

**ПЕРЕМЕННОСТЬ СЕРДЕЧНОГО РИТМА КАК ПОКАЗАТЕЛЬ
ФУНКЦИОНАЛЬНОГО СОСТОЯНИЯ И СТРЕССОУСТОЙЧИВОСТИ СТУДЕНТОВ****TALABALARNING FUNKTSIONAL HOLATI VA STRESSGA CHIDAMLILIGI
KO'RSATKICHI SIFATIDA YURAK URISH TEZLIGINING O'ZGARUVCHANLIGI****HEART RATE VARIABILITY AS AN INDICATOR OF STUDENTS' FUNCTIONAL
STATE AND STRESS TOLERANCE***Исмаилов Ахроридин Захридинович*<https://orsid.org/0009-0004-9555-9567>*Central Asian Medical University*

Исмаилов А.З. (2025). ПЕРЕМЕННОСТЬ СЕРДЕЧНОГО РИТМА КАК ПОКАЗАТЕЛЬ ФУНКЦИОНАЛЬНОГО СОСТОЯНИЯ И СТРЕССОУСТОЙЧИВОСТИ СТУДЕНТОВ. Actacamu, 10(2), 90–95. <https://doi.org/10.5281/zenodo.15641667>

Резюме. *Вариабельность сердечного ритма (BCP) является важным маркером функционального состояния организма и адаптационных возможностей студентов в условиях учебных нагрузок. В данной работе исследуется взаимосвязь между показателями вариабельности сердечного ритма и уровнем стрессоустойчивости студентов. Проведён анализ спектральных и временных параметров вариабельности сердечного ритма, выявлены закономерности их изменений в зависимости от уровня стресса. Одним из информативных показателей, отражающих функциональное состояние системы кровообращения и общий уровень напряжения регуляторных механизмов организма, является вариабельность сердечного ритма. Полученные данные могут использоваться для разработки программ профилактики психофизиологического переутомления.*

Ключевые слова: *вариабельность сердечного ритма, стрессоустойчивость, студенты, функциональное состояние, адаптация.*

Rezyume. *Yurak ritmining o'zgaruvchanligi (HRV) organizmning funktsional holati va o'quv yuklari sharoitida talabalarning moslashish qobiliyatining muhim belgisidir. Ushbu ish yurak urish tezligining o'zgaruvchanligi va talabalarning stressga chidamlilik darajasi o'rtasidagi bog'liqlikni o'rganadi. Yurak ritmining o'zgaruvchanligining spektral va vaqt parametrlari tahlil qilindi, stress darajasiga qarab ularning o'zgarishi naqshlari aniqlandi. Qon aylanish tizimining funktsional holatini va tananing tartibga solish mexanizmlarining umumiy kuchlanish darajasini aks ettiruvchi informatsion ko'rsatkichlardan biri bu yurak urish tezligining o'zgaruvchanligi. Topilmalar psixofiziologik ortiqcha ishlarning oldini olish dasturlarini ishlab chiqish uchun ishlatilishi mumkin.*

Kalit so'zlar: *yurak urish tezligining o'zgaruvchanligi, stressga chidamlilik, talabalar, funktsional holat, moslashish.*

Resume. *Heart rate variability (HRV) is an important marker of the functional state of the body and the adaptive capabilities of students under study conditions. This paper examines the relationship between the indicators of heart rate variability and the level of stress tolerance of students. The spectral and temporal parameters of heart rate variability were analyzed, and patterns of their changes depending on the stress level were revealed. One of the informative indicators reflecting the functional state of the circulatory system and the overall stress level of the body's regulatory mechanisms is heart rate variability. The data obtained can be used to develop programs for the prevention of psychophysiological overwork.*

Key words: heart rate variability, stress tolerance, students, functional state, adaptation.

Современные студенты подвержены значительным учебным нагрузкам, что может приводить к стрессу и снижению функционального состояния организма. Одним из объективных методов оценки стрессоустойчивости является анализ вариабельность сердечного ритма, который позволяет оценить работу автономной нервной системы. Изучение вариабельности сердечного ритма у студентов может помочь в выявлении лиц с высоким риском дезадаптации и разработке профилактических мероприятий. Современный этап развития общества характеризуется ухудшением состояния здоровья подрастающего поколения. В последние годы в популяции молодых людей увеличивается количество лиц, страдающих функциональными нарушениями и серьезными заболеваниями сердечно-сосудистой системы, в частности, заметно «помолодела» гипертоническая болезнь, участились случаи развития инсультов, инфаркта миокарда, синдрома внезапной смерти [1, 2].

Сохранение здоровья студенческой молодежи можно рассматривать как центральную цель всех образовательных учреждений, одной из главных задач педагогов является создание среды, подходящей для двигательного обучения и когнитивного развития, для достижения положительных результатов в учебе [3]. Психическое и физическое состояние (психофизиологический баланс) до и во время умственных и физических занятий в высших учебных заведениях имеет решающее значение для обеспечения того, чтобы студенты могли адекватно удовлетворять когнитивные потребности в обучении и спортивных достижениях. Как спортивная, так и академическая успеваемость может быть снижена из-за чрезмерного уровня когнитивного и соматического стресса [4]. Тревожность перед экзаменами хорошо известна как стрессовое расстройство среди студентов. Стресс, понимаемый в позитивном смысле, необходим для стимуляции функциональной реакции организма, позволяя студентам и спортсменам генерировать адаптивную реакцию на внешние раздражители и, таким образом, способствуя суперкомпенсации, которая может способствовать улучшению когнитивного аспекта. Когда дело доходит до усвоения новых знаний, приобретения новых двигательных навыков и, следовательно, получения положительных результатов на экзаменах и спортивных выступлениях, оптимальный уровень возбуждения является важным фактором [5]. Когда интенсивность и продолжительность стрессового стимула преувеличены (чрезмерное возбуждение), происходит снижение умственных и когнитивных показателей, и становится очевидной значительная корреляция с патологическими состояниями. В ходе исследования анализируется и количественно оценивается влияние психофизиологической реакции студентов на стресс в течение двух семестров в течение учебного года. Вариабельность сердечного ритма (BCP) использовалась для определения степени адаптации студентов к психобиологическому стрессу и наличия корреляции между вариабельностью сердечного ритма и увеличением стрессовой нагрузки, а также увеличением частоты заболеваний среди студентов [6].

BCP является надежным показателем многих физиологических факторов, которые непосредственно влияют на сердечный ритм и модулируют его. Анализ BCP становится инструментом для наблюдения за взаимодействием между симпатической и парасимпатической нервными системами. Способность сердечной мышцы реагировать на потребности адаптации к психофизическому стрессу, уравновешивая регуляцию вегетативной нервной системы, отражается на степени вариабельности сердечного ритма. BCP - это окно для наблюдения за активностью вегетативной нервной системы, ответственной за управление рядом автоматических, бессознательных и произвольных действий, связанных с поддержанием гомеостаза, таких как частота сердечных сокращений, кровяное давление и пищеварение [7]. В исследовании использовалась вариабельность сердечного ритма, чтобы установить, может ли этот показатель (BCP) быть надежным неинвазивным средством анализа для количественной оценки кардиоавтономной реакции студентов в период учебы и экзаменов.

Сохранение здоровья молодых людей возможно путем ранней оценки адаптационных возможностей организма и своевременной коррекции выявленных функциональных нарушений. Одним из информативных показателей, отражающих функциональное состояние системы кровообращения и общий уровень напряжения регуляторных механизмов организма, является вариабельность сердечного ритма (ВСР). В кардиоритме заключена информация о процессах, протекающих не только в пределах сердечно-сосудистой системы, но и в других различных звеньях сложного механизма регуляции функционального состояния организма, включая нервные центры и эндокринную систему [8]. Именно поэтому анализ вариабельности сердечного ритма целесообразен и перспективен в аспекте изучения как механизмов, управляющих сердечным ритмом, так и вегетативного статуса, и адаптационных возможностей организма человека в различных ситуациях [9]. Наряду с традиционными методами оценки сердечно-сосудистой системы по параметрам ВСР имеется потребность в поиске новых показателей кардиоритма, использование которых в медико-биологических исследованиях могло бы открыть значительные перспективы.

Цель исследования: Оценка вариабельности сердечного ритма как индикатора функционального состояния и стрессоустойчивости студентов в условиях учебного процесса.

Материал и методы. В исследовании приняли участие 100 студентов (50 юношей и 50 девушек) 1-3 курсов Central Asian Medical University в возрасте 17-22 лет. Методом кардиоритмографии измерялась вариабельность сердечного ритма в покое и после стрессорного воздействия (экзаменационные нагрузки). Использовались следующие показатели вариабельности сердечного ритма:

1. Временные параметры: SDNN (общая вариабельность), RMSSD (парасимпатическая активность).

2. Спектральные параметры: LF (симпатическая активность), HF (парасимпатическая активность), LF/HF (баланс симпатического и парасимпатического отделов).

3. Для оценки уровня стресса применялись психологические тесты: опросник Спилбергера (тревожность), тест на стрессоустойчивость (СЕЛЕ).

4. Статистический анализ выполнен с применением пакетов программ SPSS 21 и электронных таблиц Excel 2003. В работе приведены средние значения изучаемых показателей и их среднеквадратические отклонения. Показатели ВСР, которые имели значительные отклонения от нормального распределения, сравнивали с помощью непараметрических методов анализа: применяли критерий Манна-Уитни-Вилкоксона и парный критерий Вилкоксона. Для исследования взаимосвязей рассчитывали коэффициент корреляции Спирмена. Результаты считали статистически значимыми при $p < 0,05$.

Результаты и обсуждения. Наши исследования выявили следующие средние показатели вариабельности сердечного ритма в покое:

1. SDNN: 60 ± 15 мс
2. RMSSD: 35 ± 10 мс
3. LF: 700 ± 150 мс²
4. HF: 600 ± 140 мс²
5. LF/HF: 1.2 ± 0.3

Во время исследований мы обратили внимание на изменения после стрессорного воздействия. У 70% студентов отмечено снижение HF и RMSSD, что указывает на ослабление парасимпатического тонуса. LF/HF увеличился до 1.8 ± 0.4 у 60% испытуемых, свидетельствуя о преобладании симпатической активности. У 30% студентов отмечалась низкая реактивность ВСР, что может говорить о низком уровне адаптационных резервов.

Обсуждение: Данные исследования показали, что в спокойном состоянии значения диагностических, статистических и спектральных параметров ВСР и, таким образом, характер влияния вегетативной нервной системы на кардиоритм у юношей и девушек 17-19 лет практически не различаются.

Что касается студентов 20-22 лет, то у них были выявлены достоверные гендерные различия по ряду параметров ВСР. Установлено, в частности, что в состоянии покоя у девушек

на долю высокочастотных волн (HF-компонент) в общем спектре мощности кардиоритма (Total) приходится 31,2%, а у юношей – 16,5% ($p < 0,01$). В то же время доля медленных волн (LF-компонент) у юношей (41,7%), напротив, была больше, чем у девушек (35,2%) при $p < 0,01$. Представительство очень низкочастотных волн (VLF-компонент) в спектре кардиоритма у юношей (41,8%) также статистически значимо ($p < 0,05$) превышало таковое у девушек (33,6%).

Несколько иная картина ВСР наблюдалась у студентов в условиях восстановления после физической нагрузки. Выполнение нагрузочной пробы приводило к закономерным изменениям большинства показателей ВСР в обеих возрастных группах.

Для оценки функциональных резервов сердечно-сосудистой системы был рассчитан ПВНР. Установлено, что средние значения показатель восстановления нормального ритма сердца (ПВНР) у студентов разного пола и возраста после выполнения нагрузочной пробы варьировали от $2,51 \pm 1,51$ до $2,57 \pm 1,72$ (у юношей 20-22 и 17-19 лет соответственно) и от $2,57 \pm 1,45$ до $2,78 \pm 1,27$ (у девушек 20-22 и 17-19 лет соответственно), что в целом отражает оптимальное функционирование системы кровообращения. Вместе с тем только у 59% студентов показатель восстановления нормального ритма сердца был равен референтному значению 2,2 или превышал его, а у 41% студентов он был ниже указанной величины, что послужило основанием для более дифференцированного анализа уровня резервного потенциала у испытуемых.

Различия между долями студентов с повышенным риском снижения функциональных резервов сердца в рассматриваемых половозрастных группах оказались статистически недостоверными ($p > 0,05$ по критерию χ^2): 42% юношей против 39% девушек среди 16-18-летних и 36% юношей против 44% девушек среди 19-22-летних испытуемых.

В ходе исследования показано наличие возрастных и гендерных особенностей в параметрах ВСР у студентов в покое и при выполнении дозированной физической нагрузки. В первую очередь обращает на себя внимание наличие достоверных различий в спектральных параметрах ВСР у студентов разного пола в возрасте 20-22 лет в покое. Так, для юношей характерно доминирование VLF- и LF-компонентов общей спектральной мощности кардиоритма, что может быть обусловлено сохранением у них адренергического гомеостаза к завершению постпубертатного возраста и более высоким уровнем функционального напряжения миокарда. Последнее, вероятно, связано с более активной гормональной регуляцией метаболизма у юношей с участием андрогенов [10]. Кроме того, увеличение доли симпатических влияний к окончанию юношеского возраста может быть результатом нарушений вегетативной регуляции, начавшихся еще в подростковом периоде. Что касается студенток, то у них с возрастом нарастала HF- составляющая спектра кардиоритма, что свидетельствует об изменении вегетативного баланса у девушек к 20-22 годам за счет некоторого усиления парасимпатического тонуса. Высокий уровень парасимпатической модуляции ВСР у студенток отмечен также в работе, авторы которой связывают данный эффект с более ранним созреванием кардиопротективных механизмов у женщин по сравнению с мужчинами. Значимая парасимпатическая составляющая вегетативной регуляции кардиоритма в покое и исходно низкая ЧСС способствуют оптимальной реакции на нагрузочную пробу, что совпадает с данными других авторов [11] и позволяет рассматривать определение ЧСС как обязательный этап оценки адаптационного потенциала организма.

При выполнении нагрузочной пробы у студентов независимо от пола и возраста менялись практически все показатели ВСР. Нагрузка сопровождалась активацией адренергического фона, однако значимое повышение показателя СИМ было характерно только для студентов старшего возраста, причем для юношей в большей мере, чем для девушек. Отсутствие статистически значимых гендерных различий в изменениях СИМ у студентов 17-19 лет может быть связано с одинаковой степенью активации нейрогуморального контура регуляции кровообращения в условиях мышечной деятельности у юношей и девушек данного возраста. Отмеченные у студентов половозрастные различия в

механизмах вегетативной регуляции сердечной деятельности согласуются с мнением о том, что в разные периоды онтогенеза человека сердечно-сосудистая система оказывает неоднозначные лимитирующие влияния на приспособительные реакции организма к внешним факторам [12]. В пользу такого заключения свидетельствуют также факт снижения индекса вагосимпатического взаимодействия (LF/HF) у юношей-старшекурсников на 38,4% ($p < 0,05$) после выполнения нагрузочной пробы, указывающий на усиление вагусных влияний на сердечный ритм, и повышение LF/HF на 34,0% ($p < 0,05$) у студенток старших курсов при физической нагрузке.

Сопоставление параметров ВСП в покое и при нагрузке позволяет сделать заключение о том, что возрастной интервал от 17 до 22 лет как у юношей, так и у девушек является периодом становления механизмов, определяющих индивидуальные особенности формирования резервных возможностей организма, для оценки которых нами предложен показатель ПВНР. Установлено, что на старших курсах университета в группе юношей формируется тенденция к уменьшению количества лиц с низким ПВНР, в то время как число девушек с низким ПВНР, напротив, возрастает. На наш взгляд, это может быть связано с факторами социального характера, и в частности с тем, что в студенческой среде более выраженная мотивация в отношении занятий физической культурой и спортом присуща молодым мужчинам.

Результаты показывают, что уровень стрессоустойчивости студентов напрямую связан с балансом симпатической и парасимпатической активности. Высокая вариабельность сердечного ритма в покое и умеренное снижение HF при стрессе указывают на хорошие адаптационные возможности. Однако у части студентов наблюдается чрезмерное снижение парасимпатической активности, что свидетельствует о риске хронического стресса и переутомления.

Полученные данные соответствуют исследованиям, согласно которым низкая ВСП связана с повышенной тревожностью и низкой стрессоустойчивостью. В связи с этим необходимо внедрение программ для повышения адаптационных возможностей студентов, включая физическую активность, дыхательные практики и психоэмоциональную разгрузку.

Выводы:

1. У студентов разного пола в интервале от 17-19 до 20-22 лет происходит смена характера вегетативной регуляции кардиоритма.
2. Оптимальная реакция сердца на нагрузочную пробу наблюдается при низких исходных значениях ЧСС и преобладании парасимпатической составляющей вегетативной регуляции кардиоритма в покое.
3. Для оценки функционального резерва сердечно-сосудистой системы методом кардиоинтервалографии рекомендуется расчет ПВНР, а для эффективного прогнозирования скорости восстановления ритма сердца после нагрузочных проб - анализ SDNN.
4. Вариабельность сердечного ритма является объективным показателем функционального состояния и стрессоустойчивости студентов.
5. У большинства студентов при стрессе снижается парасимпатическая активность, что свидетельствует о напряжении адаптационных механизмов.
6. Выявлены группы студентов с низкой стрессоустойчивостью, которым необходимы дополнительные меры по коррекции функционального состояния.
7. Результаты исследования могут быть использованы для разработки профилактических программ по снижению стресса у студентов.

Список литературы:

1. Бахтиёр Кенжаев. Вариабельность сердечного ритма и её определение у студентов методом экспресс-оценки // AMERICAN Journal of Pediatric Medicine and Health Sciences. 2024.
2. О.В. Калабин, Ф.Б. Литвин, С.А. Молчанов, Н.А. Еремина. Особенности вариабельности ритма сердца и вегетативной реакции на ортопробу у волейболисток высокой квалификации // Современные вопросы биомедицины. 2024; 8(2).

3. Т.М. Николаева, Е.К. Голубева, Л.Л. Ярченкова. Влияние физической нагрузки на вариабельность сердечного ритма при умственной деятельности в зависимости от реактивности симпатических центров у студентов // Современные вопросы биомедицины. - Том 8, № 2. - 2024.
4. А.К. Мартусевич, И.В. Бочарин, Л.Р. Диленян, Я.В. Киселев. Оценка адаптационных резервов сердца студентов медицинского вуза в динамике обучения // Siberian Journal of Life Sciences and Agriculture. - Том 13, № 1. - 2021. С. 208–221.
5. Норматова Ш.А., Эрматова Г.А. (2024) Совершенствование профилактических мероприятий и прогнозирование метаболического синдрома. АСТАСАМУ, 7(7), 130–135. <https://doi.org/10.5281/zenodo.14137690>
6. Эрматова Г.А., Парпиева О.Р., Якубов А., Камалова Д. Привычки здорового питания в контексте повседневной жизни населения // International Journal of Education, Social Science & Humanities. Finland Academic Research Science Publishers. Volume-12. Issue-5. 2024 Published. 22-05-2024. <https://doi.org/10.5281/zenodo.11402418>.
7. Эрматова Г.А. (2014). Фактическое питание и его влияние на здоровье женщин фертильного возраста. Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук, (4-2), 225–227.
8. Т.В. Попова, О.Г. Сафронова, И.Р. Курова. Адаптационные реакции кровообращения на умственные и локальные физические нагрузки у студентов-пловцов // Теория и практика физической культуры. - № 7. - 2011.-С. 10-13.
9. A.L. Pokhachevskiy, M.M. Lapkin. Значение изменчивости кардиоинтервалов при нагрузочном тестировании // Физиология человека. - Том 43, № 1. – 2017.- С. 81–88
10. А.А. Chernozub. Вариабельность сердечного ритма у нетренированных юношей в условиях различных режимов силовой нагрузки // Вестник Российской академии медицинских наук. - Том 69, № 1–2. - 2014. - С. 51–56
11. E. Mejía-Mejía, K. Budidha, T.Y. Abay и др. Вариабельность сердечного ритма (BCP) и вариабельность пульсовой частоты (ВПЧ) для оценки автономных реакций // Frontiers in Physiology. - Том 11. -2020. -С.132.
12. Shaffer F., Ginsberg J.P. "An Overview of Heart Rate Variability Metrics and Norms." Frontiers in Public Health, 2017.