. 35-40.
6. Жемайтите Д.И. Зависимость характеристик сердечного ритма и кровотока от возраста у здоровых и больных с заболеваниями сердечно-сосудистой системы // Физиология человека. — 1998. — № 6. — С. 56-65.
7. Камышников В.С. Справочник по клинико-биохимической лабораторной диагностике : в 2 т. – Минск : Беларусь, 2000. - Т. 1-2.
8. Лакин Г.Ф. Биометрия. - М. : Высшая школа, 1973. - 343 с.
9. Меньщикова Е.Б. Окислительный стресс. Прооксиданты и антиоксиданты / Е.Б. Меньщикова, В.З., Ланкин, Н.К. Зенков, И.А. Бондарь, Н.Ф. Круговых, В.А. Труфакин. - М. : Слово, 2006. - 556 с.
10. Рябыкина Г.В. Соболев А.В. Вариабельность ритма сердца. - М. : Оверлей, 2001. - 200 с.
11. Krinsky N.L. Membrane antioxidants // Ann. NY. Acad. Sci. - 1988. - Vol. 551. - P. 17-33.

**Рецензенты:**

Буриков Алексей Алексеевич, доктор биологических наук, профессор, заведующий кафедрой общей биологии, ФАГОУ ВПО «Южный федеральный университет», г. Ростов-на-Дону.

Узденский Анатолий Борисович, доктор биологических наук, старший научный сотрудник, кафедра биофизики и биокibernетики физического факультета, ФАГОУ ВПО «Южный федеральный университет», г. Ростов-на-Дону.