

# AGE AND GENDER CHARACTERISTICS OF HEART RATE VARIABILITY IN PRIMARY SCHOOL CHILDREN (review)

A.Sh.Arzikulov<sup>1</sup>  H.M.Numanov

1. Andijan State Medical Institute, Andijan, Uzbekistan.

OPEN ACCESS  
IJSP**Correspondence**Numanov Xusniddin,  
Andijan State Medical Institute,  
Andijan, Uzbekistan.e-mail: [pediatr60@mail.ru](mailto:pediatr60@mail.ru)

Received: 08 January 2025

Revised: 16 January 2025

Accepted: 24 January 2025

Published: 28 January 2025

Funding source for publication:  
Andijan state medical institute and  
I-EDU GROUP LLC.**Publisher's Note:** IJSP stays  
neutral with regard to jurisdictional  
claims in published maps and  
institutional affiliations.**Copyright:** © 2022 by the  
authors. Licensee IJSP, Andijan,  
Uzbekistan. This article is an open  
access article distributed under  
the terms and conditions of the  
Creative Commons Attribution  
(CC BY-NC-ND) license (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).**Abstract.**

The article is a review and is devoted to the role of the cardiovascular system in the age-related restructuring of the adaptive mechanisms of the child's body. The heart is a reliable indicator of all events occurring in the body, in this regard, heart rate indicators allow you to monitor the degree of tension of various regulatory circuits during the growth and development of the child. Based on the analysis of the literature, it is noted that the most significant decrease in heart rate during the year is observed from 8 to 9 years old, both in boys and girls. The heart rate of primary school children becomes more stable, but increases significantly under the influence of sudden and strong movements, positive and negative emotions. The level of functioning of the heart rhythm driver during this period is imperfect, which is especially pronounced in girls. Each period of ontogenesis is characterized by a certain relationship between the links of the autonomic regulation of the heart rhythm. It has been shown that the maturation and improvement of the level of functioning and regulation of the heart rhythm in children occurs in waves. At the age of 3 and 5 years, a period of increased sympathetic activity is noted, and at 4 and 6 years, activation of the mechanisms of autonomous regulation is manifested with a decrease in the activity of the central control mechanisms. The wave-like nature of the maturation of cardioregulatory systems was also discovered in the study of schoolchildren aged 7 to 10 and 7 to 13 years.

**Key words:** children and adolescents, adaptation, cardiovascular system.

В возрастной перестройке адаптивных механизмов детского организма особая роль принадлежит сердечно-сосудистой системе. Сердце является надежным индикатором всех происходящих в организме событий, в связи с этим показатели кардиоритма позволяют следить за степенью напряжения различных контуров регуляции в процессе роста и развития ребенка [24]. Ю.А. Власов отмечает, что от 7 к 9 годам масса сердца у здоровых детей увеличивается в среднем со 105,2 г до 120,2 г у мальчиков и со 103,6 г до 115,3 г у девочек [1]. По данным С.-Р. Adler, в течение жизни число кардиомиоцитов в сердце человека не возрастает, оставаясь равным примерно 2-109 [246]. Масса сердца растет в основном за счет изменения размеров кардиомиоцитов и массы других тканей, образующих сердце. К 7-8 годам заканчивается структурная дифференцировка опорной ткани сердца и достигает полного развития его центральный и периферический нервный аппарат. Однако формирование мышечного аппарата сердца структурно еще не закончено [10]. Рост каждого кардиомиоцита сопровождается увеличением числа миофибрилл, т.е. увеличением его единичной мощности [17].

Рост кардиомиоцитов отражается на времени распространения возбуждения по миокарду, которое по мере увеличения массы сердца в процессе роста закономерно удлиняется за счет увеличения латентного периода возбуждения кардиомиоцита [13]. Таким образом, происходит увеличение продолжительности кардиоинтервалов и урежение пульса [22].

По данным Р.А. Абзалова, у мальчиков урежение пульса происходит более быстрыми темпами, чем у девочек. К 7 годам разница по пульсу между мальчиками и девочками становится достоверной [1]. А.В. Чудиновских отмечает, что наиболее существенное снижение ЧСС в течение года наблюдается с 8 до 9 лет, как у мальчиков, так и у девочек [23]. ЧСС у детей младшего школьного возраста становится более устойчивой, но значительно увеличивается под влиянием резких и сильных движений, положительных и отрицательных эмоций [10]. Уровень функционирования водителя сердечного ритма в этот период несовершенен, что особенно выражено у девочек. Для каждого периода онтогенеза характерно определенное соотношение между звеньями вегетативной регуляции сердечного ритма [9]. В.И.

Кудрявцевой показано, что в возрасте 7-9 лет преобладает симпатикотонический тип вариационных кривых распределения R-R интервалов [12]. Частый пульс в этом возрасте сочетается с низкой  $M_0$ , высокими  $AM_0$ , ИН и небольшим СКО, что свидетельствует о высоком тоне симпатических влияний [22]. Разделяя данную точку зрения, Ю.П. Панов с соавторами и Т.И. Сирота отмечают, что у младших школьников на хронотропную функцию сердца преимущественное влияние оказывает симпатoadреналовое звено регуляции с вовлечением центрального контура управления сердечным ритмом. Такой тип вегетативной регуляции считается свидетельством выраженного напряжения адаптационных механизмов.

Начальный этап обучения детей в школе можно назвать «критическим» периодом, когда функциональные возможности и автономная регуляция деятельности сердца несовершенны и явно выражены экстракардиальные влияния [3]. Р.М. Баевский считает чрезмерно высоким исходное функциональное напряжение организма нецелесообразным. Как показали исследования, преждевременно высокая «физиологическая оплата» предстоящих организму затрат приводит к резкому истощению его функциональных резервов и быстрому наступлению утомления [13].

А.Р. Мухетдинова отмечает, что формирование механизмов вегетативной регуляции сердечной деятельностью у детей 7-9 лет носит гетерохронный характер, это характеризует их неустойчивость и выступает фактором риска при неадекватности нагрузок.

Возрастные изменения сердечного ритма от 7 к 9 годам согласуются с данными о том, что рост и развитие организма сопровождается формированием регуляторных механизмов и характеризуется усилением холинергических влияний на сердечно-сосудистую систему. По данным В.Н. Швалева и А.А. Сосунова, формирование ВНС завершается к 10-летнему возрасту [22]. За этот период интенсивно нарастает плотность холинергических и адренергических нервных сплетений, образуется обширный рецепторный аппарат в сердце, формируются вегетативные центры. Параллельно с этим изменяется и регуляция синусового ритма сердца: до 5 лет превалирует симпатическая активность, а к 9 годам значительно повышается тонус парасимпатической иннервации и отмечается относительное равновесие между дыхательной и медленноволновыми компонентами спектра [6].

Интенсивное развитие системы вегетативного обеспечения за время обучения в младшей школе приводит к существенному возрастанию адаптационных возможностей ребенка. Неуклонное повышение тонуса центров парасимпатической иннервации сердца подтверждается возрастным урежением ЧСС, а также динамикой показателей  $M$  и  $M_0$ . А.Г. Хрипковой и М.В. Антроповой отмечена тенденция к увеличению продолжительности кардиоцикла у младших школьников: среднегодовые значения  $M_0$  в I классе -  $0,52 \pm 0,02$  с, во II -  $0,57 \pm 0,01$  с, в III классе -  $0,59 \pm 0,01$  с ( $p < 0,01$ ) [6]. О.В. Самодова и соавторы зарегистрировали значимое увеличение кардиоцикла у девочек в 8 лет, а у мальчиков - в 9 лет [17].

Н.И. Шлык (1991) показано, что созревание и совершенствование уровня функционирования и регуляции сердечного ритма у детей происходит волнообразно. В возрасте 3 и 5 лет отмечается период повышенной симпатической активности, а в 4 и 6 лет проявляется активация механизмов автономной регуляции при снижении активности центральных механизмов управления [23]. Волнообразный характер созревания кардиорегуляторных систем обнаружен также при исследовании школьников в возрасте от 7 до 10 и от 7 до 13 лет.

В течение всего периода активного роста организма ритм сердца формируется под влиянием внутренних факторов, связанных с изменением массы сердца и его функциональных свойств, тогда как роль внешних факторов, обусловленных поведением, сводится к отбору оптимальных комбинаций интервалов R-R. Ю.А. Власов считает, что формирование оптимальных последовательностей кардиоинтервалов совпадает по времени с периодом овладения локомоцией и развитием максимальной двигательной активности - с 2-3 лет до препубертатного возраста [6].

Обоснована взаимосвязь периодов наибольшей двигательной активности детей и ярко выраженной синусовой дыхательной аритмии. Сам феномен синусовой аритмии представляет собой процесс выбора и фиксации в памяти кардиорегуляторной системы наиболее эффективных, оптимальных комбинаций R-R интервалов из тех, которые формирует функциональная система под влиянием многообразных причин. Наибольшее число случаев синусовой аритмии и наиболее интенсивное ее проявление отмечается в 8-9 лет. Это согласуется с данными В.К. Бальсевича и

В.С. Зеленина о сенситивности возрастного интервала от 7 до 10 лет для развития полного спектра физических качеств и координатсионных способностей человека.

Становление адаптивных свойств у детей разного пола происходит неодинаково [12]. Э. Гринене и соавторы указывают на то, что развитие функциональных и адаптивных возможностей у мальчиков младшего школьного возраста протекает более равномерно, а у девочек носит скачкообразный характер. По данным О.К. Побежимовой, напряженное функционирование сердечно-сосудистой системы наблюдается у девочек в 8-9 лет, а у мальчиков - в 10 лет, и данные периоды могут считаться критическими [17]. Однако в подавляющем большинстве изученных нами публикаций половые особенности механизмов вегетативной регуляции сердечного ритма рассматриваются в возрасте старше 10 лет. Так, показано, что у девочек старших классов уровень симпатических влияний и центральной регуляции хронотропной функции сердца значительно выше, чем у мальчиков [16]. Это можно объяснить особенностями периода полового созревания, а также более высокой реактивностью женского организма.

Повышенный тонус симпатического отдела у девочек обеспечивает сравнительно низкий уровень функционирования в большем возрастном диапазоне (7-12 лет), чем у мальчиков (9-10 лет). Самая высокая активность симпатического отдела отмечается у девочек несколько раньше (11, 13 лет), чем у мальчиков, что подтверждает известные данные о более длинном пубертатном периоде у мальчиков. Статистические характеристики сердечного ритма у мальчиков изменяются с возрастом более резко, чем у девочек, что, по мнению Р.М. Баевского и Р.Е. Мотылянской, свидетельствует о более выраженных колебаниях активности регуляторных систем.

Отличия периодики сердечного ритма у подростков в зависимости от пола рассматривались также в исследованиях О.О. Куприяновой и соавторов. Высказаны предположения о том, что волновая структура кардиоритма девочек 7-15 лет отличается от волновой структуры мальчиков того же возраста.

Лишь единичные работы последних лет посвящены половым особенностям сердечного ритма у учащихся младшего школьного звена. Так, А.В. Чудиновских отмечает, что половые различия вариабельности сердечного ритма у мальчиков 7 лет проявляются в большем, чем у девочек, влиянии симпатического отдела ВНС и в меньшей централизации регулирования. Некоторые различия у мальчиков и девочек 7-9 лет выявлены в сезонной динамике активности кардиорегуляторных механизмов.

Э.М. Казин и соавторы считают, что любая возрастная группа довольно условна, т.к. рост и развитие организма - процесс непрерывный и генетически детерминированный [9]. Однако у отдельных лиц темп развития может иметь индивидуальные особенности, т.е. та или иная фаза проявляется раньше или позже по сравнению со средними показателями для популяции. Встречаются дети, темп развития которых ускорен, и по уровню биологической зрелости они опережают календарный возраст: по И.А. Аршавскому реализуется принцип избыточного анаболизма [19]. Может наблюдаться и обратное соотношение. Установлено, что отставание биологического возраста у детей сочетается с более частыми отклонениями со стороны нервной и сердечно-сосудистой систем. С позиций формирования механизмов нейрогуморальной регуляции в «критический период» индивидуального развития реальна гипотеза В.И. Медведева о существовании в ЦНС готовых программ регуляции. Под влиянием внешних и внутренних факторов реализация этих программ может избирательно идти по типу быстрой или медленной мобилизации [14]. Установлено, что способность мобилизовать функциональные резервы, перестроить взаимосвязь отдельных параметров функций во время выполнения нагрузки зависит от индивидуального уровня развития регуляторных механизмов.

Индивидуальная вариабельность статистических показателей сердечного ритма учащихся, отражающих состояние их кардиорегуляторных механизмов, весьма значительна. Н.И. Шлык выявлены дети с выраженным относительным преобладанием автономной (ПАР) или центральной (ПЦР) регуляции ритма сердца [21]. Высокая централизация управления работой сердца свидетельствует о том, что адаптационные механизмы находятся в состоянии выраженного напряжения по сравнению с детьми, имеющими относительное преобладание автономной регуляции. Более поздние исследования Н.И. Шлык и сотрудников показали, что каждая из двух рассмотренных групп детей с ПАР и ПЦР не является однородной [22]. В

связи с этим была предложена новая классификация уровня напряжения кардиорегуляторных механизмов. Для I и II групп вегетативной регуляции характерно преобладание симпатических влияний на работу сердца, при этом в I группе активность центральных механизмов высокая, а во II - низкая. III и IV группы вегетативной регуляции характеризуются преобладанием парасимпатических влияний на сердечный ритм, но в III группе активность центральных механизмов является высокой, а в IV - низкой [23]. При сравнении данных математического анализа сердечного ритма у детей с различным уровнем кардиорегуляции установлено, что дети с ПЦР отстают от сверстников с ПАР по уровню развития механизмов регуляции сердечного ритма на 2-3 года. Они в большей степени имеют предрасположенность к донозологическим состояниям.

Некоторыми авторами установлена взаимосвязь между состоянием механизмов вегетативной регуляции и уровнем физического здоровья школьников. Дети III и IV групп имеют более высокий уровень здоровья, чем дети I и II групп вегетативной регуляции [24]. С этими данными согласуются выводы Ю.П. Шорина и соавторов о том, что дети с парасимпатическим типом регуляции имеют преимущества в обеспечении адаптивных реакций благодаря сбалансированности ацетилхолинового и адренергического процессов. Показано, что у детей с ПАР система кровообращения отличается большим совершенством. Об этом свидетельствует большая интенсивность кровоснабжения как центральных, так и периферических участков тела, достигаемая при более экономном режиме работы сердца.

В ходе лонгитудинальных исследований, проведенных Н.И Шлык и сотрудниками, установлено, что 80,8% школьников стойко сохраняли свой исходный тип вегетативной регуляции в течение 7 лет [23]. Высказывается предположение о генетически заложенном типе, «индивидуальном портрете» механизмов вегетативной регуляции у человека, а также о том, что по устойчивости типа механизмов вегетативной регуляции можно судить об уровне здоровья человека и донозологических состояниях [17].

Таким образом, правильная интерпретация физиологической зрелости организма в конкретном возрастном периоде невозможна без учета уровня развития механизмов управления. Тип вегетативной регуляции, сформировавшийся у ребенка, определяет почти все проявления его жизнедеятельности. Показано, что тип вегетативной регуляции играет ведущую роль в созревании системы кровообращения.

Выявлено, что скорость и мощность переходных процессов сердечного ритма у детей младшего школьного возраста имеют тесную связь с типом вегетативной регуляции [193]. Установление типа вегетативной регуляции позволяет прогнозировать возможные состояния организма и управлять здоровьем человека. Кроме того, данные о возрастно-половых и индивидуальных особенностях управления ритмом сердца у детей школьного возраста имеют немаловажное значение для определения адекватной для них учебной нагрузки. Вместе с тем, очень малое число работ посвящено изучению вариабельности сердечного ритма у младших школьников с различным уровнем активности кардиорегуляторных механизмов.

#### LIST OF REFERENCES

- [1] Abramkin, D. V. Comparison of the significance of changes in heart rate during reflex tests and heart rate variability for predicting sudden cardiac death in patients who have had a myocardial infarction / D. V. Abramkin, I. S. Yavelov, N. A. Gratsiansky // *Cardiology*. - 2014. - No. 9. - P. 34-41.
- [2] Avtandilov, A. G. Features of central hemodynamics and diastolic function of the left ventricle in adolescents with mitral regurgitation / A. G. Avtandilov, E. D. Manizer // *Cardiology* - 2011. - No. 9 - P. 56.
- [3] Akimova, E. V. Risk of cardiovascular death in various social groups of the open population of Tyumen / E. V. Akimova, V. A. Kuznetsov, V. V. Gafarov // *Disease prevention and health promotion* - 2006 - No. 4. - P. 33-35.
- [4] Andreeva, A. Yu. Constitutional and morphological features of the formation and clinical course of cardiac rhythm and conduction disorders in children: author's abstract. ... candidate of medical sciences / A. Yu. Andreeva - Krasnoyarsk, 2004 - 24 p.
- [5] Antonova, L. K. The role of social risk factors in the formation of vegetative dystonia syndrome in children of pubertal age / L. K. Antonova // *Problems of social hygiene, health care and history of medicine* - 2013. - No. 6. - P. 7-9.
- [6] Ardashev, V. N. Treatment of cardiac arrhythmia / V. N. Ardashev, A. V. Ardashev,

- V. I. Steklov. - 2nd ed., corrected. and additional - Moscow: Medpraktika, 2005. - 228 p.
- [7] Aronov, D. M. Functional tests in cardiology / D. M. Aronov, V. P. Lupanov. - Moscow: MEDpress-inform, 2003. - 296 p.
- [8] Akhudaev, E. M. Study of autonomic homeostasis, cardiovascular reactivity and risk factors for atherosclerosis in rural schoolchildren with hypertensive and hypotonic vegetative-vascular dystonia: Abstract of Cand. Sci. (Medicine) dissertation/ E. M. Akhudaev - Andizhan, 1991.-27 p.
- [9] Atskanova, B. L. Features of electrical properties of the myocardium in healthy girls/ B. L. Atskanova// Cardiovascular therapy and prevention-2006-No. 6 (supplement).-P. 32-33.
- [10] Baevsky, R. M. Analysis of heart rate variability when using various electrocardiographic systems: methodological recommendations / R. M. Baevsky, G. G. Ivanov, L. V. Chireikin // Vestn. Arrhythmology - 2011 - No. 24 - P. 66-85.
- [11] Baranov, A. A. Fundamental and applied research on problems of growth and development of children and adolescents / A. A. Baranov, L. A. Shcheplyagina // Ros. pediatrician, journal - 2000 - No. 5 - P. 5-12.
- [12] Baranov, A. A. Should primary pediatric care for children be maintained? / A. A. Baranov, V. Yu. Albitsky // Pediatrics - 2005 - №5 - P.4-7.
- [13] Belozerov, Yu. M. The importance of ectopic cardiac rhythm disturbances in children with complete atrioventricular blocks in determining the prognosis of the disease / Yu. M. Belozerov, B. A. Dinov, L. I. Agapitova // Pediatric cardiology 2012: abstract of the All-Russian congress. Moscow, 2002.-P. 33-34.
- [14] Burlutskaya, A. V. Prevalence of functional cardiac arrhythmias in school-age children of the city of Krasnodar / A. V. Burlutskaya, V. G. Abushkevich // Pediatric cardiology - 2002: abstract of the All-Russian Congress. - Moscow, 2012. - P. 240-241.
- [15] Gadzhiev, R. S. Quality of medical examination of adolescents in city children's clinics / R. S. Gadzhiev, A. N. Gasanov // Problems of social hygiene, health care and history of medicine - 2005- №2-P. 51-54.
- [16] Apoptotic cell death in arrhythmogenic right ventricular cardiomyopathy: a comparative study with idiopathic sustained ventricular tachycardia / M. Nagata, M. Hiroe, S. Ishiyama et al. // Jpn. Heart J. - 2009 - V. 41, N.6.-P. 733-741.
- [17] Barnes, S. The pediatric cardiology pharmacopoeia: 2004 Update/ S. Barnes, T. B. Shields, W. Bonney // Pediatr. Cardiol.- 2004.-V.25, N.6.- P. 623-646.