

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования

**«САРАТОВСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ Н.Г. ЧЕРНЫШЕВСКОГО»**

Кафедра физиологии человека и животных

**ОЦЕНКА АДАПТАЦИОННЫХ ВОЗМОЖНОСТЕЙ СТУДЕНТОВ НА
ОСНОВЕ МАТЕМАТИЧЕСКОГО АНАЛИЗА СЕРДЕЧНОГО РИТМА**

АВТОРЕФЕРАТ МАГИСТЕРСКОЙ РАБОТЫ

студентки 2 курса 243 группы
направления 06.04.01 Биология
Биологического факультета
Барабановой Юлии Сергеевны

Научный руководитель

к.б.н., доцент

Е.Ю. Лыкова

(подпись, дата)

Зав. кафедрой человека и животных,

д.б.н., доцент

О. В. Семякина -Глушковская

(подпись, дата)

Саратов 2025

Введение. Понятие адаптации является основным, оно охватывает все изменения в организме и поведении человека в изменяющихся условиях среды обитания. Ключевым свойством адаптации является универсальность ее механизмов. При действии природных, химических, физических факторов организм реагирует изменениями, происходящими на разных уровнях организации. Смысл адаптации заключается в поддержании постоянства внутренней среды организма при действии различных факторов.

В литературных источниках имеются данные о способности организма адаптироваться к учебному процессу у школьников и студентов с разным уровнем физической подготовки, разной этнической принадлежности. Изучались возможности организма на основе гендерных отличий в покое и при нагрузке.

Многочисленные исследования направлены на изучение механизмов автономной и центральной регуляции сердечной активности у разных возрастных и половых групп.

Проводилось исследование вариабельности сердечного ритма у студентов в зависимости от пола и типов регуляции. Студенты были поделены на группы, в соответствии с типом регуляции. В результате авторы определили, что характеризуя межполовые особенности нейровегетативной регуляции студентов, у юношей всех годов обучения большинство показателей ВСР превышали аналогичные показатели у девушек. Так же авторы сделали заключение, что комплексная оценка функционального состояния регуляторных систем организма по показателям кардиоритма студентов, позволила констатировать оптимальный уровень нейровегетативного обеспечения обследованных. На уровне статистической значимости у студентов первого курса и на уровне тенденции на других курсах обучения выявлены межполовые различия в статистических и спектральных показателях вариабельности ритма сердца, характеризующие преобладание парасимпатического контура регуляции - ваготонию покоя у юношей по сравнению с девушками.

Исследование способности организма студентов адаптироваться к учебному процессу и изменению окружающей среды является важной темой, актуальной длительное время и по сей день. Определение вариаций сердечного ритма является наиболее подходящим методом для таких исследований. Эта методика обладает высокой информативностью, проста в проведении и не требует значительных затрат на оборудование.

Целью работы явилось изучение адаптационных способностей сердечно-сосудистой системы студентов на основе гендерного аспекта

Для реализации поставленной цели решались следующие задачи:

1. изучить особенности системы кровообращения у юношей и девушек;
2. определить параметры variability ритма сердца у студентов;
3. выявить различия в параметрах variability ритма сердца у студентов с разными типами саморегуляции кровообращения;
4. сравнить данные variability ритма сердца у студентов с разной степенью адаптации.

Структура и объем работы. Магистерская работа включает содержание, список сокращений, введение, 3 главы (обзор литературы, материалы и методы, результаты исследований), заключение и список использованных источников, включающий источники на русском и английском языках. Работа изложена на 70 страницах машинописного текста. Работа проиллюстрирована 17 рисунками и 8 таблицами.

Объекты и методы исследования.

Исследование проводилось на базе кафедры физиологии человека и животных Саратовского Государственного университета им. Н.Г. Чернышевского. Под наблюдением находились студенты биологического факультета в возрасте 17 – 22 лет. Всего было обследовано 89 человека, из них 51 девушек и 38 юношей, во время текущих занятий.

Функциональное состояние сердечно-сосудистой системы студентов исследовали с помощью компьютерного электрокардиографа «Поли-Спектр 8/Е». Для регистрации биотоков сердца применяли три стандартных отведения

: I – электроды укрепляют на внутренней поверхности запястий обеих рук; II – на правой руке и в области икроножной мышцы левой ноги; III – на левых конечностях. Запись электрокардиограммы (ЭКГ) и показателей ВРС осуществляли в течение 5 минут в положении сидя и в состоянии покоя. Оценивались показатели II стандартного отведения.

Определялись следующие гемодинамические показатели: ЧСС, систолическое артериальное давление (САД), диастолическое артериальное давление (ДАД), пульсовое давление (ПД). Были проанализированы временные характеристики кардиоинтервалов: мода (Мо), амплитуда моды (АМо), вариационный размах (ВР), стресс-индекс или индекс напряжения регуляторных систем (SI, или ИН), вегетативный показатель ритма (ВПР), показатель адекватности процессов регуляции (ПАПР), индекс вегетативного равновесия (ИВР), вегетативный индекс Кердо (ВИК), тип саморегуляции кровообращения (ТСК), адаптационный потенциал (АП)

Научная новизна и значимость работы: Проведенные у студентов замеры выявили некоторые изменения в работе сердечно-сосудистой системы. Обнаружена повышенная активность ПСНС у всех групп и снижение уровня централизации управления ритмом сердца. В то же время, большинство студентов имели нормальные показатели артериального и пульсового давления. Однако, большинство юношей и девушек имели преобладание автономных влияний на управление сердечным ритмом, что указывает на оптимальный уровень функционирования системы кровообращения. Основываясь на полученных данных можно заключить, что полученных данных можно заключить, что у большинства студентов превалирует парасимпатическое влияние на работу сердца.

Основное содержание работы. Обзор литературы включает в себя разделы: Физиологическая адаптация, Значение системы кровообращения в реакции адаптации, Регуляция сердечного ритма, Физиологические аспекты исследования вариабельности сердечного ритма, Вегетативная регуляция сердечного ритма, Методы математического анализа сердечного ритма,

Гендерные особенности сердечного ритма, Гендерные и этнические особенности вариабельности ритма сердца обучающихся в различных исследованиях.

Результаты исследования.

Особенности функционирования системы кровообращения студентов

При анализе статистических характеристик сердечного ритма было установлено, что продолжительность наиболее часто встречающихся RR интервалов (Мо) у юношей в среднем незначительно больше ($0,76 \pm 0,016$) с, чем у девушек ($0,75 \pm 0,04$) с. Средние значения АМо ($18,2 \pm 0,9$) % и ИН ($34,8 \pm 3,6$) усл. ед. указывают на существенно менее выраженные влияния СНС на сердечный ритм у юношей ($p < 0,05$) по сравнению с девушками, у которых величина АМо составила ($22,9 \pm 0,7$) %, а ИН - ($53,1 \pm 3,2$) усл. ед. Вариационный размах (ВР), отражающий степень вариативности значений кардиоинтервалов, у юношей был значительно больше ($0,50 \pm 0,013$) с, чем у девушек ($0,44 \pm 0,011$) с ($p < 0,05$). Зафиксированные средние величины ИВР у юношей ($48,3 \pm 2,38$) усл. ед. существенно ниже ($p < 0,05$), чем у девушек ($67,8 \pm 1,97$) усл. ед. и свидетельствуют о незначительном преобладании влияний ПСНС на частоту сокращений сердца.

У подавляющего большинства юношей (55%) на основании зафиксированных значений АМо отмечается избыток ресурсов адаптации. Нормальные значения зафиксированы у 52% девушек и 42% юношей. Высокая цена адаптации выявлена лишь в единичных случаях у 4% девушек и 3% юношей.

Проведенный анализ зафиксированных у студентов значений ИН показал, что у большинства обследованных (79% юношей и 66 % девушек) преобладают влияния ПСНС на сердечный ритм. Сбалансированные влияния СНС и ПСНС на сердечный ритм зафиксированы у 18% юношей и 28% девушек, умеренное преобладание СНС было лишь у 3% юношей и 6% девушек. Зафиксированные средние величины ИВР, ВПР и ПАПР у студентов

свидетельствуют о незначительном преобладании влияний ПСНС на хронотропную функцию сердца. Следовательно, у большинства студентов в начале учебного семестра преобладают влияния парасимпатической нервной системы на хронотропную функцию сердца.

Проведенный анализ полученных результатов спектрального анализа ВСР показал, что у большинства обследованных юношей и девушек хорошо выражены волны во всех структурах регуляции сердечного ритма, что характерно для юношеского возраста. Значимых половых различий не выявлено. При изучении вклада отдельных механизмов в регуляцию кардиоритма было установлено, что у обследованных юношей и девушек в спектре доминирует LF компонент, который связан с активностью вазомоторного центра. Доля низкочастотных волн (LF) составила в спектре у юношей $(44,9 \pm 1,42) \%$, а у девушек — $(41,7 \pm 1,27) \%$, что указывает на большую активность у юношей симпатического звена. Мощность очень низкочастотных волн (VLF), характеризующих гуморально-метаболическую систему регуляции кардиоритма, составила $29,4\%$ у юношей и $31,2\%$ у девушек. Следует отметить, что у большинства студентов обоего пола достаточно большой вклад дыхательных (HF волн) в спектр (у юношей их доля составила $25,7\%$, у девушек — $26,2\%$) свидетельствует о значительной активности парасимпатической системы. Существенных различий по индексу вагосимпатического баланса (LF/HF) у юношей $(2,25 \pm 0,13)$ и девушек $(2,17 \pm 0,11)$ не выявлено. Средние значения этого индекса у большинства студентов указывают на невысокую симпатическую активность.

У большинства юношей (90%) и девушек (92%) процесс регуляции физиологических функций на основании индекса централизации (IC) характеризуется преобладанием автономных (сегментарных) влияний в управлении, отражая оптимальное функционирование системы кровообращения. У 10% юношей и у 8% девушек выявлено преобладание центральных влияний в управлении сердечным ритмом, что указывает на напряжение функционирования ССС. Достоверных различий при оценке

спектральных характеристик ВСР у студентов не выявлено. Следовательно, у большинства студентов преобладают автономные влияния на сердечный ритм, регуляторные механизмы системы кровообращения функционируют на оптимальном уровне.

Вариабельность ритма сердца у студентов с разным типом саморегуляции кровообращения

Как показал анализ полученных гемодинамических показателей у студентов показал, что имеются гендерные различия. У обследованных девушек ЧСС ($76,7 \pm 0,28$) уд./мин была выше ($p < 0,05$), чем у их однокурсников. Средние значения всех видов артериального давления (САД, ДАД и ПД) у девушек были достоверно меньше ($p < 0,05$), чем у юношей. Следовательно, у большинства студентов параметры гемодинамики в пределах нормы.

Изучение спектральных и статистических параметров ВРС у студентов с разными ТСК показало, что имеются особенности у юношей и девушек. Так, у юношей с сердечно-сосудистым ТСК продолжительность наиболее часто встречающихся RR интервалов (M_o) в среднем существенно меньше ($0,73 \pm 0,016$) с, чем у ребят с сосудистым ТСК ($0,92 \pm 0,04$) с. Средние значения $A M_o$ и ИН, свидетельствующие о преобладании влияний ПСНС на сердечный ритм, были значительно больше ($p < 0,05$), чем у студентов с сосудистым ТСК. Вариационный размах (ВР), отражающий степень вариативности значений интервалов RR, у юношей со смешанным ТСК был существенно больше ($0,53 \pm 0,015$) с ($p < 0,05$), чем у представителей с сосудистым ТСК ($0,43 \pm 0,018$) с.

При оценке результатов спектрального анализа было установлено, что у юношей с разными типами саморегуляции кровообращения преобладают в спектре низкочастотные волны (LF) у студентов с сердечно-сосудистым ТСК и у ребят с сосудистым ТСК, что обусловлено большой активностью вазомоторного центра. На долю очень низкочастотных волн (VLF), характеризующих гуморально-метаболическую систему регуляции

кардиоритма, приходится $(27,6 \pm 1,43) \%$ и $(35,0 \pm 1,54) \%$ соответственно. На значительную активность парасимпатической системы в регуляции кардиоритма указывает выраженность в спектре дыхательных волн у молодых людей с сердечно-сосудистым ТСК и у юношей с сосудистым типом ТСК. Существенных различий по индексу вагосимпатического баланса (LF/HF) у юношей со смешанным ТСК и с сосудистым ТСК не выявлено. Средние значения этого индекса у большинства студентов указывают на невысокую симпатическую активность.

Зафиксированные величины индекса централизации (IC) у 90% юношей со смешанным ТСК и 87,5% с сосудистым ТСК указывают на преобладание у них автономных механизмов регуляции сердечного ритма, у 10% и 12,5% соответственно - центральных влияний.

У представителей с сердечным ТСК были зафиксированы самые низкие значения M_o , статистически значимые, что указывает на менее экономную работу их сино-атриального узла. Средние значения $A M_o$ и $I H$ свидетельствуют о сбалансированном влиянии СНС и ПСНС на сердечный ритм.

Сбалансированное влияние обоих отделов ВНС на ритм сердца выявлено у 50% девушек с сердечным типом, у 37 % со смешанным ТСК и 30% с сосудистым ТСК. Умеренное влияние ПСНС на работу сино-атриального узла – у 37% со смешанным ТСК и 30% с сосудистым ТСК. Выраженное влияние ПСНС на кардиоритм зафиксировано у 50% девушек с сердечным ТСК, у 26% со смешанным ТСК и 40% с сосудистым ТСК. Следовательно, у большинства девушек с разными типами саморегуляции кровообращения превалируют парасимпатические влияния на сердечный ритм.

При изучении вклада отдельных механизмов в регуляцию кардиоритма было установлено, что у обследованных девушек с сердечным и сердечно-сосудистым ТСК в спектре доминирует LF компонент, который связан с активностью вазомоторного центра. Доля низкочастотных волн (LF) составила

в спектре у девушек с сердечным ТСК ($40,5 \pm 1,38$) %, а со смешанным ТСК — ($44,3 \pm 1,24$) %, что указывает на большую активность у представительниц с сердечным ТСК симпатического звена. В спектре у девушек с сосудистым ТСК преобладают очень низкочастотные волны (VLF), их вклад в спектр составил ($37,6 \pm 1,24$) %. Мощность VLF-волн, характеризующих гуморально-метаболическую систему регуляции кардиоритма, составила 28% у представительниц сердечного ТСК и 31,6% у девушек со смешанным ТСК. Следует отметить, что у большинства студенток всех трех типов зафиксирован достаточно большой вклад дыхательных (HF волн) в спектр (у девушек с сердечным типом их доля составила 31,6%, со смешанным ТСК – 24,2%, с сосудистым ТСК – 27%), что обусловлено значительной активностью ПНС.

Зафиксированные значения индекса централизации (IC) свидетельствуют о преобладании автономных влияний в регуляции хронотропной функции сердца у 100% девушек с сердечным ТСК, 93% с сердечно-сосудистым ТСК и 94% с сосудистым ТСК. У 7% девушек со смешанным ТСК и у 6% с сосудистым ТСК выявлено преобладание центральных влияний в управлении сердечным ритмом, что указывает на напряжение функционирования ССС.

Вариабельность ритма сердца у студентов с разной степенью адаптации

Анализ гемодинамических параметров у студентов показал, что имеются лица с удовлетворительной адаптацией и напряжением механизмов регуляции. Представляло интерес сравнить показатели математического анализа сердечного ритма у молодых людей с разной степенью адаптации.

Так, у юношей с удовлетворительной адаптацией продолжительность наиболее часто встречающихся кардиоинтервалов (M_0) в среднем существенно меньше ($0,73 \pm 0,016$) сек ($p < 0,05$), чем у молодых людей с напряжением механизмов регуляции. В то же время ВР у них был значительно больше ($0,523 \pm 0,012$) секи ($p < 0,05$), что обусловлено превалированием

влияний ПСНС. Существенных различий по средним величинам АМо, ИН, ИВР и ПАПР зафиксировано не было.

Что касается индивидуальных значений АМо, то в группе молодых людей с удовлетворительной адаптацией нормальные показатели АМо имели 55% юношей, избыток ресурсов адаптации – у 33%, высокая цена адаптации – у 12% студентов. В группе юношей с напряжением механизмов адаптации распределение было иное: нормальные показатели АМо у 64%, избыток ресурсов адаптации – у 14%, высокая цена адаптации – у 22% студентов.

Среди юношей с удовлетворительной адаптацией сбалансированное влияние обоих отделов ВНС на ритм сердца зафиксировано у 17%, умеренное влияние ПСНС на работу водителя сердечного ритма у 37,5%, выраженное влияние ПСНС на сердечный ритм у 45,5%. Среди юношей с напряжением механизмов адаптации сбалансированное влияние обоих отделов ВНС на кардиоритм у 28%, умеренное влияние ПСНС на ритм сердца – у 14%, выраженное влияние ПСНС – у 58%.

Проведенный анализ полученных результатов спектрального анализа ВСР показал, что преобладают в спектре низкочастотные волны (LF). У студентов с удовлетворительной адаптацией их доля составила $(44,3 \pm 0,48)$ %. Доля VLF-волн, характеризующих гуморально-метаболическую систему регуляции кардиоритма, составила $(30,2 \pm 0,53)$ %, дыхательных волн (HF) – $(25,5 \pm 0,42)$ %. У юношей с напряжением механизмов адаптации доля LF-волн – $(45,8 \pm 0,52)$ %, VLF-волн – $(28,0 \pm 0,54)$ %, HF-волн – $(26,2 \pm 0,43)$ %.

Зафиксированные значения индекса централизации (IC) свидетельствуют о преобладании автономных влияний в регуляции хронотропной функции сердца у 87,5% юношей с удовлетворительной адаптацией и 93% с напряжением механизмов адаптации.

Среди девушек с удовлетворительной адаптацией нормальные показатели АМо имели 63%, избыток ресурсов адаптации – у 32%, высокая цена адаптации – у 5%. В группе студенток с напряжением механизмов адаптации распределение по индивидуальным значениям АМо было

следующим: нормальные показатели – у 58%, избыток ресурсов адаптации – у 29%, высокая цена адаптации – у 13%.

Среди девушек с удовлетворительной адаптацией сбалансированное влияние обоих отделов ВНС на ритм сердца зафиксировано у 42%, умеренное влияние ПСНС на работу водителя сердечного ритма у 19%, выраженное влияние ПСНС на сердечный ритм у 39%. Среди девушек с напряжением механизмов адаптации сбалансированное влияние обоих отделов ВНС на кардиоритм у 33%, умеренное влияние ПСНС на работу водителя сердечного ритма у 44%, выраженное влияние ПСНС на сердечный ритм у 23%.

По полученным результатам спектрального анализа ВСР можно констатировать, что преобладают в спектре низкочастотные волны (LF). У девушек с удовлетворительной адаптацией их доля составила $(40,1 \pm 0,13) \%$. Доля VLF-волн, характеризующих гуморально-метаболическую систему регуляции кардиоритма, составила $(31,6 \pm 0,16) \%$, дыхательных волн (HF) – $(28,3 \pm 0,15) \%$. У девушек с напряжением механизмов адаптации доля LF-волн была существенно больше ($p < 0,05$) и составила $(45,2 \pm 0,18) \%$, VLF-волн – $(31,7 \pm 0,21) \%$, доля дыхательных HF-волн существенно меньше ($p < 0,05$) – $(23,1 \pm 0,22) \%$.

Зафиксированные значения индекса централизации (IC) свидетельствуют о преобладании автономных влияний в регуляции хронотропной функции сердца у 95% студенток с удовлетворительной адаптацией и 94% с напряжением механизмов адаптации. Преобладание центральных механизмов регуляции у 5% девушек с удовлетворительной адаптацией и 6% с напряжением механизмов адаптации.

Выводы:

1. У 50% юношей и 46% девушек преобладают парасимпатические влияния на хронотропную функцию сердца. Ведущими в регуляции сердечного ритма являются автономные механизмы, регуляторные механизмы системы кровообращения функционируют на оптимальном уровне.
2. У большинства студентов (60% девушек и 79% юношей) выявлен сердечно-сосудистый тип саморегуляции кровообращения, свидетельствующий о сбалансированной, оптимальной саморегуляции; у 21% юношей и 20% девушек – сосудистый тип, обеспечивающий долговременную адаптацию за счет повышения функциональных резервов; у 20% девушек – сердечный тип саморегуляции, указывающий на напряженность функционирования системы кровообращения.
3. У большинства юношей и девушек с разными типами саморегуляции кровообращения превалируют парасимпатические влияния на сердечный ритм и в спектре преобладают низкочастотные волны.
4. У юношей с разными типами адаптации в регуляции сердечного ритма ведущую роль играет парасимпатический отдел вегетативной нервной системы, у девушек - сбалансированное влияние обоих отделов.