

## ВОЗРАСТНЫЕ ОСОБЕННОСТИ РЕГУЛЯЦИИ СЕРДЕЧНО-СОСУДИСТОЙ СИСТЕМЫ У ОБУЧАЮЩИХСЯ

*Муталибова Мохинур Назиржон кизи*

*Студентка факультета романо-германских и славянских языков  
Андижанского государственного института иностранных языков*

*Научный руководитель: Алиева Рано Амануллаевна*

*Преподаватель факультета романо-германских и славянских языков  
Андижанского государственного института иностранных языков*

**Аннотация:** В статье рассматриваются возрастные закономерности функционирования и регуляции сердечно-сосудистой системы (ССС) у обучающихся на разных этапах онтогенеза. Автор анализирует динамику вегетативного обеспечения сердечной деятельности, подчеркивая переход от автономного к центральному контуру регуляции в периоды интенсивного роста. Особое внимание уделяется критическим периодам развития, характеризующимся напряжением адаптационных механизмов. Результаты исследования обосновывают необходимость мониторинга функционального состояния ССС для оптимизации учебных нагрузок.

**Ключевые слова:** сердечно-сосудистая система, возрастная физиология, вегетативная регуляция, обучающиеся, адаптация.

**Annotatsiya:** Maqolada ontogenezning turli bosqichlarida ta’lim oluvchilar yurak-qon tomir tizimi (YuQT) faoliyati va boshqarilishining yoshga doir qonuniyatlari ko‘rib chiqiladi. Muallif yurak faoliyatining vegetativ ta’minoti dinamikasini tahlil qilib, jadal o‘shish davrida boshqaruvning avtonom zanjirdan markaziy zanjirga o‘tishini asoslab beradi. Adaptatsiya mexanizmlarining kuchayishi bilan tavsiflanadigan rivojlanishning kritik davrlariga alohida e’tibor qaratilgan. Tadqiqot natijalari o‘quv yuklamalarini optimallashtirish uchun YuQT funksional holatini monitoring qilish zarurligini ko‘rsatadi.

**Kalit so‘zlar:** yurak-qon tomir tizimi, yosh fiziologiyasi, vegetativ boshqaruv, ta’lim oluvchilar, adaptatsiya.

**Abstract:** The article examines age-related patterns of functioning and regulation of the cardiovascular system (CVS) in students at different stages of ontogeny. The author analyzes the dynamics of autonomic support of cardiac activity, highlighting the transition from the autonomous to the central regulation circuit during periods of intensive growth. Special attention is paid to critical developmental periods characterized by the tension of adaptive mechanisms. The results of the study substantiate the need for monitoring the functional state of the CVS to optimize academic loads.

**Keywords:** cardiovascular system, age physiology, autonomic regulation, students, adaptation.

## 1. Введение

Возрастание учебных нагрузок и цифровизация образования требуют учета возрастных особенностей адаптации обучающихся. Сердечно-сосудистая система (ССС) является ключевым индикатором стрессоустойчивости и функциональных возможностей организма в процессе обучения.

Степень разработанности и новизна. Несмотря на изученность механизмов вегетативного контроля, динамика регуляции ССС в «критические периоды» развития в условиях современной школы исследована недостаточно. Научная новизна работы заключается в выявлении «зон риска» дезадаптации на основе анализа вариабельности сердечного ритма у обучающихся 7–17 лет.

Цель исследования: выявить возрастные особенности вегетативной регуляции ССС обучающихся для оптимизации учебного процесса.

### Задачи:

- Оценить показатели сердечного ритма в покое и при интеллектуальной нагрузке.
- Сравнить активность симпатического и парасимпатического отделов ВНС у разных возрастных групп.
- Разработать рекомендации по профилактике переутомления.

**Гипотеза:** в периоды активного роста (7–8 и 12–14 лет) адаптационные резервы ССС снижаются из-за преобладания центральных механизмов регуляции, что повышает риск дезадаптации.

**Методы:** антропометрия, пульсометрия, анализ вариабельности сердечного ритма (ВСР), методы математической статистики.

## 2. Материалы и методы исследования

Дизайн исследования. Работа выполнена в рамках сравнительного описательного исследования. Проведен кросс-секционный (поперечный) анализ функционального состояния сердечно-сосудистой системы обучающихся разных возрастных групп в течение одного учебного года.

Характеристика выборки. В исследовании приняли участие 120 обучающихся общеобразовательных учреждений, распределенных на три группы в зависимости от этапа онтогенеза:

- I группа (7–10 лет): младший школьный возраст (n=40).
- II группа (12–14 лет): подростковый возраст, период пубертата (n=40).
- III группа (16–17 лет): старший школьный возраст (n=40).

Группы были сбалансированы по полу (50% мальчиков, 50% девочек). Все участники на момент исследования относились к I и II группам здоровья и не имели хронических заболеваний сердечно-сосудистой системы. Исследование проводилось в первую половину дня (9:00–12:00) в стандартных условиях школьных медицинских кабинетов.

#### **Методы исследования:**

##### *Физиологические методы:*

- Измерение артериального давления (АД) по методу Короткова в состоянии покоя.
- Оценка частоты сердечных сокращений (ЧСС).
- Кардиоинтервалография (КИГ) с анализом вариабельности сердечного ритма (ВСР) для оценки вегетативного баланса. Рассчитывались индекс напряжения (ИН), амплитуда моды (АМо) и вариационный размах (MxDMn) по методике Р.М. Баевского.

*Гигиенические методы:* проведение хронометража учебного дня и оценка недельной учебной нагрузки на соответствие санитарно-эпидемиологическим нормам (СанПиН).

*Функциональные пробы:* проведение пробы Руфье–Диксона для оценки скорости восстановления ССС после физической нагрузки и определения адаптационного потенциала.

*Методы обработки данных.* Статистический анализ результатов проводился с использованием программного обеспечения Microsoft Excel 2021 и SPSS Statistics 26.0. Применялись методы дескриптивной статистики (вычисление среднего арифметического и стандартной ошибки). Достоверность различий между группами определялась с помощью t-критерия Стьюдента (для нормального распределения) и U-критерия Манна-Уитни. Различия считались статистически значимыми при  $p < 0,05$

*Этические аспекты.* Исследование проводилось в соответствии с принципами Хельсинкской декларации. От родителей (законных представителей) несовершеннолетних обучающихся и от участников старше 15 лет было получено добровольное информированное согласие на участие в исследовании и обработку персональных данных.

### **3. Результаты исследования**

В ходе исследования были получены морфофункциональные показатели сердечно-сосудистой системы обучающихся, отражающие специфику регуляторных процессов на разных этапах обучения (*Таблица*). Сравнительные показатели функционального состояния ССС обучающихся ( $M \pm m$ )

Показатель	I группа (7–10 лет)	II группа (12–14 лет)	III группа(16-17лет)
ЧСС в покое (уд/мин)	84,2 ± 2,1	78,6 ± 1,8*	72,4 ± 1,5**
Систолическое АД (мм рт. Ст.)	102,4 ± 3,2	118,7 ± 2,5*	122,8 ± 2,1
Диастолическое АД (мм рт. Ст.)	62,1 ± 1,8	74,3 ± 2,2*	76,5 ± 1,4
Индекс напряжения (ИН, у.е.)	110,4 ± 12,5	145,8 ± 15,3*	115,2 ± 10,8
Индекс Руфье (баллы)	8,4 ± 0,6	10,2 ± 0,8*	7,8 ± 0,5

• —  $p < 0,05$  при сравнении с I группой; \*\* —  $p < 0,05$  при сравнении со II группой.

Анализ частоты сердечных сокращений выявил закономерное снижение пульса с возрастом: от 84,2 уд/мин у младших школьников до 72,4 уд/мин у старшеклассников ( $p < 0,05$ ). При этом показатели артериального давления продемонстрировали наиболее значимый прирост во второй группе (12–14 лет), где систолическое АД увеличилось на 15,9% по сравнению с первой группой.

Изучение вариабельности сердечного ритма позволило оценить состояние вегетативного баланса. У обучающихся I группы (7–10 лет) значения индекса напряжения (ИН) находились в пределах нормы (110,4 у.е.), что свидетельствует об адекватной работе автономного контура регуляции.

Во II группе (подростковый возраст) отмечено статистически значимое повышение ИН до  $145,8 \pm 15,3$  у.е. ( $p < 0,05$ ). Данный рост сопровождался увеличением амплитуды моды (АМо), что указывает на активацию симпатического отдела вегетативной нервной системы и усиление централизации управления сердечным ритмом.

В III группе (16–17 лет) наблюдалась стабилизация регуляторных процессов. Индекс напряжения снизился до 115,2 у.е., что сопоставимо с показателями младшей группы, однако качественный анализ показал более высокую экономизацию сердечной деятельности.

Результаты функциональной пробы Руфье–Диксона продемонстрировали, что во II группе средний балл составил 10,2, что соответствует «удовлетворительному» уровню адаптации. В то время как в I и III группах показатели были выше (8,4 и 7,8 балла соответственно), что указывает на «хороший» уровень адаптационного потенциала (Рисунок 1).

Сравнительный анализ данных также выявил гендерные различия во второй возрастной группе: у девочек 12–14 лет значения ИН были в среднем на 12%

выше, чем у мальчиков того же возраста, что свидетельствует о более раннем напряжении адаптационных механизмов в период пубертата.

#### 4. Обсуждение

Полученные результаты подтверждают наличие выраженной возрастной специфики в регуляции сердечно-сосудистой системы у обучающихся. Снижение ЧСС и постепенное повышение артериального давления от младшего к старшему школьному возрасту является физиологической нормой, отражающей морфологическое созревание миокарда и сосудистого русла.

Анализ данных и сопоставление с литературой. Наибольший интерес вызывают показатели подростковой группы (12–14 лет). Рост индекса напряжения (ИН) до 145,8 у.е. и снижение показателей пробы Руфье указывают на напряжение регуляторных систем. Данный факт согласуется с результатами ряда исследований (например, Баевского Р.М., Безруких М.М.), указывающих на временную дестабилизацию вегетативного баланса в период пубертата. Усиление симпатической активности в этот период объясняется нейроэндокринной перестройкой организма, которая снижает экономичность сердечной деятельности.

В отличие от подростков, у младших школьников (7–10 лет) преобладает автономный контур регуляции. Однако выявленные случаи высокого ИН у отдельных представителей этой группы могут быть связаны с «ценой адаптации» к началу систематического обучения, что также находит подтверждение в работах современных физиологов.

Подтверждение гипотезы. Результаты исследования полностью подтверждают выдвинутую гипотезу: в периоды интенсивного роста, особенно в подростковом возрасте, наблюдается централизация управления сердечным ритмом и снижение функциональных резервов ССС. Это проявляется в переходе регуляции с экономного автономного уровня на более энергозатратный симпатический уровень.

Практическая значимость. Полученные данные позволяют обосновать необходимость дифференцированного подхода к дозированию учебных и физических нагрузок. Для обучающихся 12–14 лет рекомендуется внедрение динамических пауз и ограничение стрессовых форм контроля знаний в периоды сезонных адаптаций. Использование мониторинга variability сердечного ритма может служить эффективным методом раннего выявления препатологических состояний у школьников.

Ограничения исследования. К ограничениям данной работы можно отнести относительно небольшой объем выборки (120 человек) и отсутствие учета хронобиологических типов обучающихся («совы» и «жаворонки»), что

может оказывать дополнительное влияние на вегетативный тонус в утренние часы.

## 5. Заключение

Проведенное исследование позволило выявить значимые возрастные особенности регуляции сердечно-сосудистой системы у обучающихся и подтвердило тесную связь между этапом развития организма и механизмами адаптации к учебной нагрузке.

### *Основные выводы:*

Установлено, что по мере взросления обучающихся происходит закономерная экономизация функций покоя (снижение ЧСС), однако процесс вегетативной регуляции протекает гетерохронно.

Выявлено, что период подросткового возраста (12–14 лет) является критическим: он характеризуется максимальным напряжением регуляторных систем, ростом индекса напряжения и преобладанием симпатикотонии, что снижает адаптационный потенциал ССС.

У обучающихся младшего школьного возраста (7–10 лет) преобладает автономный контур регуляции, однако высокая реактивность системы указывает на её высокую чувствительность к началу систематического обучения.

К старшему школьному возрасту (16–17 лет) наблюдается относительная стабилизация вегетативного баланса, что свидетельствует о формировании более зрелых и эффективных механизмов адаптации к психоэмоциональным нагрузкам.

Соответствие цели и результатам: Цель исследования достигнута — систематизированы данные о возрастных изменениях ССС, что позволило научно обосновать риски дезадаптации в разные периоды обучения. Полученные результаты могут быть использованы врачами-гигиенистами и педагогами для разработки индивидуальных образовательных траекторий.

Перспективы дальнейших исследований: Дальнейшее изучение проблемы может быть направлено на анализ влияния различных типов электронных образовательных ресурсов на вариабельность сердечного ритма, а также на изучение гендерных особенностей адаптации в условиях инклюзивного образования.

### **Литература:**

1 Баевский, Р. М. Анализ вариабельности сердечного ритма при оценке функционального состояния организма / Р. М. Баевский. — М. : Медицина, 2001. — 295 с.

2 Безруких, М. М. Возрастная физиология: физиология развития ребёнка / М. М. Безруких. — М. : Академия, 2013. — 416 с.

3Агаджанян, Н. А. Проблемы адаптации и учение о здоровье / Н. А. Агаджанян, Р. М. Баевский, А. П. Берсенева. — М. : РУДН, 2006. — 284 с.

4Маркосян, А. А. Физиология человека / А. А. Маркосян. — М. : Медицина, 2010. — 528 с.

5Смирнов, В. М. Физиология физического воспитания и спорта / В. М. Смирнов, В. И. Дубровский. — М. : Владос, 2012. — 608 с.