

## Новые подходы в оценке кардиореспираторного сопряжения у школьников

Минина Е. Н.<sup>1</sup>, Богач И. Н.<sup>2</sup>, Файнзильберг Л. С.<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Минина Елена Николаевна / Minina Elena Nikolaevna - кандидат биологических наук, доцент;

<sup>2</sup>Богач Ирина Николаевна / Bogach Irina Nikolaevna - аспирант,  
кафедра теории и методики адаптивной физической культуры,  
физической реабилитации и оздоровительных технологий,  
Таврическая академия,

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение Высшего образования  
Крымский федеральный университет им. В. И. Вернадского, г. Симферополь

<sup>3</sup>Файнзильберг Леонид Соломонович / Fajnzil'berg Leonid Solomonovich - доктор технических  
наук,

Международный научно-учебный центр информационных технологий и систем НАН и МОН  
Украины, г. Киев,

**Аннотация:** в статье представлены результаты исследований раннего выявления донозологического нарушения функционирования кардиореспираторной системы и сниженных адаптационных резервов школьников. Было обследовано 218 условно здоровых школьников разных возрастов. С помощью прибора «Фазаграф®» измеряли параметры кардиогемодинамики, а с помощью капнографа «Еламед» определяли напряжение  $CO_2$  в последней фракции выдыхаемого воздуха. Были определены типы дыхания и показатель QT эталонного цикла. Определяли индекс эффективности кардиореспираторного сопряжения по формуле  $ИЭКРС = QT/ДЦ$  усл.ед.

**Abstract:** in the present article suggested consideration of studies of early detection prenosological malfunctions and reduced adaptation reserves schoolchildren were examined 218 apparently healthy students of different vozrastov.S using the device «Fasegraph®» measured parameters of cardiac hemodynamics, and with capnograph «Elamed» determined by the voltage of  $CO_2$  in the last fraction of exhaled air. It has been identified types of respiratory rate and the reference cycle. Define an index of cardiorespiratory coupling efficiency formula  $IEKRS = QT / T DTs$ usl.e.

**Ключевые слова:** кардиореспираторное сопряжение, капнография, эталонный цикл.

**Keywords:** cardiorespiratory interface, capnografiya, reference cycle.

**Введение.** В настоящее время большую тревогу вызывает ухудшение состояния здоровья и функционального состояния детей [3]. По данным Института гигиены детей и подростков, более чем у 50 % детей имеются функциональные отклонения в состоянии здоровья, а по мнению академика Разумова А. Н. «здоровье здоровых» в настоящее время вызывает серьезные опасения. При этом в процессе жизнедеятельности организму ребёнка приходится адаптироваться к целому комплексу неадекватных внешних условий, которые могут существенно повлиять на его резервные возможности и устойчивость к различным заболеваниям [4]. Значимым фактором, влияющим на состояние здоровья подрастающего поколения, является и обучение в образовательных учреждениях, которое совпадает с периодом интенсивного роста и развития ребенка, когда организм наиболее чувствителен к воздействию условий окружающей среды [5].

Состояние кардиореспираторной системы является интегративным показателем адаптационно-приспособительной деятельности организма. Как известно, между органами дыхания и сердечно-сосудистой системой существует очень тесная анатомическая и функциональная взаимосвязь. Изменения одной системы ведут к

изменениям другой, имея в основе компенсаторный характер, направленный на сохранение постоянства внутренней среды организма. В тех случаях, когда действующий фактор превышает адаптационные возможности кардиореспираторной системы, возникает патологический процесс, включающий как функциональные, так и структурные нарушения [1].

Возрастные преобразования кардиореспираторного сопряжения обладают ярко выраженной гетерохронностью и наличием периодов, когда она наиболее уязвима к факторам внешней среды, что сопровождается изменением вегетативной регуляции и дисфункциональными типами дыхания [2].

В условиях ограниченности адаптационных резервов, свойственной растущему организму, любое увеличение нагрузки, умственной или физической, можно рассматривать как дистрессорное воздействие, носящее длительный и устойчивый характер [6]. На фоне гетерохронности развития сердечно-сосудистой системы и неэффективного кардиореспираторного сопряжения это приводит к снижению адаптационных резервов, возникновению ситуации рассогласования механизмов регуляции вегетативных функций. В этом случае жизнедеятельность осуществляется в режиме неустойчивой адаптации, которая проявляется у детей в виде ухудшения работоспособности, повышенной утомляемости и снижения устойчивости к неблагоприятным воздействиям.

**Цель исследования** – выявление и практическое апробирование нового методического подхода выявления кардиореспираторного десинхроноза для дальнейшей эффективной и своевременной коррекции.

**Материалы и методы исследования.** Было обследовано 218 условно здоровых школьников разных возрастов, условно определены группы младших школьников на примере 6 лет, средних школьников на примере 10 и 14 лет и старших школьников на примере 16-17 лет. Индекс Хильденбранта рассчитывали по формуле:

$$ИХ = ЧСС / ЧД, \quad (1)$$

где ЧСС – частота сердечных сокращений (уд/мин), а ЧД – частота дыхания (цикл/мин).

Регистрацию и анализ ЭКГ в фазовом пространстве проводили с помощью программно-технического комплекса «ФАЗАГРАФ®». В этом комплексе реализован оригинальный подход к компьютерному анализу и интерпретации ЭКГ, который основан на переходе от скалярного представления одноканальной ЭКГ  $z(t)$ , регистрируемой во временной области, к векторному представлению в виде фазового портрета в координатах  $z(t), \dot{z}(t)$ , где  $\dot{z}(t)$  – первая производная сигнала об электрической активности сердца [7]. Комплекс разработан в Международном научно-учебном центре информационных технологий и систем НАН и МОН Украины и выпускается серийно. С помощью комплекса «ФАЗАГРАФ®» измеряли параметры кардиогемодинамики: ЧСС, ИН по А. Р. Баевскому, а так же длительность QT эталонного кардиоцикла. С помощью капнографа «Еламед» определяли напряжение CO<sub>2</sub> в последней фракции выдыхаемого воздуха. Статистическую обработку полученных результатов исследований проводили с помощью программного пакета STATISTICA 6.0 (StatSoft, Inc., USA). Оценки расхождения распределений признаков проводились с помощью критерия согласия Колмогорова-Смирнова. Достоверность различий между одноименными показателями в независимых выборках оценивали с помощью непараметрического U-критерия Mann-Whitney.

**Результаты и их обсуждение.** На первом этапе наших исследований были выявлены возрастные особенности типов дыхания детей школьного возраста. При этом мы учитывали, что у детей более низкая эффективность легочной вентиляции выражается в ином газовом составе выдыхаемого воздуха. Чем меньше возраст, тем больше процент кислорода и тем меньше процент углекислого газа в выдыхаемом и альвеолярном воздухе, т. е. кислород используется детским организмом менее

эффективно. Однако степень выраженности этого явления во всех возрастных группах был не однороден.

Так, тахапноический паттерн дыхания со средними значениями  $22,2 \pm 2,4$  цик/мин был характерен школьникам 1, 5 и 9 классов. Несмотря на достоверное снижение частоты дыхательных движений у учащихся 11 класса до значений  $17,3 \pm 1,5$  цик/мин, процент дисфункциональных проявлений дыхания по показателю  $PetCO_2$  увеличивался. Как показали наши исследования, дезадаптационные состояния системы внешнего дыхания в различных возрастных группах различались как количественно, так и по качественному составу.

На втором этапе нами был проведен анализ показателя QT эталонного кардиоцикла, который с высокой информативностью определял особенности развития сердечно-сосудистой системы. Информативность показателя QT определяли с использованием ROC-анализа. Было выявлено, что при определении возрастных различий на уровне значения  $QT = 0,43$  мс, чувствительность составила 73 % и специфичность 75 % (рис. 2).

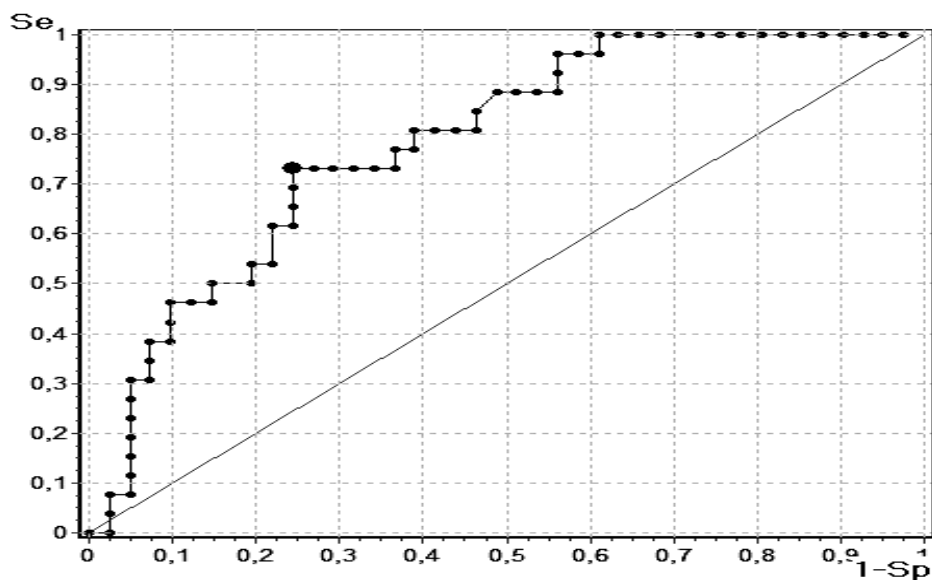


Рис. 1. Экспериментальная ROC-кривая, построенная по результатам анализа показателя QT

При этом этот показатель достоверно различался во всех возрастных группах, кроме групп школьников шести и десяти лет (рис. 2).

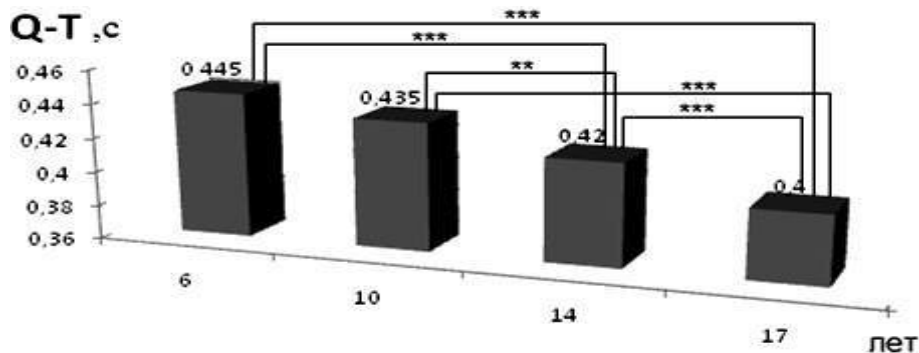


Рис. 2. Средние значения показателя QT эталонного кардиоцикла в различных возрастных группах школьников

Укорочение QT на фоне возрастного снижения ЧСС вероятно объясняется оптимизацией скорости биосигнала и диастолической функции миокарда.

Но важным фактором в оптимизации адаптационных механизмов, вероятно, является не абсолютное значение этого показателя, а его соотношение к длительности дыхательного цикла с определением индекса эффективности кардиореспираторного сопряжения (ИЭКРС), который мы рассчитывали по формуле:

$$\text{ИЭКРС} = \text{QT}/\text{ДДЦ} \text{ (усл. ед.)}, \quad (2)$$

где QT – длительность QT интервала эталонного кардиоцикла (с), ДДЦ – длительность дыхательного цикла (с). Мы произвели расчёт этого индекса с учётом типа дыхания по уровню углекислого газа в выдыхаемом воздухе.

Нами было выявлено, что индекс Хильденбранта находился в одном диапазоне и точно не отражал уровень дисбаланса, и использование этого показателя у контингента условно здоровых детей оказалось не информативным. Поэтому диапазон нормы 2,8-4,9 усл. ед. индекса Хильденбранта не позволяет ранжировать функциональное состояние детей.

Напротив, при использовании предлагаемого индекса (2), в котором фигурирует показатель QT, сложилась явная картина дисфункционального кардиореспираторного сопряжения. Так, в группах гипо- и гипер- капнии отношение QT/ДДЦ значительно превышает и соответственно снижены относительно группы нормакапнии (рис. 3).

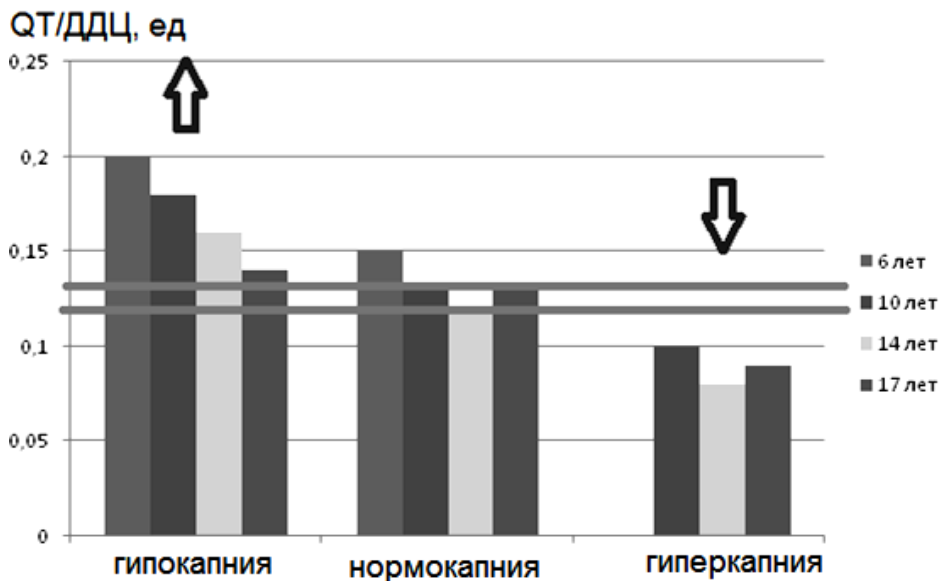


Рис. 3. Изменение индекса эффективности кардиореспираторного сопряжения (ИЭКРС) в различных возрастных группах школьников с учётом типа дыхания

Вероятно, диапазон этого значения в границах 0,12-0,13 ед. отражает наиболее адекватное кардиореспираторное функционирование. Интересно, что и напряжение механизмов регуляции в этой группе по показателю ИН было наименьшим (рис. 4).

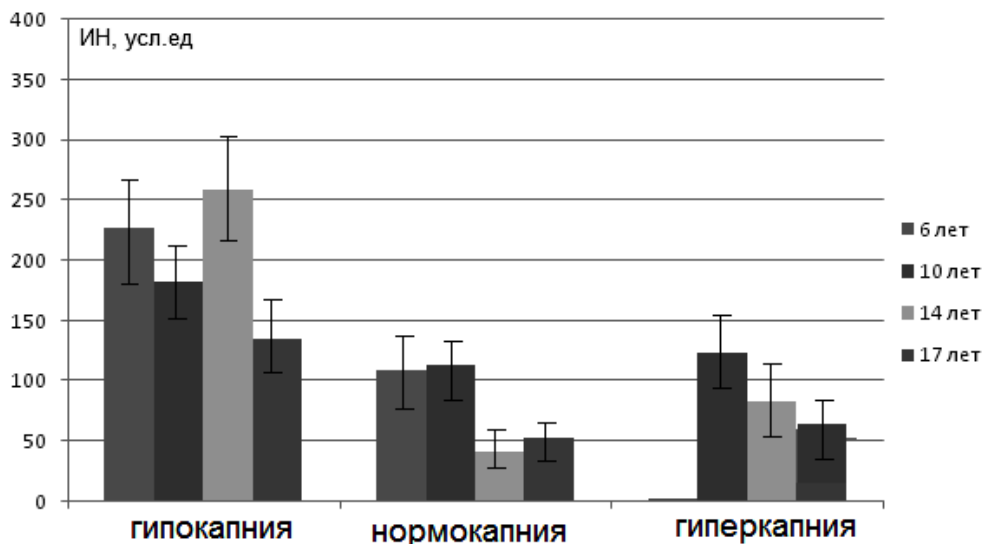


Рис. 4. Изменение индекса напряжения (ИН) в различных возрастных группах школьников с учётом типа дыхания

Данный факт ещё раз подтверждает гипотезу об адекватности выявленных численных значений отношения QT/ДДЦ и возможности применении этого индекса в оценке кардиореспираторного дисбаланса и как критерия адаптационного резерва.

Выводы:

1. Были определены возрастные особенности типов дыхания детей школьного возраста и выявлено следующее, что чем меньше возраст, тем больше процент кислорода и тем меньше процент углекислого газа в выдыхаемом и альвеолярном воздухе.

2. В исследовании применили показатель QT эталонного кардиоцикла. Информативность показателя QT определяли с использованием ROC-анализа. Было выявлено, что на уровне значения 0,43 мс при определении возрастных различий чувствительность QT составила 73 %, специфичность 75 %.

3. Предложен индекс эффективности кардиореспираторного сопряжения по формуле  $IЭКРС = QT/ДД$  (усл. ед.). При использовании этого индекса с применением QT, сложилась явная картина дисфункционального кардиореспираторного сопряжения.

4. На основании проведенных экспериментальных исследований установлено, что численное значение отношения QT/ДДЦ возможно применять как при оценке кардиореспираторного дисбаланса, так и при оценке резерва адаптации.

### Литература

1. Ананьева Н. А., Ямпольская Ю. А. Физическое развитие и адаптационные возможности школьников // Вестник Российской АМН. – М.: Медицина, 1983. – № 5. – С. 19-24.
2. Баканьчев А. В. Возможность управления состоянием функциональной системы дыхания / В кн.: Патофизиология органов и систем. - М.: РГМУ, 1996. – С. 81-103.
3. Баранов А. А. Здоровье российских детей // Педагогика. - 1999. - № 8. - С. 41-44.
4. Баранов А. А. Состояние здоровья детей и подростков в современных условиях: проблемы, пути решения // Российский педиатрический журнал - 1998. - № 1. - С.5-8.

5. *Вельтицев Ю. Е.* Концепции риска болезни и безопасности здоровья ребенка. Лекция 2. // Российский вестник перинатологии и педиатрии. Приложение к журналу. - 1994. - 83 с.
6. *Сысоенко Н. В.* Скрининговая оценка адаптации учащихся к учебной нагрузке // I Конгресс Российского общества школьной и университетской медицины и здоровья: Тезисы докладов. — М.: НЦЗД РАМН, 2008. — С. 171-172.
7. *Файнзильберг Л. С.* Компьютерная диагностика по фазовому портрету электрокардиограммы / Л. С. Файнзильберг. – К. Освита України, 2013. – 190 с.