

УДК [616.1-073.7:616.379-008.64]-053.2-053.6

**В.Г. Майданник¹, Л.С. Файнзильберг², К.Б. Дуккарт²,
А.А. Морозик¹, А.С. Кондратюк¹**

Новый подход к анализу функционального состояния организма детей и подростков с сахарным диабетом 1 типа

¹Национальный медицинский университет имени А.А. Богомольца, г. Киев, Украина²Международный научно-учебный центр информационных технологий и систем НАН и МОН Украины, г. Киев

SOVREMENNAYA PEDIATRIYA.2018.2(90):37-46; doi 10.15574/SP.2018.90.37

Цель: дальнейшее изучение оригинального метода оценки функционального состояния организма детей и подростков с сахарным диабетом 1 типа (СД1).

Материалы и методы. Обследовано 23 ребенка с СД1 и 22 практически здоровых школьника. Исследования проводили с помощью диагностического комплекса «ФАЗАГРАФ»®. Вычислялись показатели электрокардиограммы (ЭКГ) и вариабельности ритма сердца (ВРС) в состоянии покоя, на высоте нагрузки и в период реституции, которые образуют пять классов характерных паттернов. Определялись распределения паттернов в группах.

Результаты. Установлено, что для показателей *АМО* и *ИН* доминантными были паттерны класса «Минимум», а для *SDNN* и *RMSSD* — класса «Максимум». У больных детей в 26,1% случаев наблюдались атипичные паттерны «Минимум» для показателя *SDNN* и в 43,5% — для показателя *RMSSD*. Нетипичная реакция на нагрузку для показателя *pNN50* встречалась у 56,5% больных, в то время как у здоровых — только в 9,5% ($p=0,95$). Для показателя симметрии зубца Т (β_T) у детей с СД1 в 26,1% случаев наблюдались атипичные паттерны «Возрастание» по сравнению с 14,3% у здоровых детей. Подобная реакция наблюдалась и для показателя среднеквадратичного отклонения симметрии зубца Т (СКВ β_T).

Выводы. Выявление нетипичных паттернов, характеризующих динамику показателей ВРС и ЭКГ в результате пробы с физической нагрузкой, можно считать достоверным диагностическим маркером диабетической кардиомиопатии.

Ключевые слова: сахарный диабет, адаптационно-приспособительные реакции, симметрия зубца Т, ФАЗАГРАФ®.

A new approach to the analysis of functional state of children and adolescents with type 1 diabetes mellitus

V.G. Maidannik¹, L.S. Fainzilberg², K.B. Dukkart², A.A. Morozik¹, A.S. Kondratiuk¹

¹Bogomolets National Medical University, Kyiv, Ukraine²International Research and Training Centre for Information Technologies and Systems of the NAS of Ukraine and Ministry of Education and Science of Ukraine, Kyiv, Ukraine

Objective — further study of the original method of the functional state evaluation in children and adolescents with type 1 diabetes mellitus (DM).

Material and methods. The study involved 23 children with type 1 DM and 22 apparently healthy schoolchildren, living in Kyiv. Investigations were carried out by means of the diagnostic complex FAZAGRAF® (Ukraine). Heart rate variability (HRV) and electrocardiogram (ECG) indexes, which form five classes of characteristic patterns, were calculated at rest, at the height of the load and the period of restitution. The distribution of patterns in the groups was studied.

Results. For *АМО* and stress index, the pattern «Minimum» was the most common. The pattern of *SDNN* and *RMSSD* indexes referred to the class «Maximum» mostly. Patients with DM in 26.1% of cases for the *SDNN* pattern and in 43.5% of cases for the *RMSSD* pattern had an atypical reaction on the load («Minimum»). For *pNN50*, in diabetic patients the atypical reaction «Minimum» occurred in 56.5% of cases, while among the apparently healthy children the frequency was only 9.5% ($p=0,95$). The dominant pattern of the T-wave symmetry index (β_T) in both groups belonged to the class «Maximum», while the atypical «Ascending» pattern was observed in 26.1% of diabetic patients. A similar situation is observed for the standard deviation of symmetry of the T-wave (SD β_T).

Conclusions. Identifying of the atypical patterns that characterize the dynamics of HRV and ECG as a result of the exercise test can be considered as a reliable diagnostic marker of diabetic cardiomyopathy.

Key words: diabetes mellitus, adaptive reaction, symmetry of the T-wave, FAZAGRAF®.

Новий підхід до аналізу функціонального стану організму дітей та підлітків з цукровим діабетом 1 типу

В.Г. Майданник¹, Л.С. Файнзильберг², К.Б. Дуккарт², А.А. Морозик¹, А.С. Кондратюк¹

¹Національний медичний університет імені О.О. Богомольця, м. Київ, Україна²Міжнародний науково-навчальний центр інформаційних технологій і систем НАН і МОН України, м. Київ

Мета — подальше вивчення оригінального методу оцінки функціонального стану організму дітей і підлітків з цукровим діабетом 1 типу (ЦД1).

Матеріали і методи. Обстежено 23 дитини з ЦД1 типу і 22 практично здорових школяра. Дослідження проводили за допомогою діагностичного комплексу «ФАЗАГРАФ»®. Обчислювалися показники електрокардіограми (ЕКГ) і варіабельності ритму серця (ВРС) у стані спокою, на висоті навантаження і в період реституції, які утворюють п'ять класів характерних патернів. Визначалися розподіли патернів у групах.

Результати. Встановлено, що для показників *АМО* та *ИН* доміантними були патерни класу «Мінімум», а для *SDNN* і *RMSSD* — класу «Максимум». У хворих дітей у 26,1% випадків спостерігалися атипові патерни «Мінімум» для показника *SDNN* і в 43,5% — для показника *RMSSD*. Нетипова реакція на навантаження для показника *pnn50* зустрічалася у 56,5% хворих, в той час як у здорових — тільки у 9,5% ($p=0,95$). Для показника симетрії зубця Т (β_T) у дітей з ЦД1 в 26,1% випадків спостерігалися атипові патерни «Зростання» порівняно з 14,3% у здорових дітей. Подібна реакція спостерігалася і для показника середньоквадратичного відхилення симетрії зубця Т (СКВ β_T).

Висновки. Виявлення нетипових патернів, що характеризують динаміку показників ВРС і ЕКГ в результаті проби з фізичним навантаженням, можна вважати достовірним діагностичним маркером діабетичної кардіоміопатії.

Ключові слова: цукровий діабет, адаптаційно-приспосувальні реакції, симетрія зубця Т, ФАЗАГРАФ®.

Введение

Изучение функционального состояния организма важно для определения уровня здоровья детей и подростков с позиции приспособительной деятельности.

Известно, что у детей с сахарным диабетом (СД) 1 типа (СД1) отмечается относительная симпатизация регуляции сердечного ритма на фоне общей симпатической и парасимпатической недостаточности, что свидетельствует о сниженной чувствительности сердечно-сосудистой системы (ССС) к регуляторным воздействиям, уменьшении активности подкорковых нервных центров и истощении энергетических и метаболических резервов миокарда [4]. Показано, что при проведении проб с физической нагрузкой у детей с СД1 наблюдалось возникновение «отрицательной фазы пульса» (то есть уменьшение его величины ниже исходного уровня на 2–4 удара), что может быть результатом избыточного повышения тонуса парасимпатического отдела нервной системы или следствием вегетативной дисфункции [1].

Кроме того, по данным велоэргометрии, СД1 существенно замедляет процесс адаптации реполяризации миокарда к дозированной физической нагрузке, способствуя развитию электрической нестабильности миокарда. Показатели, позволяющие объективно оценить реакцию процессов реполяризации на физический стресс, у детей с СД существенно отличаются от показателей здоровых детей на этапе «вработывания» и в раннем восстановительном периоде, что отражает недостаточно эффективную частотную адаптацию процессов реполяризации к физическим нагрузкам у детей с данной патологией [3]. Однако проведение велоэргометрии у детей с СД1 остается ограниченным, в основном из-за недостаточного материально-технического обеспечения государственных лечебно-профилактических учреждений и невозможности проведения обследования в условиях скрининга.

На сегодня с целью оценки функционального состояния организма используют также анализ вариабельности ритма сердца (ВРС), который позволяет оценить активность симпатического и парасимпатического отделов вегетативной нервной системы (ВНС). Кроме того, функционально-резервные возможности ССС ребенка наиболее часто определяются с помощью специального теста – пробы Руфье, базирующейся на подсчете частоты сердечных

сокращений (ЧСС). Однако в последнее время в отношении оценки полученных данных тестирования имеются разночтения.

Использование современной технологии регистрации и обработки электрокардиограммы (ЭКГ) в фазовом пространстве координат, реализованной в портативном кардиодиагностическом комплексе «ФАЗАГРАФ»® (Украина), позволяет, помимо регистрации и изучения ВРС, с высокой точностью оценивать форму ЭКГ и анализировать дополнительные диагностические признаки, ранее не используемые в кардиологических исследованиях, в частности параметр β_T , характеризующий симметрию зубца Т на фазовом портрете ЭКГ [8].

Наши предыдущие исследования показали, что параметр β_T более чувствителен к нагрузке, чем ЧСС, используемая для расчета индекса Руфье, и позволяет оценить степень напряжения миокарда и выявить наличие дисфункции кардиомиоцитов (диабетической кардиомиопатии – ДКМП) у детей и подростков [5,6].

Учитывая неоднозначность трактовки результатов пробы Руфье и невозможность массового проведения функциональных проб с использованием велоэргометрии, актуальным на сегодня остается поиск новых методов оценки адаптационно-приспособительной реакции организма у детей и подростков, а также изучение инновационных и более достоверных маркеров ДКМП, особенно в условиях скрининга.

Целью исследования стало дальнейшее изучение функционального состояния организма детей и подростков с СД1. Для достижения цели были поставлены следующие **задачи**:

1. Оценить и сравнить функциональное состояние детей и подростков с СД1 и практически здоровых школьников.
2. Выявить типичные реакции детей и подростков с СД1 на физическую нагрузку.
3. Определить маркеры ДКМП на основании анализа адаптационно-приспособительных возможностей организма.

Материал и методы исследования

Обследовано 23 ребенка с СД1 в возрасте 7–16 лет (средний возраст $11 \pm 5,9$ года), которые находились на стационарном лечении в Городском эндокринологическом отделении Детской клинической больницы №6 г. Киева. Группу контроля составили 22 практически здоровых школьника г. Киева в возрасте 7–15 лет (средний возраст $11 \pm 4,4$ года).

Исследование было выполнено в соответствии с принципами Хельсинкской Декларации. Протокол исследования был одобрен Локальным этическим комитетом (ЛЭК) всех участвующих учреждений. На проведение исследований было получено информированное согласие родителей детей (или их опекунов).

Исследования проводили с помощью отечественного диагностического комплекса «ФАЗАГРАФ»[®], реализующего оригинальную информационную технологию обработки ЭКГ на фазовой плоскости [5]. Комплекс обеспечивает удобство регистрации сигнала первого стандартного отведения с помощью специального сенсора с пальцевыми электродами и позволяет автоматически определить три группы показателей ЭКГ и ВРС $x_i^{(1)}$, $x_i^{(2)}$, $x_i^{(3)}$, $i=1, \dots, N^{(1)}$, которые вычисляются в состоянии покоя $x_i^{(1)}$, сразу после дозированной нагрузки $x_i^{(2)}$ и после 3-минутного отдыха после завершения нагрузки $x_i^{(3)}$, где N — общее количество показателей.

В качестве показателей ЭКГ используются амплитудно-временные параметры, которые могут быть измерены по сигналу одного отведения, в том числе:

- ЧСС (уд/мин) — средняя частота сердечных сокращений;
- NN (мс) — средняя продолжительность нормального кардиоинтервала;
- A_P , A_Q , A_R , A_S , A_T (мВ) — соответственно амплитуды зубцов P, Q, R, S, T;
- δ_Q (мс) — продолжительность зубца Q;
- Δ_{PQ} , Δ_{QT} (мс) — соответственно продолжительности интервалов PQ и QT;
- δ_{ST} (мВ) — смещение вниз (депрессия) или вверх (элевация) сегмента ST относительно изоэлектрической линии;
- β_T (ед.) — симметрия зубца T на фазовой плоскости;
- $SKO\beta_T$ (ед.) — среднеквадратическое отклонение симметрий зубцов T на последовательности зарегистрированных циклов ЭКГ;
- S_{PR} и S_{TR} (ед.) отношения площадей зубцов P к R и T к R соответственно.

В качестве показателей ВРС используются статистические и спектральные показатели ритмограммы, в том числе:

- $SDNN$ (мс) — среднеквадратическое отклонение продолжительностей нормальных RR-интервалов;
- $RMSSD$ (мс) — квадратный корень из суммы разностей последовательного ряда кардиоинтервалов;

- $PNN50$ (%) — процент пар кардиоинтервалов с разностью более 50 мс от общего числа кардиоинтервалов в массиве;
- CV (%) — коэффициент вариации полного массива кардиоинтервалов;
- Mo (мс) — мода ритмограммы;
- AMo (%) — амплитуда моды ритмограммы;
- $MxDMn$ (мс) — разность между максимальным и минимальным значениями нормальных RR-интервалов;
- IN (ед.) — индекс Баевского (индекс напряжения регуляторных систем);
- HF (%) — спектр мощности ритмограммы в диапазоне высоких частот (более 15 Гц);
- LF (%) — спектр мощности ритмограммы в диапазоне низких частот (0,4–15 Гц);
- LF/HF (ед.) — симпато-вагусный баланс.

Исследование провели в основной и контрольной группе до и сразу же после физической нагрузки, а также на третьей минуте отдыха (период реституции). Запись ЭКГ проводили в положении сидя в состоянии относительного покоя. В виде физической нагрузки была избрана стандартная проба с приседаниями по типу пробы Руфье — 20 приседаний за 30 секунд (рис. 1).

Данные обрабатывали методами вариационной статистики, достоверность различий оценили на основе t-критерия Стьюдента и доверительных интервалов вероятностей паттернов, характеризующих динамику изменения показателей под нагрузкой и в период реституции.

Качественная оценка реакции организма на нагрузку осуществляется следующим образом. Каждая 1-я тройка показателей (рис. 1) формирует один из пяти классов паттернов, форма которых характеризует типичную и атипичную динамику изменений показателя при нагрузке и в период реституции (рис. 2) [7].

Классы паттернов автоматически определяются дополнительным программным модулем, с помощью которого строились также распределения классов паттернов в группах и вычислялись доверительные вероятности обнаруженных отличий.

Паттерны «Максимум» и «Минимум» характеризуют ситуацию, в которой значение показателя сразу после физической нагрузки возросло (снизилось), а в период реституции более или менее вернулось к значению в состоянии покоя. Данные паттерны являются физиологичными, то есть типичными для реакции организма на любой вид нагрузки и отдых после неё.

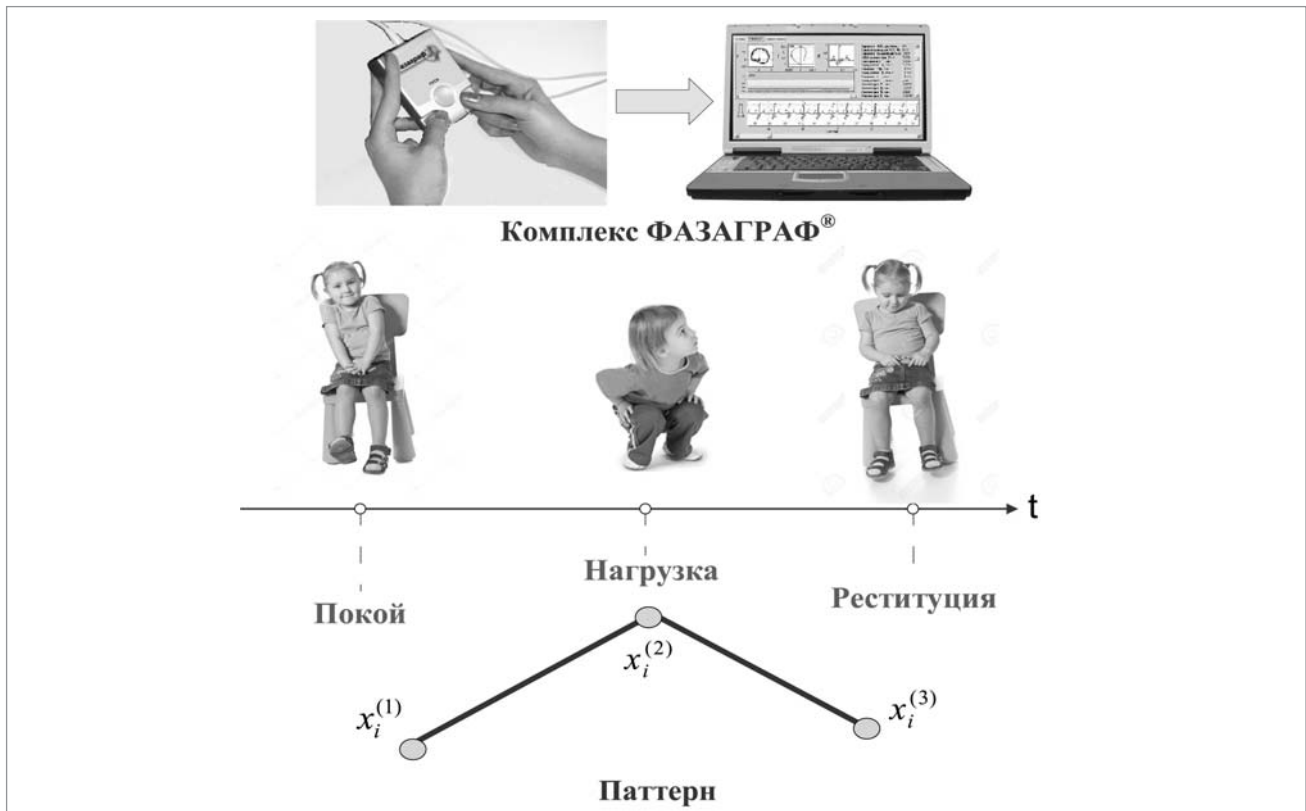


Рис. 1. Схема выполнения исследований

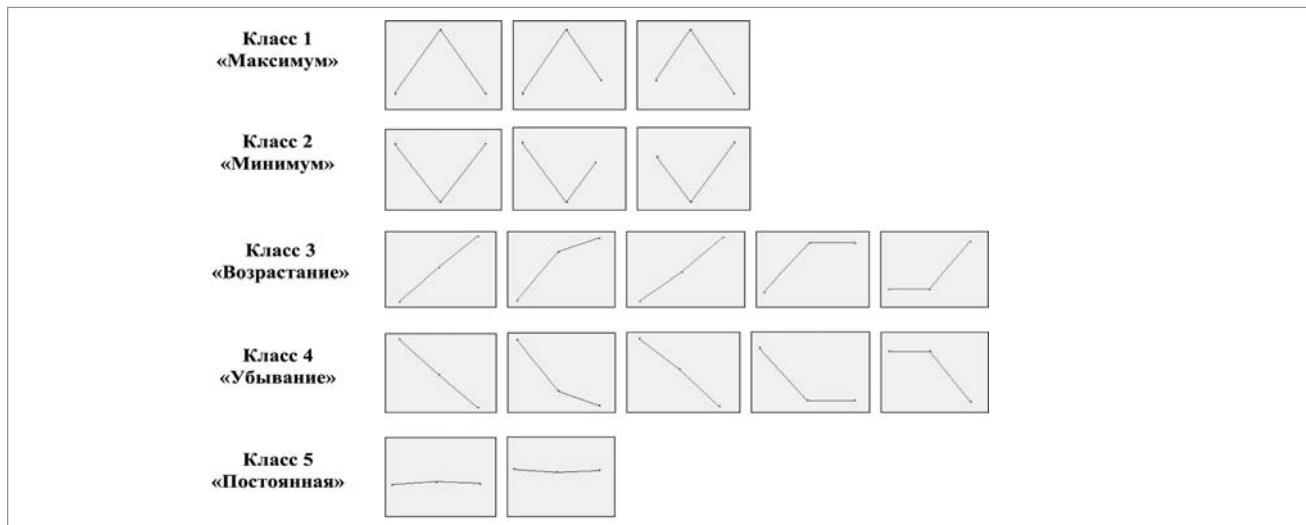


Рис. 2. Варианты формы пяти классов паттернов

Паттерны «Возрастание» и «Убывание» описывают показатели, значение которых после отдыха является большим (меньшим) его значения в состоянии покоя, т.е. характеризуют динамику на возрастание (уменьшение) значения в ходе исследования.

И, наконец, паттерн «Постоянная» описывает отсутствие видимой динамики в значениях показателей независимо от нагрузки. Три последних класса паттернов являются атипичными для реакции организма на любой вид нагрузки и отдых после неё.

Результаты исследований и их обсуждение

В ходе нашего исследования были выявлены достоверные различия средних значений показателей в группах в состоянии покоя (табл.1). В частности, у детей с СД1 наблюдались снижение показателя $pNN50$ почти вдвое, увеличение амплитуды моды AMo в 1,3 раза, увеличение IH в 1,7 раза, увеличение симпто-вагусного соотношения LF/HF в 1,6 раза (табл. 1), что свидетельствует о существенной симпатизации регуляции деятельности ССС у этой группы детей по сравнению с практически здоровыми школьниками.

Таблица 1

Показатели ВРС и ЭКГ в группах в состоянии покоя

Показатель	Основная группа (n=23)	Группа контроля (n=22)	p
pNN50, %	21,0±21,3	39,9±21,8	<0,05
HRV tr. index	8,9±2,8	12,2±3,5	<0,001
АМо, %	44,9±14,5	35,9±12,0	<0,05
Индекс напряжения	200,9±165,5	117,7±101,1	<0,05
LFn, %	35,7±7,3	28,5±13,7	<0,05
HFn, %	44,5±15,2	58,5±17,7	<0,05
LF/HF	0,97±0,56	0,61±0,47	<0,05
Сегмент PQ, сек.	0,050±0,02	0,039±0,02	<0,05
Продолжит. R, сек.	0,045±0,009	0,040±0,006	<0,05
Амплитуда Т, мв	0,21±0,07	0,26±0,09	<0,05
Комплекс QRS, сек.	0,062±0,009	0,058±0,007	<0,05
СКО симметрии Т	0,076±0,039	0,060±0,024	<0,05

Кроме того, при морфологическом анализе электрокардиосигнала обнаружено значительное уширение сегмента PQ, увеличение продолжительности зубца R, расширение комплекса QRS на фоне снижения амплитуды зубца Т (табл. 1). Данные показатели соответствуют результатам, полученным нами в предыдущих работах [6], и дают нам основание предполагать, что такие изменения являются типичными для детей с СД1.

Обнаружены также достоверное увеличение оригинального показателя СКО симметрии зубца Т в 1,3 раза у детей с СД1, что еще раз подтверждает, что этот показатель может

использоваться как доказательный маркер нестабильности функционирования кардиомиоцитов от кардиоцикла к кардиоциклу [6].

Если рассматривать результаты, полученные в исследуемых группах сразу после проведения пробы с приседаниями (табл. 2), можно отметить достоверно более высокую ЧСС, а также, соответственно, более низкие показатели NN, SDNN и CV – практически в 1,3 раза – у детей с СД1 по сравнению со здоровыми одногодками. Кроме того, выявлены существенно более высокие показатели амплитуды моды (АМо), ИН (более чем в 3 раза), а также

Таблица 2

Показатели ВРС и ЭКГ в группах сразу после физической нагрузки

Показатель	Основная группа (n=23)	Группа контроля (n=22)	p
Средняя ЧСС, уд/мин	103,7±11,9	90,5±9,4	<0,001
NN, мс	582±68,9	664±73,6	<0,001
SDNN, мс	58,6±27,4	89,0±27,4	<0,001
CV, %	9,9±3,9	13,3±3,5	<0,05
HRV tr.index	10,8±3,8	14,5±2,6	<0,001
АМо, %	37,9±12,4	26,6±6,3	<0,001
МхDMn, мс	255,2±129,7	400,3±122,2	<0,001
Индекс напряжения	196,1±164,0	117,7±29,6	<0,001
HFn, %	26,5±16,5	42,7±19,6	<0,05
Смещение ST, мв	-0,01±0,03	0,005±0,02	<0,05
Продолжит. P, сек.	0,093±0,028	0,108±0,016	<0,05
Сегмент PQ, сек.	0,052±0,018	0,040±0,016	<0,05
Амплитуда Т, мв	0,17±0,06	0,23±0,08	<0,05
Комплекс QRS, сек.	0,062±0,008	0,058±0,008	<0,05
Q-Tс, сек.	0,45±0,05	0,43±0,01	<0,05
Средняя симметрия Т	0,87±0,18	0,74±0,10	<0,05

Таблица 3

Показатели ВРС и ЭКГ в группах после трёх минут отдыха

Показатель	Основная группа (n=23)	Группа контроля (n=22)	p
Вариабельность ЧСС, %	16,1±5,9	20,1±7,3	<0,05
pNN50, %	19,9±23,5	32,1±23,7	<0,05
CV, %	6,8±3,4	8,7±3,3	<0,05
АМо, %	44,8±15,6	37,7±12,8	<0,05
Индекс напряжения	228,7±188,1	147,2±112,2	<0,05
LFn, %	41,2±14,6	33,4±15,5	<0,05
HFn, %	39,1±16,9	53,4±22,8	<0,05
LF/HF	1,37±0,9	0,89±0,7	<0,05
Продолжит. P, сек.	0,099±0,014	0,108±0,022	<0,05
Продолжит. R, сек.	0,045±0,008	0,040±0,006	<0,05
Амплитуда T, мв	0,20±0,08	0,27±0,10	<0,05
Комплекс QRS, сек.	0,061±0,007	0,057±0,007	<0,05
Площади T/R	2,00±1,24	2,79±1,42	<0,05
Средняя симметрия T	0,78±0,15	0,68±0,10	<0,05
СКО симметрии T	0,090±0,035	0,055±0,022	<0,001

спектра мощности ритмограммы в диапазоне высоких частот (HFn), что в очередной раз подчеркивает недостаточность парасимпатического влияния на сердце и значительное преобладание импульсов от симпатических отделов ВНС у детей с СД1.

По нашему мнению, данное регуляторное соотношение приводит к быстрому истощению метаболических резервов миокарда, «снашиванию» сердечной мышцы и прогрессированию дисфункции кардиомиоцитов. Более того, у детей с СД1 отмечаются существенное смещение сегмента ST ниже изолинии, более узкий зубец P, более широкий сегмент PQ, более низкая амплитуда T и более расширенные комплекс QRS и интервал QTc сразу после пробы с приседаниями (табл. 2).

Важно отметить, что оригинальный показатель β_T , характеризующий симметрию зубца T, у детей с СД1 был в 1,2 раза выше, чем у детей из группы контроля, что свидетельствует о наличии более глубокой дисфункции кардиомиоцитов у данной группы детей после нагрузки.

Интересные результаты получены также при сравнении показателей в период реституции (табл. 3). При анализе этих результатов обнаружено, что у детей с СД1 сохраняются черты, характерные для них в состоянии покоя, — сравнительно низкие значения показателя pNN50, высокие значения амплитуды моды АМо, ИН и симпато-вагусного соотношение LF/HF.

В традиционных показателях ЭКГ также наблюдались достоверные различия в группах.

Таблица 4

Достоверные отличия приращений показателей в группах при нагрузке

Показатель	Основная группа (n=23)	Группа контроля (n=22)	p
	$x_i^{(2)} - x_i^{(1)}$	$x_i^{(2)} - x_i^{(1)}$	
NN, мс	-100,4±89,3	-25,9±36,3	<0,05
SDNN, мс	8,8±23,7	25,2±19,7	<0,05
RMSSD, мс	-12,7±25,4	13,2±22,9	<0,05
Mo, мс	-112,4±107,7	-9,1±43,4	<0,05
MxDMn, мс	18,5±108,3	105,9±103,4	<0,05
LFn, %	-10,2±9,7	-0,7±9,9	<0,05
Смещение ST, мв	-0,0167±0,017	-0,0047±0,014	<0,05
Амплитуда S, мв	-0,03±0,05	0,01±0,04	<0,05
QTc, сек.	0,036±0,048	-0,003±0,009	<0,05

Таблица 5

Достоверные отличия приращений показателей в группах после отдыха

Показатель	Основная группа (n=23)	Группа контроля (n=22)	p
	$x_i^{(3)} - x_i^{(1)}$	$x_i^{(3)} - x_i^{(1)}$	
RMSSD, мс	-10,9±25,1	20,2±20,3	<0,05
pNN50, %	-6,7±16,0	7,9±9,4	<0,05
HRV tr.index	1,06±2,9	3,3±2,2	<0,05
MxDMn, мс	32,4±91,5	138,9±102,3	<0,05
LFn, %	-17,2±12,5	-5,5±11,5	<0,05
Продолжит. R, сек	-0,003±0,004	0,001±0,002	<0,05
Амплитуда Q, мв	-0,008±0,014	0,003±0,009	<0,05
Амплитуда R, мв	-0,119±0,074	-0,066±0,046	<0,05
Интервал QT, сек.	-0,027±0,022	-0,011±0,008	<0,05
Амплитуды Q/R	0,047±0,047	0,003±0,015	<0,05
QTс, сек.	0,008±0,023	-0,008±0,008	<0,05
СКО симметрии Т	0,027±0,029	0,010±0,015	<0,05

В частности, у детей с СД1 отмечались расширенные зубец R и комплекс QRS, причем данные изменения достоверно отличались от аналогичных показателей практически здоровых школьников ($p < 0,05$).

Выявлены также достоверно более высокие показатели оригинальных диагностических признаков ЭКГ: СКО симметрии зубца Т была 1,6 раза выше, а показатель симметрии зубца Т (β_T) – в 1,1 раза выше у детей с СД1 по сравнению с группой контроля. Это свидетельствует о сохранении нестабильности функционирования миокарда и дисфункции самих кардиомиоцитов у детей с СД1 даже после отдыха, т.е. о низких восстановительных возможностях ССС у данной группы детей.

При анализе достоверности динамики показателей ритмограммы и ЭКГ при нагрузке у детей обеих групп (табл. 4) было выявлено, что у детей с СД1, в отличие от состояния покоя, наблюдается более существенное уменьшение показателей NN, RMSSD, Mo, LFn и более существенное возрастание показателя SDNN по сравнению с практически здоровыми детьми. Данные изменения свидетельствуют о значительном преобладании регуляторных влияний симпатического отдела вегетативной нервной системы на фоне недостаточности парасимпатического при нагрузке.

Кроме того, у детей основной группы отмечено более сильное смещение сегмента ST, снижение амплитуды зубца S и расширение интервала QTс после нагрузки, в отличие от состояния покоя. Поскольку у практически здоровых

школьников данные изменения наблюдаются значительно реже и значительно менее выражены, такие изменения можно считать маркером диабетической кардиомиопатии у детей с СД1.

При анализе динамики показателей у детей с СД1 после 3-минутного отдыха (табл. 5), можно отметить достоверные отличия в приращениях показателей RMSSD, pNN50 и LFn по сравнению со здоровыми сверстниками.

У детей группы контроля, наоборот, отмечается снижение показателей RMSSD, pNN50. Более того, у детей с СД1 в период реституции наблюдается однотипная форма электрокардиосигнала – расширение зубца R, увеличение амплитуды зубца R и уменьшение амплитуды зубца Q на фоне расширения интервала QT, тогда как у здоровых школьников отмечается сужение зубца R и увеличение амплитуды зубца Q.

При проведении углубленного морфологического анализа ЭКГ в фазовом пространстве с оценкой оригинальных диагностических признаков выявлено достоверное уменьшение СКО симметрии Т у детей с СД1 после трех минут отдыха в отличие от практически здоровых детей. Таким образом, полученные результаты свидетельствуют о более ограниченных восстановительных возможностях ССС у детей с СД1. И хотя стабильность функционирования миокарда у детей из основной группы восстанавливалась быстрее после 3-й минуты отдыха, показатель СКО симметрии зубца Т у них практически вдвое превышал значения этого показателя у здоровых детей.

Интересные результаты получены при качественной оценке реакции организма детей в

Таблица 6

Оценка распределений классов паттернов в группах здоровых детей (группа 1) и больных (группа 2)

Показатель	Классы паттернов в группе 1, %					Классы паттернов в группе 2, %				
	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
ЧСС, уд/мин	38,1	4,8	19	9,5	28,6	87	0	8,7	0	4,3
AP, мВ	14,3	28,6	28,6	28,6	0	13	60,9	0	26,1	0
AQ, мВ	28,6	4,8	28,6	38,1	0	13	60,9	8,7	17,4	0
AR, мВ	0	61,9	23,8	4,8	9,5	4,3	73,9	17,4	0	4,3
AS, мВ	47,6	14,3	9,5	28,6	0	17,4	26,1	13	39,1	4,3
AT, мВ	0	71,4	19	4,8	4,8	4,3	65,2	4,3	21,7	4,3
ΔQ, мс	11,1	22,2	44,4	5,6	16,7	45	25	25	5	0
ΔPQ, мс	4,8	19	33,3	4,8	38,1	8,7	56,5	4,3	13	17,4
ΔQT, мс	0	19	9,5	19	52,4	8,7	60,9	13	8,7	8,7
δST, мВ	28,6	33,3	9,5	28,6	0	21,7	47,8	8,7	21,7	0
β _T , ед.	52,4	0	14,3	33,3	0	65,2	0	26,1	4,3	4,3
СКО_β _T , ед.	52,4	23,8	4,8	19	0	69,6	8,7	13	8,7	0
S _{PR} , ед.	38,9	11,1	11,1	38,9	0	45	45	0	10	0
S _{TR} , ед.	19	33,3	9,5	28,6	9,5	21,7	30,4	13	30,4	4,3
SDNN, мс	76,2	0	4,8	19	0	52,2	26,1	13	8,7	0
RMSSD, мс	57,1	0	9,5	28,6	4,8	26,1	43,5	8,7	21,7	0
PNN50, %	38,1	9,5	9,5	38,1	4,8	21,7	56,5	0	21,7	0
CV, %	85,7	4,8	0	9,5	0	65,2	13	13	8,7	0
Mo, мс	23,8	14,3	9,5	28,6	23,8	8,7	82,6	0	4,3	4,3
AMo, %	4,8	76,2	19	0	0	17,4	39,1	26,1	17,4	0
MxDMn, мс	76,2	4,8	4,8	14,3	0	52,2	26,1	4,3	17,4	0
ИН, ед.	4,8	76,2	19	0	0	30,4	30,4	26,1	13	0
HF, %	4,8	76,2	14,3	4,8	0	4,3	73,9	0	21,7	0
LF, %	19	33,3	23,8	23,8	0	4,3	73,9	13	8,7	0
LF/HF, ед.	42,9	9,5	28,6	19	0	39,1	30,4	26,1	4,3	0

группах на основе анализа распределения паттернов измеряемых показателей. В табл. 6 приведены результаты оценки распределений пяти классов паттернов, формируемых разными показателями, которые наблюдались в указанных группах. В таблице выделены ячейки, соответствующие доминантным паттернам в группах. Как видно из таблицы, частоты появления паттернов одного и того же показателя различаются в группах. Для подтверждения достоверности таких различий была проведена дополнительная обработка данных на основе вычисления доверительных интервалов, в которые с заданной доверительной вероятностью попадают наблюдаемые частоты [2]. Установлено, что для ряда показателей доверительные интервалы вероятности появления однотипных паттернов не пересекаются в группах, что свидетельствует о достоверном различии динамики изменения соответствующих показателей под действием нагрузки у детей с СД1 и здоровых детей.

В частности установлено, что для показателей AMo и ИН чаще всего встречался паттерн класса 2 (снижение сразу после нагрузки и возвращение

к исходному уровню в период реституции), что является нормальной реакцией на нагрузку. Причем у здоровых детей это происходило чаще, чем у больных. Были выявлены достоверные отличия между группами по этим показателям (для показателя AMo доверительная вероятность составила $p=0,9$, а для ИН – $p=0,95$).

Паттерн показателей SDNN и RMSSD чаще всего относился к классу 1 (возрастание сразу после нагрузки и возвращение к исходному уровню), что является нормальной реакцией на нагрузку. Тут также адекватная реакция встречалась чаще у здоровых детей, чем у больных.

Важно отметить, что у 26,1% больных наблюдалась атипичная реакция на нагрузку: паттерн показателя SDNN принадлежал классу 2 («Минимум»), в то время как у здоровых детей такая атипичная динамика отсутствовала (доверительная вероятность отличий составила $p=0,9$).

Точно так же у 43,5% больных детей показатель RMSSD принадлежал атипичному классу 2 («Минимум»), в то время как у здоровых детей такая динамика не наблюдалась (доверительная вероятность отличий составила $p=0,95$).

Уменьшение показателя SDNN, характеризующего суммарный эффект вегетативной регуляции кровообращения, после нагрузки свидетельствует о снижении общей активности ВНС у детей с СД1.

Пример атипичной реакции на нагрузку наблюдался и для показателя *PNN50* (класс 2). У больных диабетом такая нетипичная реакция встречалась в 56,5% случаях, в то время как у здоровых — только в 9,5% (достоверность отличий $p=0,95$). Данная тенденция к снижению показателя *PNN50* после пробы с приседаниями с дальнейшим его восстановлением после отдыха говорит о снижении активности парасимпатической нервной системы у детей с СД1, тогда как у здоровых детей при нагрузке отмечается снижение симпатического влияния и превалирование импульсов парасимпатической нервной системы.

Атипичные реакции в динамике показателей как SDNN и *RMSSD*, так и *PNN50*, являются наглядным свидетельством развития автономной невропатии у детей с СД1 и могут считаться её маркерами.

Доминантный класс паттерна показателя β_T в обеих группах принадлежал классу 2 («Максимум»). В то же время у больных диабетом наблюдалось достаточно большое количество атипичных реакций — паттерн класса 3 (26,1% случаев) по сравнению со здоровыми детьми (14,3% случаев). Интересно, что у здоровых детей в 33,3% случаев наблюдалась атипичная реакция паттерна класса 4 («Убывание»), в то время как у больных такая реакция наблюдалась всего в 4,3% случаев (доверительная вероятность отличий $p=0,9$).

Подобная ситуация прослеживается и для показателя СКО β_T : хотя в обеих группах наблюдалась тенденция к преобладанию первого класса, но при этом 23,8% наблюдений здоровых детей относятся к классу 2, а у больных детей зафиксировано всего лишь 8,7% подобных случаев.

Аналогичные изменения в динамике показателей симметрии зубца Т свидетельствуют о том, что даже после трех минут отдыха у детей с СД1 сохраняется и даже прогрессирует дисфункция кардиомиоцитов и нестабиль-

ность функционирования миокарда, тогда как у практически здоровых школьников небольшая физическая нагрузка приводит не только к повышению показателей симметрии зубца Т с их дальнейшим восстановлением до исходного уровня, а даже к их снижению ниже исходного уровня.

Наличие паттерна «Возрастание» в динамике показателя симметрии зубца Т (β_T) и СКО β_T можно считать дополнительным и наглядным диагностическим маркером диабетической кардиомиопатии у детей с СД1.

Выводы

1. СД1 отмечается преобладание влияния симпатической нервной системы в регуляции работы сердечно-сосудистой системы, как в состоянии покоя, так и при нагрузке и в период отдыха, что приводит к худшему восстановлению и быстрому истощению резервов миокарда.

2. В ответ на пробу с физической нагрузкой у здоровых детей динамика показателей ВРС и ЭКГ характеризуется преимущественно типичными классами паттернов («Максимум» и «Минимум»), тогда как СД1 более часто выявлялись атипичные паттерны («Возрастание» и/или «Убывание»).

3. Выявление динамики показателей ВРС и ЭКГ в результате пробы с физической нагрузкой по паттерну классов «Возрастание» и/или «Убывание» у детей с СД1 типа можно считать диагностическим маркером ДКМП у детей с СД1.

4. Наличие паттерна «Возрастание» в динамике показателя симметрии зубца Т (β_T) и СКО β_T также можно считать диагностическим маркером ДКМП у детей с СД1.

5. Предложенный подход к оценке функционального состояния организма детей и подростков с СД1, который основан на анализе формы паттернов, характеризующих динамику изменения показателей ЭКГ и ВРС в пробе с физической нагрузкой, является наглядным и легко может быть реализован в «полевых» условиях с использованием диагностического комплекса «ФАЗАГРАФ»®.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Васильева РМ. (1989). Состояние центральной гемодинамики у детей школьного возраста при выполнении физических нагрузок разной мощности. В книге ЛЕ Любомирский (ред.). Нормирование нагрузок в физическом воспитании школьников. Москва: Педагогика: 39—58.
2. Вентцель ЕС. (1969). Теория вероятности. Москва: Наука.
3. Горбунова ИА. (2009). Влияние дозированной физической нагрузки на процессы адаптации и дизадаптации сердечно-сосудистой системы у детей в норме и при патологии. <http://www.disserscat.com/content/vliyanie-dozirovannoi-fizicheskoi-nagruzki-na-protsessy-adaptatsii-i-dizadaptatsii-serdechno-sosudistoi-sistemy-u-detei-v-norme-i-pri-patologii>.
4. Майданник ВГ, Суліковська ОВ. (2005). Спектральний аналіз варіабельності серця у дітей при різних захворюваннях. Педіатрія, акушерство та гінекологія. 1: 32—39.
5. Майданник ВГ, Хайтович НВ, Файнзильберг ЛС, Степанов ВА, Владимірова АА, Мисюра ЛІ. (2013). Симметрия зубца Т на электрокардиограмме как маркер кардиометаболического риска у школьников. Международный журнал педиатрии, акушерства и гинекологии. 4(3): 35—39.
6. Морозик АА, Файнзильберг ЛС. (2015). Диагностическая значимость сочетанного анализа электрокардиосигнала на фазовой плоскости и variability ритма сердца у детей с диабетической кардиомиопатией. Международный журнал педиатрии, акушерства и гинекологии. 7(1): 11—17.
7. Файнзильберг ЛС, Ориховская КБ. (2015). Информационная технология оценки адаптационных резервов организма в полевых условиях. Кибернетика и вычислительная техника. 181: 4—22.
8. Файнзильберг ЛС. (2013). Компьютерная диагностика по фазовому портрету электрокардиограммы. Киев: Освита України.

Сведения об авторах:

Майданник Виталий Григорьевич — академик НАМН Украины, д.мед.н., проф., зав. каф. педиатрии №4 НМУ имени А.А. Богомольца.

Адрес: г. Киев, ул. Льва Толстого, 10.

Файнзильберг Леонид Соломонович — д.тех.н., проф., гл. н.с. Международного научно-учебного центра информационных технологий и систем НАН и МОН Украины. Адрес: г. Киев, просп. Академика Глушкова, 40.

Дуккарт Ксения Борисовна — мл.н.с. Международного научно-учебного центра информационных технологий и систем НАН и МОН Украины. Адрес: г. Киев, просп. Академика Глушкова, 40.

Кондратюк Александра Сергеевна — к.мед.н., ассистент. Каф. коммунальной гигиены и экологии человека с секцией гигиены детей и подростков НМУ имени А.А. Богомольца. Адрес: г. Киев, просп. Победы, 34.

Морозик Анастасия Александровна — врач-педиатр Детского медицинского центра «КиндерЛаб», соискатель каф. педиатрии №4 НМУ имени А.А. Богомольца. Адрес: г. Киев, ул. Льва Толстого, 10.

Статья поступила в редакцию 27.10.2017 г.

НОВОСТИ

Украинские врачи получают сертификат с международными кредитами

Аккредитационный Совет по Непрерывному Медицинскому Образованию (**Accreditation Council for Continuing Medical Education — ACCME, США**) создан Американской Медицинской Ассоциацией для разработки и внедрения стандартов качества непрерывного медицинского образования (НМО), которое используется для повышения компетенции врачей и применения полученных ими знаний для улучшения качества медицинской помощи пациентам.

Для проведения учебных мероприятий в соответствии со стандартами ACCME и присвоения врачам кредитов **AMA PRA Category 1 Credit™** Американской Медицинской Ассоциации, ACCME предоставляет полномочия только аккредитованным им организациям (провайдерам), которые работают в системе НМО как в США, так и в других странах.

Сегодня кредиты, полученные в рамках мероприятий непрерывного медицинского образования, аккредитованных ACCME, засчитываются в США, Европе и Канаде и, с принятием Положения «О системе непрерывного профессионального развития медицинских и фармацевтических работников», будут засчитываться в Украине.

Впервые в Украине в результате сотрудничества аккредитованного ACCME провайдера непрерывного медицинского образования **Siyemi Learning*** (Великобритания) и **Группы Компаний МедЭксперт** реализована возможность проводить образовательные мероприятия по стандартам ACCME и предоставлять специалистам сертификаты международного образца с **AMA PRA Category 1 Credits™**.

Участники смогут получить только то количество кредитов, которое соответствует времени их участия в образовательном мероприятии (1 час = 1 кредит).

** Siyemi Learning аккредитована ACCME организовывать и проводить различные образовательные мероприятия на международном уровне в рамках непрерывного медицинского образования для врачей. Поэтому семинары будут реализованы на высоком международном уровне в соответствии с требованиями по аккредитации и по стандартам Аккредитационного Совета по Непрерывному Медицинскому Образованию (ACCME). Siyemi Learning имеет полномочия присваивать образовательным мероприятиям международные кредиты Американской Медицинской Ассоциации — AMA PRA Category 1 Credits™.*

Источник: <https://med-expert.com.ua>