

УДК 612.176.4-057.874

**ПРОГНОСТИЧЕСКОЕ ЗНАЧЕНИЕ СПЕКТРАЛЬНЫХ
И СТАТИСТИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ВАРИАБЕЛЬНОСТИ
СЕРДЕЧНОГО РИТМА МЛАДШИХ ШКОЛЬНИКОВ**

Лоллини С.В.

ВГУ имени П.М. Машерова, г. Витебск, Республика Беларусь

Lsvia@tut.by

Переход от сложившихся первичных условий воспитания в семье и дошкольном учреждении к качественно иной атмосфере школьного обучения сопряжен с форсированным вступлением в иной социум, резким нарастанием умственных, психоэмоциональных, физических нагрузок и ломкой традиционных динамических стереотипов поведения. В своей совокупности они предъявляют высокие требования к личности ребенка, его интеллектуальным потенциям и приспособительным возможностям, приводя зачастую (в 32%) к их срыву, то есть «школьной дезадаптации».

Отсюда возникает необходимость детального, углубленного изучения меры готовности 6–8 летних детей переступить школьный порог и включиться в образовательный процесс с оптимальной отдачей активности.

Проведенный кросскорреляционный анализ статистических и спектральных показателей ВСП показал тесную взаимосвязь дыхательных колебаний и ВСП, на разных сроках обучения корреляционные связи существенно меняются.

Выполненные нами исследования кросскорреляционных связей статистических и спектральных показателей ВСП значительно углубляют понимание физиологических процессов происходящих у младших школьников при адаптации к школьному процессу. Выявленные корреляционные взаимосвязи экстраполированные на физиологические процессы позволяют говорить о волнообразности и фазовости процессов адаптации, что может иметь существенное значение при планировании интенсивности работы школьников первых лет, обучению в школе.

Ключевые слова: адаптация, переменность сердечного ритма, дезадаптация, кросскорреляционный анализ.

Введение. Переход от сложившихся первичных условий воспитания в семье и дошкольном учреждении к качественно иной атмосфере школьного обучения сопряжен с форсированным вступлением в иной социум, резким нарастанием умственных, психоэмоциональных, физических нагрузок и ломкой традиционных динамических стереотипов поведения. В своей совокупности они предъявляют высокие требования к личности ребенка, его интеллектуальным потенциям и приспособительным возможностям, приводя зачастую (в 32%) к их срыву, то есть «школьной дезадаптации».

Отсюда возникает необходимость детального, углубленного изучения меры готовности 6–8 летних детей переступить школьный порог и включиться в образовательный процесс с оптимальной отдачей активности. Немаловажно и то, что школьные учреждения также не располагают достаточным арсеналом простых и надежных критериев, позволяющих судить об успешности вхождения первоклассников в образовательный процесс. Вместе с тем еще в 60–70 гг. прошлого века были представлены нетрудоемкие, высокоинформативные, неинвазивные методы донозологической диагностики, широко привлекаемые в настоящее время. Ключевым принципом их является анализ variability сердечного ритма (BCP) [1]. Так называют отклонение длительности R – R интервалов электрокардиограммы от среднего значения определяемого за период от 2 минут до 24 часов. Оценка BCP позволяет количественно охарактеризовать активность симпатического и парасимпатического отделов автономной нервной системы через их влияние на функцию синусового узла. Однако применимость данного подхода для оценки адаптивности, к школьному обучению не выяснялось. В равной мере не предпринимались систематические попытки создания на его основе алгоритмов того же назначения. Вместе с тем, оценка и учёт различных, разобобщенных, параметров BCP не дают целостной картины взаимодействия различных уровней регуляции сердечного ритма. Для этого вероятно, целесообразно рассматривать все показатели BCP в неразрывной взаимосвязи с этапами адаптации к школьному процессу.

Решение перечисленных вопросов, несущих бремя социальной актуальности, делает оправданными и своевременными усилия, направленные в данном аспекте, что и предопределило необходимость выполнения настоящего исследования.

Материал и методы. Исследовалась variability сердечного ритма у 205 детей в возрасте от 6 до 8 лет. Из них 101 мальчик и 104 девочки.

Все дети были разделены на группы, пребывавшие в первом классе (112 детей), и втором классе при общеобразовательной школе (93 ребенка).

Исследования проводились в 5 этапов:

- первый – за 3–5 дней до начала занятий в школе.
- второй, третий, четвертый – соответственно спустя 30–35, 60–65 и 90–95 дней после включения в школьный режим.
- пятый – в конце учебного года (весной) по прошествии 270 дней занятий.

Для оценки и расчета показателей variability сердечного ритма (BCP) проводилась регистрация электрокардиограммы, объективно отражающей частоту сердечных сокращений. Простота проведения исследования,

стабильность и объективность в сочетании с неинвазивностью делает метод электрокардиографии незаменимым для объективной оценки частоты сердечных сокращений.

Продолжительность регистрации электрокардиограммы составляла 5 минут. Регистрация ЭКГ проводилась стандартным электрокардиографом ЭКГ – 01Т. Усиленный сигнал через АЦП поступал в ОЗУ персональной ЭВМ «Contura – 410». Дыхательные колебания регистрировались при помощи тензодатчика прикрепляемого на грудную клетку. После завершения процедуры регистрации ЭКГ и дыхательных колебаний у детей измеряли артериальное давление, определялся рост и вес.

Вариации интервалов R – R в состоянии покоя представляют собой точную настройку механизмов контроля сердцебиений. Аfferентная вагусная стимуляция приводит к рефлекторному возбуждению эfferентной вагусной активности и ингибированию эfferентной симпатической активности [2–4]. Эффекты противоположно ориентированного рефлекса опосредуются стимуляцией эfferентной симпатической активности [5–9]. Аfferентная вагусная активность также сдерживается влиянием эfferентной кардиальной симпатической активности [10]. Аfferентная симпатическая и вагусная импульсации, влияющие на синусовый узел, характеризуются разрядом, преимущественно синхронизированным с каждым сердечным циклом, который модулируется, центральными (вазомоторным и дыхательным центрами) и периферическими (колебаниями артериального давления и дыхательными движениями) импульсами. Эти осцилляторы генерируют ритмичные изменения нейронных разрядов, проявляющихся в коротких и длительных альтерациях сердечной деятельности. Анализ этих колебаний позволяет судить о функции центральных механизмов регуляции сердечного ритма, симпатической и вагусной эfferентной активности, гуморальных факторов, состоянии синусового узла. А стало быть, оценить адаптационные возможности организма.

Полученные массивы ЭКГ данных обрабатывались по компьютерной программе, которая позволяет определять следующие математические и спектральные показатели:

- M_0 (сек.) – мода массива – наиболее часто встречаемое значение R – R интервала, характеризует степень гуморального влияния на синусовый узел.
 - A_{M_0} (%) – амплитуда моды – процентное содержание M_0 в массиве данных, отражающее влияние симпатического отдела вегетативной нервной системы на синусовый узел,
 - ΔX – вариационный размах массива R-R значений, показатель, характеризующий автономную регуляцию ритма сердца.
 - σ – среднее квадратичное отклонение массива R-R значений.
 - ИН – индекс напряжения интегральный маркер централизации адаптативных процессов.
 - ВПР – вегетативный показатель ритма.
- Индекс напряжения исчисляется по формуле:

$$ИН = \frac{A_{M_0}(\%)}{2 * M_0 \Delta X (c)}$$

Вегетативный показатель ритма рассчитывается по формуле:

$$\text{ВПР} = \frac{1}{\text{Мо}\Delta X}$$

Спектральный анализ массивов проводился с помощью вычисления интеграла Фурье. Оценивались следующие величины спектральной мощности:

VLF (Verylowfrequency) – мощность «очень» низкочастотного диапазона – 0,01–0,04 Гц отражает церебральную симпатико-адреналовую активацию;

LF (lowfrequency) – мощность низкочастотного диапазона – 0,05–0,15 Гц отражает активность симпатического отдела ВНС;

HF (highfrequency) – мощность высокочастотного диапазона – 0,15–0,50 Гц отражает активность парасимпатического отдела ВНС;

VHF (Veryhighfrequency) – мощность очень высокочастотного диапазона – 0,4–0,15 Гц отражает активность парасимпатического отдела ВНС.

Выделение четырех частотных диапазонов обусловлено различием их формирования: диапазон очень низкочастотного спектра отражает состояние надфункциональных структур; диапазон низкочастотного спектра – симпатической и диапазон высокочастотного спектра – парасимпатической систем на сегментарном уровне [11].

Результаты и их обсуждение. Проведенный кросскорреляционный анализ статистических и спектральных показателей ВСР показал тесную взаимосвязь дыхательных колебаний и ВСР, на разных сроках обучения корреляционные связи существенно меняются.

С целью изучения взаимосвязи между статистическими и спектральными показателями нами проведен кросскорреляционный анализ.

Существенным являлась гипотеза о тесной взаимосвязи между частотой сердечных сокращений и дыхания при нормальном состоянии ребенка.

Выполненные исследования, у детей первой группы, показали, что на разных сроках обучения корреляционные связи существенно меняются. При обработке данных, полученных до начала учебных занятий, отмечены достаточно прочные и многочисленные корреляционные связи между статистическими и спектральными показателями ВСР, что с физиологической точки зрения может указывать на существенную взаимосвязь между частотой дыхания и сердечной деятельностью (табл. 1).

Через 30 дней от начала учебного процесса количество связей значительно уменьшалось. На 60 день обучения количество значимых корреляций сравнивалось с их уровнем до обучения, но при этом существенно увеличивались корреляционные связи VLF практически со всеми статистическими и спектральными показателями. К 90 дню обучения количество корреляционных связей снова уменьшилось. Окончание учебного года ознаменовано существенным их обеднением. Связь ΔX и HF отсутствует, сохраненная с VHF достаточно низка ($R = 0,52$), что указывает на значительное напряжение адаптации детей этой группы.

Итак, кросскорреляционный анализ детей данной группы подтвердил динамику изменений показателей ВСР на различных сроках школьного процесса.

Некоторое снижение плотности корреляционных связей на 30 день объяснима. В то же время исчезновение корреляции между ΔX и HF к концу учебного года говорит о существенном напряжении регуляторных механизмов и даже об их срыве у ряда детей. Проведенный анализ подтверждает динамику изменений основных статистических и спектральных показателей на различных сроках учебного процесса. Прослеживается фазовость изменения основных показателей с периодичностью приблизительно 60 дней. Логично предположить, что процессы адаптации у детей протекают фазово, затухая.

Таблица 1 – Кросскорреляционные связи между показателями первой группы

Исследования	Показатели	Mo	AMo	ΔX	ИИ	VLF	LF	HF	VHF
		Исходные данные	Mo	1,00	-0,55*	0,51*	-0,49*	-0,65*	0,71*
AMo	-0,55*		1,00	-0,77*	0,93*	0,54*	-0,45*	-0,52*	-0,47*
ΔX	0,51*		-0,77*	1,00	-0,73*	-0,72*	0,54*	0,69*	0,74*
ИИ	-0,49*		0,93*	-0,73*	1,00	0,47*	-0,41*	-0,45*	-0,39*
VLF	-0,65*		0,54*	-0,72*	0,47*	1,00	-0,91*	-0,96*	-0,78*
LF	0,71*		-0,45*	0,54*	-0,41*	-0,91*	1,00	0,82*	0,54*
HF	0,52*		-0,52*	0,69*	-0,45*	-0,96*	0,82*	1,00	0,67*
VHF	0,52*		-0,47*	0,74*	-0,39*	-0,78*	0,54*	0,67*	1,00
30 дней	Mo	1,00	-0,55*	0,49*	-0,68*	-0,50*	0,28	0,54*	0,32
	AMo	-0,55*	1,00	-0,58*	0,88*	0,68*	-0,54*	-0,67*	-0,31
	ΔX	0,49*	-0,58	1,00	-0,80*	-0,77	0,34*	0,75*	0,78*
	ИИ	-0,68*	0,88*	-0,80*	1,00	0,80*	-0,53*	-0,76*	-0,55*
	VLF	-0,50*	0,68*	-0,77*	0,80*	1,00	-0,76*	-0,90*	-0,63*
	LF	0,28	-0,54*	0,34	-0,53*	-0,76*	1,00	0,50*	0,11
	HF	0,54*	-0,67*	0,75*	-0,76*	-0,90*	0,50*	1,00	0,57*
	VHF	0,32	-0,31	0,78*	-0,55*	-0,63*	0,11	0,57*	1,00
60 дней	Mo	1,00	-0,50*	0,41*	-0,64*	-0,54*	0,62*	0,55*	0,04
	AMo	-0,50*	1,00	-0,67*	0,85*	0,71*	-0,53*	-0,61*	-0,45*
	ΔX	0,41*	-0,67*	1,00	-0,71*	-0,88*	0,29	0,85*	0,77*
	ИИ	-0,64*	0,85*	-0,71*	1,00	0,68*	-0,53*	-0,60*	-0,40*
	VLF	-0,54*	0,71*	-0,88*	0,68*	1,00	-0,60*	-0,94*	-0,66
	LF	0,62*	-0,53*	0,29	-0,53*	-0,60*	1,00	0,51*	-0,10
	HF	0,55*	-0,61*	0,85*	-0,60*	-0,94*	0,51*	1,00	0,52*
	VHF	0,04	-0,45*	0,77*	-0,40*	-0,66*	-0,10	0,52*	1,00
90 дней	Mo	1,00	-0,66*	0,59*	-0,63*	-0,66*	0,65*	0,45*	0,63*
	AMo	-0,66*	1,00	-0,84*	0,94*	0,69*	-0,47*	-0,62*	-0,65*
	ΔX	0,59*	-0,84*	1,00	-0,78*	-0,83*	0,54*	0,74*	0,85*
	ИИ	-0,63*	0,94*	-0,78*	1,00	0,60*	-0,38*	-0,57*	-0,55*

	VLF	-0,66*	0,69*	-0,83*	0,60*	1,00	-0,83*	-0,90*	-0,78*
	LF	0,65*	-0,47*	0,54*	-0,38*	-0,83*	1,00	0,60*	0,53*
	HF	0,45*	-0,62*	0,74*	-0,57*	-0,90*	0,60*	1,00	0,58*
	VHF	0,63*	-0,65*	0,85*	-0,55*	-0,78*	0,53*	0,58*	1,00
270 дней	Mo	1,00	-0,26*	0,38*	-0,41*	0,51*	0,48*	0,24*	0,33*
	AMo	-0,26*	1,00	,64*	0,92*	0,52*	-0,40*	-0,32*	-0,43*
	ΔX	0,38*	-0,64*	1,00	-0,74*	-0,83*	0,46*	0,47*	0,89*
	ИИ	-0,41*	0,92*	-0,74*	1,00	0,60*	-0,44*	-0,30*	-0,50*
	VLF	-0,51*	0,52*	-0,83*	0,60*	1,00	-0,81*	-0,58*	-0,78*
	LF	0,48*	-0,40*	0,46*	-0,44*	-0,81*	1,00	0,38*	0,35*
	HF	0,24*	-0,32*	0,47*	-0,30*	-0,58*	0,38*	1,00	0,48*
	VHF	0,33*	-0,43*	0,89*	-0,50*	-0,78*	0,35*	0,48*	1,00

* – достоверность (P<0,05)

У школьников второй группы, при анализе данных полученных до начала учебных занятий, отмечены немногочисленные корреляционные связи между статистическими и спектральными показателями ВСП (табл. 2).

Через 30 дней от начала учебного процесса количество связей значительно увеличилось. Так отмечена высокая корреляционная связь Мос ΔX, LF, HF, VHF, что указывает на тесную взаимосвязь между частотой дыхания и сердечной деятельности. На 60 сутки обучения количество корреляционных связей достигало уровня связей, – к 30 дню обучения, но при этом существенно увеличивались корреляционные связи VLF практически со всеми статистическими и спектральными показателями. К 90 дню обучения количество корреляционных связей снова уменьшилось. Окончание учебного года ознаменовано стабильным состоянием корреляционных связей. Связь ΔX с LF, HF, VHF сохраняется, что указывает на адаптированность физиологических процессов.

Итак, кросскорреляционный анализ детей данной группы подтвердил динамику изменений показателей ВСП на различных сроках школьного процесса.

Таблица 2 – Кросскорреляционные связи между показателями второй группы

Исследо- вания	Показа- тели	Mo	AMo	ΔX	ИИ	VLF	LF	HF	VHF
		Исходные данные	Mo	1,00	-0,55*	0,51*	-0,49*	-0,65*	0,71*
AMo	-0,55*		1,00	-0,77*	0,93*	0,54*	-0,45*	-0,52*	-0,47*
ΔX	0,51*		-0,77*	1,00	-0,73*	-0,72*	0,54*	0,69*	0,74*
ИИ	-0,49*		0,93*	-0,73*	1,00	0,47*	-0,41*	-0,45*	-0,39*
VLF	-0,65*		0,54*	-0,72*	0,47*	1,00	-0,91*	-0,96*	-0,78*
LF	0,71*		-0,45*	0,54*	-0,41*	-0,91*	1,00	0,82*	0,54*
HF	0,52*		-0,52*	0,69*	-0,45*	-0,96*	0,82*	1,00	0,67*
VHF	0,52*		-0,47*	0,74*	-0,39*	-0,78*	0,54*	0,67*	1,00

30 дней	Mo	1,00	-0,50	0,97*	-0,89*	-0,93*	0,87*	0,93*	0,97*
	AMo	-0,50	1,00	-0,62	0,82*	0,74	-0,74	-0,72	-0,67
	ΔX	0,97*	-0,62	1,00	-0,95*	-0,97*	0,90*	0,97*	0,97*
	ИИ	-0,89*	0,82*	-0,95*	1,00	0,96*	-0,89*	-0,98*	-0,94*
	VLF	-0,93*	0,74	-0,97*	0,96*	1,00	-0,97*	-0,98*	-0,97*
	LF	0,87*	-0,74*	0,90*	-0,89*	-0,97*	1,00	0,90*	0,93*
	HF	0,93*	-0,72	0,97*	-0,98*	-0,98*	0,90*	1,00	0,94*
	VHF	0,97*	-0,67	0,97*	-0,94*	-0,97*	0,93*	0,94*	1,00
60 дней	Mo	1,00	-0,47	0,22	-0,50	-0,15	-0,12	0,33	0,25
	AMo	-0,47	1,00	-0,87*	0,99*	0,85*	-0,71	-0,94*	-0,65
	ΔX	0,22	-0,87*	1,00	-0,86*	-0,98*	0,82*	0,98*	0,91*
	ИИ	-0,50	0,99*	-0,86*	1,00	0,81*	-0,62	-0,92*	-0,68
	VLF	-0,15	0,85*	-0,98*	0,81*	1,00	-0,90*	-0,97*	-0,86*
	LF	-0,12	-0,71	0,82*	-0,62	-0,90*	1,00	0,82*	0,60
	HF	0,33	-0,94*	0,98*	-0,92	-0,97*	0,82*	1,00	0,85*
	VHF	0,25	-0,65	0,91*	-0,68	-0,86*	0,60	0,85*	1,00
90 дней	Mo	1,00	-0,84	0,89*	-0,83	-0,93*	0,84	0,86	0,81
	AMo	-0,84	1,00	-0,93*	0,95*	0,98*	-0,86	-0,96*	-0,48
	ΔX	0,89*	-0,93*	1,00	-0,91*	-0,96*	0,80	0,95*	0,70
	ИИ	-0,83	0,95*	-0,91*	1,00	0,95*	-0,95*	-0,86	-0,61
	VLF	-0,93*	0,98*	-0,96*	0,95*	1,00	-0,89*	-0,96*	-0,65
	LF	0,84	-0,86	0,80	-0,95*	-0,89*	1,00	0,74	0,67
	HF	0,86	-0,96*	0,95*	-0,86	-0,96*	0,74	1,00	0,50
	VHF	0,81	-0,48	0,70	-0,61	-0,65	0,67	0,50	1,00
270 дней	Mo	1,00	-0,56	0,62	-0,53	-0,84*	0,85*	0,78	-0,03
	AMo	-0,56	1,00	-0,94*	0,99*	0,74	-0,68	-0,68	-0,43
	ΔX	0,62	-0,94*	1,00	-0,94*	-0,81	0,81	0,66	0,62
	ИИ	-0,53	0,99*	-0,94*	1,00	0,70	-0,66	-0,62	-0,50
	VLF	-0,84*	0,74	-0,81	0,70	1,00	-0,98*	-0,94*	-0,20
	LF	0,85*	-0,68	0,81	-0,66	-0,98*	1,00	0,86*	0,30
	HF	0,78	-0,68	0,66	-0,62	-0,94*	0,86*	1,00	-0,10
	VHF	-0,03	-0,43	0,62	-0,50	-0,20	0,30	-0,10	1,00

* – достоверность ($P < 0,05$)

Заключение. Необходимо отметить, что в стандартах оценки ВСР указано, что мощность VLF вычисленная в коротких записях имеет сомнительную физиологическую сущность, поэтому интерпретировать ее параметры не рекомендуется [10]. Нами обнаружены четкие корреляционные связи этого показателя с другими параметрами ВСР. Это дало нам основание разделить мнение о том, что VLF связана с психоэмоциональным напряжением и отражает сложные влияния со стороны надсегментарного уровня регуляции на сердечный ритм [2]. Его значения являются маркером степени интенсивности связи автономных уровней регуляции кровообращения с надсегментарными, в том числе с гипофизарным – гипоталамическим и корковым уровнями.

Таким образом, проведенные нами исследования кросскорреляционных связей статистических и спектральных показателей ВСР значительно углубляют понимание физиологических процессов происходящих у младших школьников при адаптации к школьному процессу. Исследованные корреля-

ционные взаимосвязи экстраполированные на физиологические процессы позволили выявить волнообразность и фазовость процессов адаптации, что может иметь существенное значение при планировании интенсивности работы школьников первых лет, обучению в школе.

Список использованной литературы:

1. Баевский, Р.М. Прогнозирование состояний на грани нормы и патологии / Р.М. Баевский. – М.: Медицина, 1985. – 528 с.
2. Баевский, Р.М. Анализ variability сердечного ритма с помощью комплекса «Варикард» и проблема распознавания функциональных состояний. Хронобиологические аспекты артериальной гипертензии в практике врачебной экспертизы / Р.М. Баевский, Ю.Н. Семенов, А.Г. Черникова. – М.: Медицина, 2003. – С. 167–178.
3. Захарова, Н.Ю. Физиологические особенности variability ритма сердца в разных возрастных группах / Н.Ю. Захарова, В.П. Михайлов // Вестник аритмологии. – 2003. – № 31. – С. 37–41.
4. Хаспекова, Н.Б. Колебательные и переходные процессы ритма сердца в анализе патогенеза и терапии вегетативной дисфункции при неврозах / Н.Б. Хаспекова // в кн. Нарушения высшей нервной деятельности, их патогенез и нейропептидная коррекция. – М.: Наука, 1992. – С. 66–86.
5. Судаков, К.В. Индивидуальная устойчивость к эмоциональному стрессу / К.В. Судаков. – М.: Наука, 1998. – 260 с
6. Finley, J.P. Heart rate variability in infants, children and young adults / J.P. Finley, S.T. Neugent // J. Auton. Nerv. Syst. – 1995. – Vol. 51. – P. 103–108.
7. Koizumi, K., Terui N., Kollai M. Neural control of the heart: significance of double innervation reexamined // J. Auton. Nerv. Sys. – 1983. – Vol. 7. – P. 279–294.
8. Koizumi, K., Terui N., Kollai M. Relationships between vagal and sympathetic activities in rhythmic fluctuations // Mechanisms of blood pressure waves. – Jap. Sci.Soc.Press. 1984. – P.43–56.
9. McCabe, P.M., Yongue B.G., Ackles P.K. Changes in heart period, heart period variability, and a spectral analysis estimate of respiratory sinus arrhythmia in response to pharmacological manipulations of the baroreceptor reflex in cats // Psychophysiology. – 1985. – Vol. 22. – P. 195–203.
10. Variability сердечного ритма. Стандарты измерения, физиологической интерпретации и клинического использования. – СПб.: Изд-во АОЗТ «Инкарт», 2001.
11. Колен, А. Клиническая эпидемиология. Основы доказательной медицины / А. Колен, Р. Флетчер, С. Флетчер. – М.: Медиа Сфера, 1998. – С. 32–60.