

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Тульский государственный педагогический университет им. Л.Н.Толстого»
(ФГБОУ ВПО ТГПУ им. Л.Н. Толстого)

Кафедра биологии и технологий
живых систем

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА

на тему:

**ВЛИЯНИЕ МЕНТАЛЬНОГО СТРЕССА
НА ПОКАЗАТЕЛИ СЕРДЕЧНОГО РИТМА ЧЕЛОВЕКА**

Выполнена:
студенткой 5 курса группы 850791
очной формы обучения
специальности «Биоэкология»
со специализацией
«Экологическая экспертиза»
факультета естественных наук
Кашириной Зинаидой Сергеевной

Тула – 2014

**Работа выполнена на факультете естественных наук
ФГБОУ ВПО «ТГПУ им. Л.Н.Толстого»**

Научный руководитель: Красникова Инна Владимировна, к.б.н., доцент
кафедры биологии и технологий живых систем

Работа допущена к защите:

Заведующий кафедрой биологии
и технологий живых систем
д.б.н, профессор

В.В. Иванищев

Рецензент:

Панфилов Олег Петрович, доктор биологических наук, профессор кафедры
теории и методики физической культуры и спортивных дисциплин
факультета физической культуры
ФГБОУ ВПО «ТГПУ им. Л.Н. Толстого»

Защита состоится «24» июня 2014 года в учебном корпусе № 2
ТГПУ им. Л.Н. Толстого в ауд. № 97 в 9⁰⁰ часов

Декан факультета естественных наук
д.х.н., профессор

И.В. Шахкельдян

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	4
1. ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ.....	6
1.1. Физиология стресса	6
1.2. Умственная нагрузка и стресс	16
1.3. Влияние информационной нагрузки на сердечный ритм	21
1.3. Анализ variability сердечного ритма как способ оценки функционального состояния организма	25
1.5. Методы исследования variability сердечного ритма	28
2. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ.....	35
2.1. Методика исследования	35
2.2. Результаты и обсуждение	40
2.2.1. Влияние ментального стресса на статистические показатели ВСР студентов	41
2.2.2. Влияние ментального стресса на спектральные показатели ВСР..	47
2.2.3. Оценка выполнения нагрузочного теста студентами различных типологических групп.....	52
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	55
ВЫВОДЫ.....	57
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....	58

ВВЕДЕНИЕ

Повседневные психологические нагрузки современного человека сопровождаются комплексом нейрогуморальных и гемодинамических реакций. Интенсивная умственная деятельность в условиях дефицита времени характеризуется типичными изменениями ряда вегетативных функций: увеличением частоты сокращений сердца, повышением артериального давления, сдвигами сердечного выброса и сосудистого сопротивления [20].

Деятельность студентов связана с периодическим, относительно длительным воздействием (или его ожиданием) пороговых значений социальных, экологических, информационных, гигиенических факторов [1], которое сопровождается негативными эмоциями, перенапряжением физиологических и психических функций, а, следовательно, нарушением эффективности и качества учебной деятельности [8, 19].

Наиболее характерным психофизиологическим состоянием, развивающимся под влиянием указанных факторов, является информационный или ментальный стресс [15]. Любой стресс характеризуется напряжением регуляторных систем, мобилизацией функциональных резервов. Принимая во внимание физиологическую характеристику ментальной нагрузки, выраженную в определенной «цене адаптации», можно свидетельствовать о наличии специфических реакций организма на ее содержание [15].

Известно, что в случае несоответствия индивидуально-типологических особенностей студентов требованиям когнитивной деятельности, возникают отрицательные эмоции, нарушающие оптимальное психическое и функциональное состояние вегетативных систем [15, 19], что снижает эффективность и целесообразность деятельности. При этом степень напряжения регуляторных систем при равных условиях деятельности у человека, в силу генетической детерминации психофизиологических

показателей, проявляется по-разному, что обуславливает возможность типизации студентов по выраженности специфических адаптивных реакций.

Наиболее чувствительным индикатором адаптационных реакций организма может рассматриваться сердечно-сосудистая система [4], а изменчивость ритма сердца хорошо отражает степень напряжения регуляторных систем, обусловленную возникающей в ответ на любое стрессорное воздействие активацией системы гипоталамо-надпочечники и реакцией симпатoadренальной системы.

Анализ изменчивости сердечного ритма является методом оценки состояния механизмов регуляции физиологических функций в организме человека, в частности, общей активности регуляторных механизмов, нейрогуморальной регуляции сердца, соотношения между симпатическим и парасимпатическим отделами вегетативной нервной системы. Простота метода сочетается с возможностью получения обширной и разнообразной информации о нейрогуморальной регуляции физиологических функций и адаптационных реакциях целостного организма [4,5,14].

Целью данной работы была оценка влияния ментального стресса на показатели изменчивости сердечного ритма студентов.

Исходя из цели, были поставлены следующие **задачи**:

1. Изучить имеющуюся литературу по теме исследования.
2. Освоить метод вариационной пульсометрии на основе регистрации электрокардиограммы (ЭКГ) и различные подходы к анализу изменчивости сердечного ритма.
3. Проанализировать характер изменений статистических и спектральных показателей ВСР студентов под влиянием ментального стресса.
4. Выявить возможные различия влияния ментального стресса на показатели изменчивости сердечного ритма студентов с различным уровнем активности отделов вегетативной нервной системы.

1. ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

1.1. Физиология стресса

В современной научной литературе термин «стресс» используется по крайней мере в трех значениях. Во-первых, понятие стресс может определяться как любые внешние стимулы или события, которые вызывают у человека напряжение или возбуждение. В настоящее время в этом значении чаще употребляются термины «стрессор», «стресс-фактор». Во-вторых, стресс может относиться к субъективной реакции и в этом значении он отражает внутреннее психическое состояние напряжения и возбуждения; это состояние интерпретируется как эмоции, оборонительные реакции и процессы преодоления (coping processes), происходящие в самом человеке. Такие процессы могут содействовать развитию и совершенствованию функциональных систем, а также вызывать психическое напряжение. Наконец, в-третьих, стресс может быть физической реакцией организма на предъявляемое требование или вредное воздействие. Именно в этом смысле и В. Кеннон и Г. Селье употребляли этот термин. Функцией этих физических (физиологических) реакций, вероятно, является поддержка поведенческих действий и психических процессов по преодолению этого состояния [2].

Учение о стрессе – один из ведущих разделов современной медицины. Основоположником этого направления является Ганс Селье, бывший студент Пражского университета, который в 1926 г. опубликовал первые наблюдения о больных, страдающих самыми разными соматическими недомоганиями. У всех таких больных наблюдалась потеря аппетита, мышечная слабость, повышенное артериальное давление, утрата мотивации к достижениям. Он обозначил эти симптомы как «синдром просто болезни». Одновременно он показал, что в организме у многих людей при болезни наблюдаются однообразные нарушения: изменения в коре надпочечников (гипертрофия, кровоизлияния), истощение лимфоидной ткани (лимфатических узлов, тимуса), изъязвление желудка. Для описания совокупности всех неспецифических изменений внутри организма он ввел понятие «стресс». В

последующем он долгие годы – до конца своей жизни – работал в институте экспериментальной медицины и хирургии в Монреале, который в последующем стал Международным институтом стресса.

В 1936 г. в известном журнале «Нейче» (Природа) в разделе «Письма к редактору» в небольшой по размеру статье Г. Селье сформулировал свое представление о стрессе и одновременно ввел новое понятие – «Синдром, вызываемый разными повреждающими агентами», или «общий адаптационный синдром», или «синдром биологического стресса». В нашей литературе иногда его называют «генерализованный адаптационный синдром» [2].

Термин «стресс» взят из области физики, он отражает явление напряжения, давления или силы, прикладываемой к системе. Этот термин применялся и до Селье в художественной литературе. Так, английский поэт Роберт Маннинг в 1903 г. писал: «И эта мука была манной небесной, которую господь послал людям, пребывающим в пустыне 40 зим и находившимся в большом стрессе».

Современные определения стресса звучат так:

Стресс – это неспецифическая реакция организма на любое требование извне (Г. Селье, 1974).

Стресс – это реакция организма на значимый раздражитель. А по своей природе стрессовая реакция является психофизиологической.

Стресс – это способ достижения резистентности (устойчивости) организма при действии на него повреждающего фактора. Стресс одновременно является и способом тренировки защитных механизмов организма.

По мнению Селье и его сторонников, стресс – это врожденный защитный механизм, который на ранних этапах эволюции дал возможность человеку выжить в первобытных условиях; стрессовая реакция позволяет подготовиться организму к возбуждению.

В здоровом организме человека существует механизм, направленный на борьбу с неблагоприятным фактором, воздействие которого может привести к гибели организма. Этот механизм и получил название стресс-реакция, или общий адаптационный синдром [2].

Виды стресса. Различают стресс острый и хронический. В первом случае механизмы защиты включаются на короткое время – на момент действия раздражителя-стрессора, во втором случае стрессор действует длительно, и поэтому реакция на него, механизм защиты от этого стрессора имеет свои особенности, что потребовало введения понятия «хронический стресс». Различают физический стресс и эмоциональный (психогенный) – в первом случае имеет место защита от воздействия физических факторов (ожог, травма, сверхсильный шум), во втором случае – защита от психогенных факторов, вызывающих отрицательные эмоции.

Г. Селье ввел также понятия – эустресс и дистресс. Эустресс–это (дословно) – хороший стресс, защитная реакция протекает без потерь для организма, безболезненно, дистресс – (дословно) – это чрезмерный стресс, защита от повреждающего фактора происходит с ущербом для организма, с ослаблением его возможностей. Ясно, что чем выше интенсивность стрессорного воздействия, тем выше вероятность перехода эустресса в дистресс [2].

Стрессоры. В современной литературе под этим термином понимают все факторы внешней или внутренней среды, которые вызывают реакцию стресс, такие факторы, которые являются опасными для здоровья и целостности организма. К таким факторам относят следующие ситуации:

- вредные стимулы окружающей среды (загазованность, высокий уровень радиации, неблагоприятный микроклимат, например, жаркий климат и т. д.);
- нарушение физиологических процессов в организме, например, при различных заболеваниях, в том числе – инфекционных, соматических ит. п.;

- необходимость ускоренной обработки информации, т. е. работа в условиях дефицита времени;
- работа в условиях риска для собственной жизни или жизни других людей;
- осознаваемая угроза жизни;
- изоляция и заключение;
- остракизм (изгнание, гонение), групповое давление;
- отсутствие контроля над событиями;
- отсутствие цели в жизни;
- депривация – отсутствие раздражителей [2].

Г. Селье считал, что стресс всегда есть, и на организм в любых условиях воздействуют стрессоры. Уровень физиологического стресса (эустресса) наиболее низок в минуты равнодушия, но он всегда выше нуля. Приятные и неприятные эмоциональные возбуждения сопровождаются возрастанием физиологического стресса. Селье считал, что отсутствие цели – один из самых сильных стрессоров, вызывающих развитие патологического процесса, например, язвы желудка, инфаркта, гипертонии.

Механизмы стресса. В реализации адаптационных реакций организма, направленных на противодействие повреждающему агенту, участвуют различные механизмы, которые объединены под термином «стресс» или «общий адаптационный синдром». В последние годы механизмы, участвующие в этом процессе, называют стресс-реализующими системами. А механизмы, которые препятствуют развитию стресс-реакции или снижают побочные отрицательные эффекты стресс-реакции, получили название «стресс-лимитирующие системы» или «системы естественной профилактики стресса».

Стресс – это неспецифический компонент адаптации, благодаря которому мобилизуются энергетические и пластические ресурсы организма для специфической адаптационной перестройки различных систем организма.

Раздражение, которое в конечном итоге вызывает стресс, вначале обрабатывается в мозге: информация от рецепторов поступает в неокортекс и одновременно в ретикулярную формацию, лимбическую систему и гипоталамус, оценивается с позиций эмоционального состояния. В неокортексе два потока – «нейтральный» и «эмоционально окрашенный» сходятся, на основании чего происходит оценка значимости информации для организма, и если раздражитель воспринимается как угроза, вызов или что-то крайне неприятное, то в ответ возникает сильное эмоциональное возбуждение, которое запускает дальнейшую цепь событий.

Таким образом, стрессор – это фактор, интерпретация которого в мозге вызывает эмоциональную реакцию. С этих позиций очень важна оценка событий, различных воздействий человеком. Поэтому профилактика стресса во многом связана с правильной оценкой ситуации. Не случайно существует представление о конфликтной личности – личности, которая много хочет, но мало имеет, сильное эмоциональное возбуждение вызывает прежде всего активацию высших вегетативных центров, в том числе эрготропных, в основном задних ядер гипоталамуса, и активацию симпатической нервной системы: это повышает функциональные возможности сердечно-сосудистой и дыхательной систем, скелетных мышц. Одновременно, как показывают исследования последних лет, происходит и повышение активности трофотропных ядер гипоталамуса, что повышает активность парасимпатической системы – это обеспечивает высокие возможности восстановительных процессов, направленных на сохранение гомеостаза в организме. Итак, активация симпатической и парасимпатической системы – это 1-й этап в стресс-реакции или в системе общего адаптационного синдрома.

Если стрессор продолжает действовать, то возможности симпатической системы из-за ограниченности запасов медиаторов не позволяют противодействовать ему и тогда включается второй механизм (или 2-й этап стресс-реакции), который получил название реакции «битвы-бегства».

Центральный орган этого механизма – мозговой слой надпочечника. Реакция «битвы-бегства» рассматривается как мобилизация организма, подготавливающая мышцы к активности в ответ на действие стрессора. Она позволяет организму либо бороться с угрозой, либо бежать от нее. Предполагается, что начало этой реакции – это возбуждение дорсомедиальной части миндалевидного ядра (одного из центральных образований лимбической системы). Из миндалевидного ядра мощный поток импульсов идет к эрго-тропным ядрам гипоталамуса, откуда импульсация направляется к грудному отделу спинного мозга, а затем к мозговому слою надпочечника. В ответ происходит выброс адреналина и норадреналина, в результате чего возрастает артериальное давление, увеличивается сердечный выброс, снижается кровоток в неработающих мышцах и органах, возрастает уровень свободных жирных кислот, уровень триглицеридов, холестерина, глюкозы. Продолжительность этой реакции примерно в 10 раз больше, чем первой (активации симпатической системы), но если стрессор продолжает оказывать повреждающее воздействие, не компенсируемое реакцией «бита-бегство», то наступает следующий этап в стресс-реакции – активация других эндокринных механизмов (эндокринных осей): адренокортикального, соматотропного и тиреоидного. В целом, 1-й и 2-й механизм стресс-реакции иногда называют как симпато-адреналовая реакция (САР).

Адренокортикальный механизм представляет собой центральное звено стресс-реакции. Этот механизм включается в том случае, если активация симпатической нервной системы и мозгового слоя надпочечника (САР) оказывается неэффективной. Цепь событий в этом случае такова: неокортекс → септально-гипоталамический комплекс → выделение кортиколи-берина → выделение АКТГ → выделение глюкокортикоидов и, частично, повышение продукции минералокортикоидов. Главное в этом защитном механизме – это продукция глюкокортикоидов – кортизола, гидрокортизона и других гормонов этой группы. Эти гормоны вызывают прежде всего значительное повышение энергетических запасов: возрастает уровень глюкозы (за счет

глюконеогенеза) и свободных жирных кислот. Однако чрезмерное выделение глюкокортикоидов приводит одновременно и к нежелательным эффектам (это называют платой за адаптацию): резко снижается интенсивность иммунных механизмов, происходит тимиколимфатическая атрофия, возрастает риск образования язв желудка, развития инфаркта миокарда (за счет спазма сосудов). Повышение продукции альдостерона, которое возникает при усиленном выбросе в кровь АКТГ, вызывает повышенную реабсорбцию ионов натрия в почках, пассивную реабсорбцию воды, что одновременно приводит к росту артериального давления.

Многие авторы считают, что одновременно активируется соматотропный механизм: неокортекс → септально-гиппокампово-гипоталамическое возбуждение → выделение сома-толиберина гипоталамусом → выделение соматотропного гормона аденогипофизом. СТГ за счет высвобождения соматомедина повышает резистентность к инсулину (как при диабете), ускоряет мобилизацию накопленных в организме жиров, а, в результате, все это приводит к повышению содержания в крови глюкозы и свободных жирных кислот.

Кроме того, происходит активация тиреоидного механизма (тиреоидной оси): неокортекс → септально-гиппокампово-гипоталамическое возбуждение → тиролиберин гипоталамуса → ТТГ аденогипофиза → тиреоидные гормоны щитовидной железы → трийодтиронин (Т₃) и тироксин (Т₄). Тиреоидные гормоны повышают чувствительность тканей к циркулирующим в крови катехоламинам, повышают уровень энергообразования, активизируют деятельность сердца (ЧСС, сократимость), вызывают повышение артериального давления.

Одновременно, возбуждение гипоталамических областей вызывает повышенную продукцию бета-липотропина, что в конечном итоге вызывает образование эндогенных опиатов – энкефалинов, эндорфинов, динорфинов. Эти вещества, как будет сказано ниже, являются компонентами стресс-лимитирующей системы.

Активация трех эндокринных механизмов (осей): адренокортикального, соматотропного и тиреоидного – представляет собой общий адаптационный синдром или стресс-реакцию. Согласно Г. Селье, в этой реакции следует выделять три стадии: 1) тревоги (боевой тревоги), 2) резистентности и 3) истощения. Эти стадии отражают динамику ответа организма на длительно действующий стрессор.

Стадия тревоги (боевой тревоги) представляет собой встряску всего организма, призыв к оружию, мобилизацию всех защитных механизмов организма. Все три эндокринных механизма: адренокортикальный, соматотропный и тиреоидный включаются в реакцию, но главная скрипка – это адренокортикальный механизм. Эта стадия длится 6—48 часов. Уже в эту стадию наблюдается выброс лимфоцитов из тимуса (опустошение тимуса), лимфатических узлов, снижается образование эозинофилов, а в желудке могут образовываться язвы.

В случае, если раздражитель продолжает действовать, то возможно наступление 2-й стадии – **стадии резистентности, или устойчивости**. В этот период возрастает устойчивость организма к данному стрессору, и одновременно возрастает устойчивость к другим агентам (перекрестная резистентность). В эту стадию частично снижается продукция соматотропного и тиреоидных гормонов, что приводит к гипертрофии коры надпочечников и существенному увеличению продукции глюкокортикоидов. В итоге, несмотря на действие стрессора, имеет место сохранение гомеостаза организма, что и выражается в устойчивом состоянии организма. Однако эта стадия может перейти в следующую – финальную стадию, так как возможности синтеза глюкокортикоидов не безграничны, а также снижается эффективность их воздействия на органы-мишени. Поэтому при продолжающемся воздействии стрессора может произойти переход к 3-й стадии.

3-я стадия – **стадия истощения**. В этот период уменьшаются размеры коры надпочечников, снижается продукция глюкокортикоидов и

одновременно вновь запускаются в реакцию соматотропный и тиреоидный механизмы и вновь организм возвращается к реакции «боевой тревоги». В эту стадию происходит гибель организма.

Итак, стресс-реализующие системы – это симпатическая система, мозговой и корковый слой надпочечников (продукция адреналина, норадреналина, глюкокортикоидов, мине-ралокортикоидов), аденогипофиз (СТГ) и щитовидная железа (T_3 , T_4).

Стресс-лимитирующая система. В процессе эволюции в организме появились механизмы, которые препятствуют побочным эффектам действия участников стресс-реакции или снижают интенсивность их воздействия на органы-мишени. К этим механизмам относят: ГАМК-эргическую систему (или просто – ГАМК), эндогенные опиаты, простагландины, антиоксидантную систему и парасимпатическую нервную систему.

ГАМК-эргическая система: гамма-аминомасляная кислота продуцируется многими нейронами ЦНС, в том числе тормозными. Под влиянием ферментов ГАМК превращается в мозге в ГОМК – гамма-оксималяную кислоту, которая обладает способностью тормозить деятельность многих структур мозга, в том числе гипоталамуса. В результате не происходит запуск стресс-реакции. В экспериментах было показано, что предварительное введение животному ГОМК предотвращает развитие у него стресс-реакции на воздействие стрессора.

Под влиянием стрессора в гипофизе возрастает продукция бета-липотропина, из которого образуются эндогенные опиаты — энкефалины, эндорфины, динорфины. Эти вещества вызывают эйфорию, снижают болевую чувствительность (как компоненты антиноцицептивной системы), повышают работоспособность, увеличивают возможность выполнения длительной мышечной работы, снижают чувство тревоги. В целом, эти вещества снижают психогенные реакции человека на раздражители, уменьшая интенсивность эмоциональной реакции, запускающей стресс-реакцию.

Простагландины – это преимущественно простагландины группы Е (ПГЕ). Их продукция при стресс-реакции возрастает, так как глюкокортикоиды вызывают активацию перекисного окисления липидов и выход лизосомальных ферментов, в том числе – фосфолипазы А₂, которая участвует в образовании предшественника ПГ – арахидоновой кислоты. Простагландины группы Б снижают чувствительность ряда тканей к действию катехоламинов (за счет уменьшения концентрации свободных адренорецепторов). Особенно это выражено в отношении чувствительности нейронов ЦНС к норадреналину. Таким образом, простагландины снижают выраженность стресс-реакции.

Антиоксидантная система. При действии глюкокортикоидов, как уже отмечалось, активируется перекисное окисление липидов (ПОЛ), в результате чего образуются свободные радикалы, которые приводят к активации многих биохимических реакций в клетке, что нарушает ее жизнедеятельность (плата за адаптацию). Однако в организме есть эндогенные «тушители» этих свободнорадикальных процессов. Они получили название антиоксиданты. К ним относятся – фермент супероксиддисмутаза, витамин Е, серосодержащие аминокислоты (цистеин, цистин). В последнее время идет интенсивный поиск эффективных антиоксидантов. Пока с успехом используется витамин Е.

Трофотропные механизмы. По мнению Эверли и Розенфельда, активация парасимпатической нервной системы во время стресс-реакции представляет собой важнейший механизм защиты от побочных эффектов глюкокортикоидов и других участников стресс-реакции. Помимо запуска этого защитного механизма естественным путем (неокортекс → гипоталамус → парасимпатические центры ствола мозга и сакрального отдела спинного мозга), существует возможность искусственного повышения активности парасимпатической системы, что можно использовать в качестве средства профилактики и борьбы со стрессом. В частности, предлагается использовать такие факторы как умеренная физическая нагрузка (после нее повышается

тонус парасимпатической нервной системы), мышечная релаксация, психологическая релаксация или медитация. Важное место в системе профилактики занимает дыхательное движение: Эверли и Розенфельд утверждают, что переход на диафрагмальное дыхание приводит к повышению активности парасимпатического отдела ВНС и тем самым к снижению влияния стрессора на организм (реберное и ключичное дыхание активируют симпатическую нервную систему).

Стресс и болезни. За счет чрезмерного выделения глюкокортикоидов возможны различные побочные эффекты (плата за адаптацию к стрессору). Так, известно, что длительное выделение глюкокортикоидов приводит к существенному снижению продукции тестостерона, что снижает половое влечение и ведет к импотенции. Развиваются различные соматические заболевания: язвы кишечника, желудка, неспецифический язвенный колит, гипертония, аритмия, болезнь Рейно, мигренозные головные боли, бронхиальная астма, угри, экзема, крапивница, инфекции, опухоли (как результат иммунодепрессии), а также могут возникать нарушения психики — неврозы, депрессии. Следовательно, профилактика стресса — одно из важнейших направлений современной медицины [2,3,6].

Адаптация к стрессорам. Организм способен адаптироваться к действию стрессоров. При этом возрастает мощность стресс-реализующих и стресс-лимитирующих систем, одновременно повышается устойчивость организма к ионизирующей радиации, гипоксии, химическим факторам (повреждающих клетку), — возникает положительная перекрестная адаптация. В то же время тормозится функция половых желез как результат блокады продукции тестостерона (отрицательная перекрестная адаптация).

1.2. Умственная нагрузка и стресс

Стресс и умственная нагрузка — это два понятия, две концепции, которые очень близки по содержанию, по взаимосвязи и поэтому их очень часто смешивают, отождествляют. В одних теориях полагают, что высокая

нагрузка приводит к стрессовым реакциям, в других теориях стресс рассматривается как компонент рабочей нагрузки.

Умственную нагрузку можно отнести либо к объективной рабочей нагрузке, налагаемой задачей (ее сложностью, объемом операций, ограничениями во времени и т. п.), или к субъективным оценкам оператора относительно требований задачи. В большинстве теорий рабочую нагрузку относят только к способности оператора по обработке информации, но в некоторых теориях она также включает эмоциональные и физические аспекты.

Стресс и умственная нагрузка относятся к понятиям, отражающим процесс взаимосвязи между требованиями среды и наличием ресурсов для удовлетворения этих требований. В теориях умственной нагрузки ресурсы относят к способности обрабатывать информацию, необходимую и имеющуюся для выполнения задачи; требования относятся к содержанию исходных данных и процессу обработки информации для выполнения задачи. Требования относятся не только к задаче (к процессу ее решения), но и к средствам, рабочим условиям и организации деятельности.

Теории умственной нагрузки основаны на моделях, построенных в результате исследований работоспособности человека, которые описывают взаимодействия между когнитивными и энергетическими процессами. Когнитивные процессы преобразовывают сенсорную информацию в моторные действия, используя формальные и логические операции. Энергетические процессы регулируют функциональное состояние организма и обеспечивают активацию когнитивной системы, косвенно оказывая влияние на преобразование, обработку информации. «Энергетика» используется в качестве генетического термина для обозначения всех факторов (активация, возбуждение, утомление, истощение), которые употребляются для описания состояния организма [8].

На энергетическое состояние организма оказывает влияние ряд факторов, среди которых можно отметить характер циркадианных ритмов,

факторы среды - внешние (шум, вибрация, температура и многое другое) и внутренние (бессонница, вредные привычки, прием лекарств и другие), содержание задачи и условий ее выполнения (косвенное влияние). Когда выполняется определенная задача, автоматически включаются различные виды активации, которые обеспечивают оптимальные и адекватные требованиям задачи состояния. Активация наступает в период ожидания будущей задачи. Единственным средством оказания воздействия на энергетическое состояние в связи с выполнением задачи является мобилизация дополнительной энергии через умственное усилие, которая зависит от мотивации достижения определенной цели. Умственное усилие играет важную роль тогда, когда приходится работать в субоптимальных условиях и выполнять задачу, требующую проявления внимания. Это происходит при выполнении сложных задач, когда ресурсы приходится перераспределять между разными компонентами задачи и когда для выполнения задачи необходимо использовать процессы с ограниченными возможностями по обработке информации (например, оперативную память). Умственные усилия требуются также для выполнения задач, в которых цели или взаимосвязи вводимой и выводимой информации постоянно и непрерывно изменяются.

Умственные усилия играют важную роль в следующих ситуациях: а) субоптимальные состояния – уровень активации слишком низкий для выполнения задачи (монотонность деятельности, утомление и т. п.); б) эмоциональные состояния – уровень активации слишком высокий (воздействие угрозы или тревоги, беспокойство), иррелевантные сигналы отвлекают от задачи, снижают способность обрабатывать информацию; в) повышенный когнитивный контроль в ситуациях, когда задачи характеризуются непостоянным и переменными взаимосвязями между входной и выходной информацией; г) выполнение нескольких задач – связано с необходимостью постоянного перераспределения внимания и ресурсов между ними или их компонентами и основано на оценке

эффективности выполнения каждой задачи и относительного приоритета задачи [8].

Проблемы умственной нагрузки и стресса, имея точки соприкосновения, относятся к совершенно разным областям исследований. Концепция умственной нагрузки основана на положениях когнитивно-энергетических теорий, которые возникли из исследований работоспособности человека. Цель этих исследований – изучить возможности, пределы и ограничения человека как системы обработки информации. Эти исследования включают в себя вопросы о влиянии стрессоров на выполнение задач, в том числе и при длительной и непрерывной деятельности.

Теории стресса основаны на других позициях, а именно на изучении взаимосвязи работы, личности, стрессовых реакций и их последствия для работы и здоровья. Когнитивно-энергетические теории описывают взаимосвязь между информационно-преобразовательными и энергетическими процессами, тогда как теории стресса – взаимосвязь между человеком и его средой. Оценка ситуации или воспринимаемой способности управлять ситуацией является проблемой в последних теориях стресса. Оба типа теорий фокусируются на различиях между требованиями среды и способностью человека удовлетворять эти требования. В когнитивно-энергетических теориях изучаются различия в способности обрабатывать информацию, требующуюся для выполнения задачи. В теориях стресса обращается внимание на расхождение между возможностями (ресурсами) человека и требованиями среды.

На основе концепций умственной нагрузки, умственного усилия и стресса можно описать и сопоставить ряд энергетических состояний, которые различаются характером включения человека в их регуляцию и физиологическими затратами, необходимым для выполнения задачи.

Умственное усилие – это состояние, связанное с процессом обработки информации, которое является ресурсо-ограниченным и требующим активации функции внимания. Его психологические и физиологические

затраты высокие, так как оператору приходится мобилизовывать дополнительную энергию, чтобы быть в состоянии выполнить задачу. Этот тип обработки информации необходим в таких условиях, где задачи невозможно выполнять на основе применения жестко детерминированных правил и процедур решения или только на основе хорошо отработанных навыков. Такие условия (ситуации) возникают, во-первых, когда выполнение задач необходимо проводить под когнитивным контролем, во-вторых, обработка информации требует высокой активации внимания, в-третьих, при выполнении множественной задачи, то есть в условиях необходимого разделения во времени процесса решения и распределения внимания между разными задачами, в-четвертых, когда оператор испытывает трудности в обслуживании ряда задач (устомление, бессонница), в предотвращении отвлечения внимания иррелевантными сигналами (эмоции, шум), в связи с невыполнением или откладыванием действия малой приоритетности (дефицит времени, низкая субъективная значимость), при адаптации к новым условиям работы (смена места работы, переориентация).

Стресс является состоянием, которое возникает у оператора при восприятии угрозы, опасности неблагоприятных воздействий и последствий при опасении потери контроля над ситуацией. Как правило, ситуация - неясная, события - непредсказуемые. И ситуация, и события могут быть связаны определенным видом работы, ее содержанием, наличием средств для выполнения задачи (внешних - материал, аппаратура, информация, персонал; внутренних - профессиональные способности, подготовка, опыт, мотивация), ожиданиями положительного результата или вознаграждения. Во всех этих случаях ситуация характеризуется возникшим или возможным проявлением препятствия для осуществления стремлений, целей или ценностей. В этой ситуации возникают отрицательные эмоции (беспокойство, тревога). Дополнительная мобилизация энергии неэффективна - она не дает улучшения работоспособности. Если человек не способен контролировать мобилизацию энергии из-за отрицательных эмоций, уровень

работоспособности может даже снизиться. Состояние стресса характеризуется повышенной реактивностью и функциональными нарушениями: у оператора возникают трудности с концентрацией внимания на задаче; мобилизуется больше энергии, чем необходимо для выполнения задачи; активизируются энергетические механизмы, которые не всегда являются полезными для выполнения задачи; имеются проблемы восстановления состояния (к норме) после выполнения задачи. Эти воздействия и реакции приводят к развитию нарушений и расстройств психосоматических функций, которые можно рассматривать как предвестники будущих заболеваний.

1.3. Влияние информационной нагрузки на сердечный ритм

Решение, каких бы то ни было задач, требует от человека сбора и анализа соответствующей информации, а также принятия решения. Однако это лишь внешняя сторона информационной нагрузки. Непременной ее составляющей является субъективное представление индивида о сложности проблемы, а также о своих возможностях и ресурсах. Поэтому величина информационной нагрузки складывается не только из объективной, но и из субъективной трудности решаемых задач [9].

Для решения задач каждый человек использует свой набор способов действия, обеспечивающих тот или иной уровень эффективности достижения цели. Стиль деятельности формируется под влиянием индивидуального предпочтения, отдаваемого определенным формам и способам регулирования деятельности. Здесь важная роль принадлежит индивидуальным различиям в компетентности и способностях, которые в целом и определяют индивидуальный стиль когнитивной деятельности.

По показателям частотных спектров ЭЭГ, реакции усвоения ритма световых мельканий и вызванных потенциалов также выделены две системы активации, определяющие два типа реагирования на информационную нагрузку: продуктивная (неэмоциональная) и непродуктивная

(эмоциональная) по отношению к эффективности деятельности [10,11]. Разделение активации на два вида получило подтверждение и при построении семантических эмоциональных пространств, когда было выделено два ортогональных фактора, характеризующих эмоциональную и неэмоциональную активацию.

На уровне рефлексов это дихотомическое разделение активации представлено ориентировочным и оборонительным рефлексом, находящимися в реципрокных отношениях.

Ориентировочные реакции, определяемые информационным содержанием, связаны с исследовательским интересом, положительными эмоциями и полезны для организма. Оборонительные реакции связаны с отрицательными эмоциями, тревогой, беспокойством, что обусловлено не столько содержанием самой деятельности, сколько низкой самооценкой, беспокойством по поводу настоящих и будущих неудач. Комплекс этих реакций образует неадекватное и отрицательное возбуждение.

Эффективным приемом изучения влияния этих двух систем активации на ФС в условиях информационной нагрузки является регистрация сердечного ритма (СР). Стимулы, привлекающие внимание, сопровождаются кратковременным снижением ЧСС (фазическим ориентировочным рефлексом). Неприятные, угрожающие или болевые раздражители вызывают повышение ЧСС (фазический оборонительный рефлекс).

Задача выявления и изучения независимых систем регуляции СР решается методом векторного представления реакций СР в вегетативном пространстве. Принцип векторного кодирования информации в нервной системе не только объясняет механизм восприятия сигналов, но может быть распространен и на управление двигательными и вегетативными реакциями. Согласно векторному подходу, все разнообразие реакций СР можно представить в пространстве, размерность которого определяется числом независимо работающих систем, возбуждение которых образует управляющие векторы.

Количественная векторная модель двумерного вегетативного пространства СР разработана группой исследователей Университета штата Огайо, руководимой Кациоппо. Основываясь на результатах изучения СР у крыс в условиях избирательной блокады симпатической и парасимпатической ветвей автономной нервной системы, они представили период сердечных сокращений как функцию двух независимых переменных: возбуждений симпатической и парасимпатической систем, реакции которых образуют двухкомпонентные векторы возбуждения, воздействующие на пейсмекерные клетки синусного узла. Таким образом, все реакции пейсмекера, согласно данной модели, представлены в двумерном пространстве.

Однако в этой модели не учитывается ритмическая составляющая. В то же самое время, согласно данным ряда исследователей, применявших метод частотного анализа для обработки ритмограммы (РГ) сердца (последовательности RR-интервалов), СР находится под модулирующим контролем, по крайней мере, трех ритмически работающих осцилляторов. В спектре РГ сердца обычно выделяют три зоны частотной модуляции периода сердечного цикла: метаболическую, сосудистую и дыхательную.

Анализ изменений частотных спектров ритмограмм сердца, вызываемых арифметической нагрузкой у 90 человек, показал, что индивидуальные реакции достаточно разнообразны. Наиболее часто они состоят либо в подавлении всей мощности спектра на всех частотах, либо в избирательном его уменьшении или увеличении в той или другой частотной области [9].

В опытах с ассоциативным обучением оказалось, что изменения СР в ситуациях обучения и проверки принципиально отличаются от вызываемых арифметической нагрузкой. Видно, что соответствующие векторы располагаются в различных участках пространства. Это означает, что изменяется соотношение влияний трех модулирующих систем. Увеличение информационной нагрузки, которое происходит при переходе от фона к

обучению или к проверке, сопровождается приростом вклада сосудистой и дыхательной модулирующих систем.

Наибольший прирост дыхательной и сосудистой модуляций характеризует групповой спектр, который получен во время проверки. Отличие от фоновых значений статистически значимо. Дыхательная модуляция в условиях проверки выражена более сильно, чем во время обучения. Таким образом, деятельность ассоциативного обучения и проверки знаний вызывает усиление влияний на СР со стороны сосудистого и дыхательного регуляторов, тогда как под влиянием арифметической нагрузки происходит редукция сосудистых влияний и некоторое уменьшение дыхательных модуляций.

Группы испытуемых, разделенные на основе ЛТ, различались и средними значениями силы процессов возбуждения, определяемой по тесту Стреляу. У высокотревожных эффект арифметической нагрузки был выражен наиболее сильно. Наиболее слабая реакция (или даже ее отсутствие) наблюдалась не у низкотревожных членов группы (как следовало ожидать), а у лиц со средним уровнем ЛТ. Индивидуальные реакции в этой группе часто состояли в увеличении дыхательной или сосудистой модуляции или обеих вместе.

Решение арифметических задач часто создает повышенную мотивированность испытуемых, в значительной степени стимулирует соревнование между ними, так как многими людьми процедура выполнения арифметического теста связывается с оценкой их интеллектуальных способностей [10,11,12].

Предположение о том, что арифметическая нагрузка является стрессовой, подкрепляется и ранее полученными данными, когда 90 испытуемых были разделены на две группы по уровню ЛТ. Показано, что высокотревожные испытуемые ($ЛТ > 43$) отличаются от низкотревожных ($ЛТ < 43$) сильно выраженной редукцией дыхательных и сосудистых модуляций, что сочетается с высокими значениями ЧСС, а также РГ.

Известно, что тревожность как черта личности говорит о склонности человека воспринимать достаточно широкий круг ситуаций как угрожающие и реагировать на них появлением состояния напряженности.

Разделение всех 90 испытуемых не на две, а на четыре группы по уровню ЛТ и представление их групповых спектров трехкомпонентными векторами в вегетативном пространстве подтвердило, что ярко выраженной редукцией сосудистой и дыхательной модуляций действительно характеризуются наиболее тревожные, однако связь ЛТ с редукцией дыхательной и сосудистой модуляций носит не монотонный характер. Хотя во время арифметической нагрузки преобладающий тип реакций редукция дыхательной и сосудистой модуляций, однако у лиц со средним уровнем ЛТ эта реакция выражена слабо.

Анализ индивидуальных реакций показал, что в некоторых случаях она заменяется противоположной реакцией в виде одновременного усиления дыхательных и сосудистых модуляций, либо только дыхательных или только сосудистых. Это означает, что тот тип реакции, который мы наблюдали в опытах с запоминанием и проверкой, присутствует и в опытах с арифметической нагрузкой, хотя встречается там значительно реже и преимущественно у лиц со средней ЛТ. Таким образом, подавление дыхательных и сосудистых модулирующих влияний, по-видимому, в значительной мере определяется состоянием напряженности, в котором оказывается испытуемый либо в результате жестких требований, предъявляемых задачей, либо за счет высокой индивидуальной ЛТ, которая даже в условиях умеренных нагрузок вызывает реакцию стресса [9, 12].

1.3. Анализ variability сердечного ритма как способ оценки функционального состояния организма

Анализ сердечного ритма методом вариационной пульсометрии (кардиоритмография) позволяет дать количественно-качественную оценку текущего функционального состояния организма, а также определить

выраженность адаптивных изменений и степень напряжения регуляторных систем [3,4,5,6,7,13,16].

Наиболее высокому уровню функционального состояния (состоянию оптимума или «пика формы») соответствует определенный диапазон показателей ритма сердца. Выход за пределы этого диапазона соответствует ухудшению функционального состояния. Определение данного «диапазона оптимальности» для основных профессиональных микропопуляций позволяет более точно шкалировать функциональное состояние конкретного пациента, учитывая пол, возраст, род занятий и т.п.

Автокорреляционный и спектральный анализ ритма сердца позволяют выявить его волновую структуру, определенную периодичность в изменении продолжительности R-R интервалов. Волновая периодика ритма отражает влияние на синусовый узел центрального и автономного контуров регуляции. В сердечном ритме обычно присутствуют 3 типа волн [14,17].

Дыхательные волны (HF-how frequency) – это быстрые периодические колебания с периодом 3 – 6 с, отражают деятельность автономного контура регуляции. Они связаны с изменением кровенаполнения сердечных полостей в фазы дыхательного цикла (вдох-выдох). Данные волны формируются под влиянием рефлексов с барорецепторов каротидного синуса, полых вен и ядра блуждающего нерва. Дыхательная периодика сердечного ритма отражает приспособительную деятельность автономного контура регуляции по постоянному поиску оптимальных соотношений между притоком и оттоком крови и работой сердца как насоса. Чем выше тренированность, тем более отлажена гемодинамика, тем выше амплитуда дыхательной волны сердечного ритма и, наоборот.

Недыхательные (медленные) волны (LF – low frequency) - отражают степень активности гуморального и нервного каналов центральной регуляции сердечного ритма. LF с $T=15-25$ с – отражают активацию вазомоторных (сосудодвигательных) центров по обеспечению общего приспособления сосудистой системы к изменениям ударного и минутного

объема крови. VLF (very low frequency) с $T=25-50$ с – отражают активацию подкорковых и корковых нейрогуморальных структур по приспособлению организма к меняющимся условиям жизнедеятельности. Увеличение амплитуды медленных волн в структуре сердечного ритма свидетельствует о росте напряженности функционирования организма, активации гормональной системы. При перетренировке у спортсменов в спектре преобладают VLF (у лиц пожилого возраста в спектре значительную долю составляют волновые процессы с периодом больше, чем VLF). Появление аperiodических составляющих в волновой структуре ритма связано с происходящей время от времени перестройкой систем регуляции (на другой уровень функционирования) или случайными влияниями на состояние активности синусового узла (рис.1).

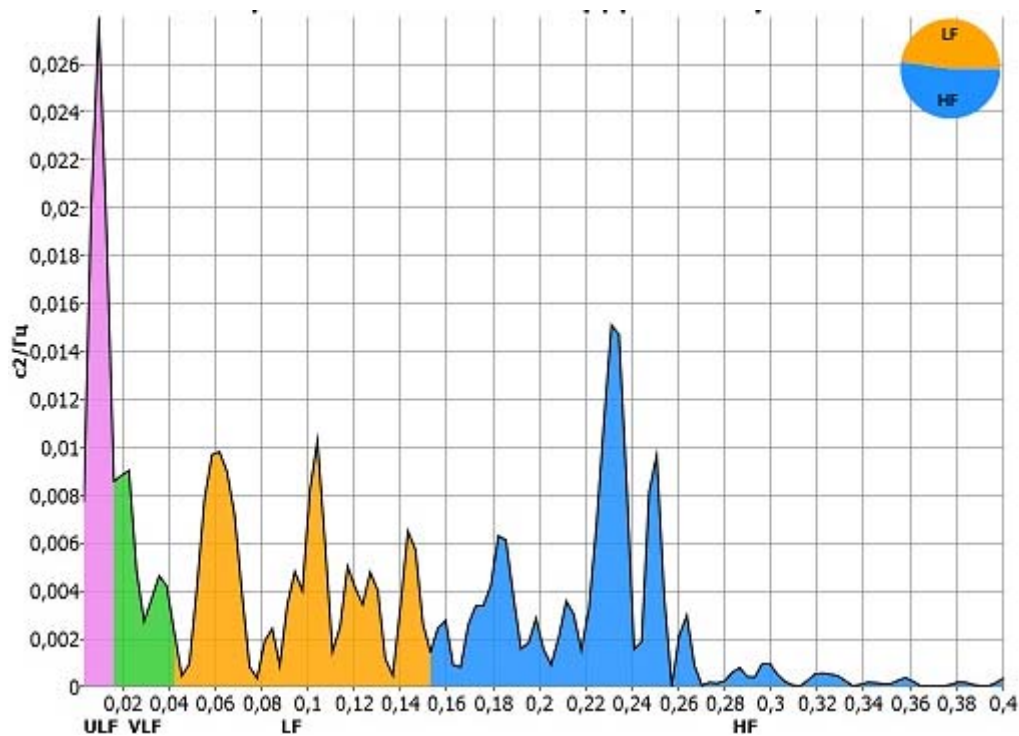


Рис. 1. Спектральный анализ сердечного ритма

Таким образом, «цена» срочной (кратковременной) адаптации к повреждающим факторам среды (физическим и нервно-эмоциональным

перегрузкам, бытовым стрессорам - алкоголь, недосыпание и т.п.) суммарно выражается в степени напряженности «работы» регуляторных систем организма и закодирована в структуре сердечного ритма (в последовательности кардиоинтервалов). Кроме того, при регулярных воздействиях определенных факторов (например, физических нагрузок) в организме включаются механизмы «долговременной адаптации», сопровождающиеся стойкими изменениями волновой структуры сердечного ритма [18, 21, 22].

1.5. Методы исследования variability сердечного ритма

В настоящее время существует множество визуальных и количественных методик анализа ВСР [3,4,5,6,7,13,16,18,21,22]. Их можно сгруппировать следующим образом:

- Методы временного анализа
- Анализ волновой структуры ритма сердца
- Нелинейные методы анализа ВСР
- Вариационная пульсометрия по Р.М. Баевскому

Методы временного анализа. Временные методы заключаются в измерении продолжительности последовательных интервалов R-R между нормальными сокращениями и используют классические статистические характеристики. Среди них различают статистические и геометрические методы.

Статистические методы основываются на статистическом анализе изменений длительности последовательных интервалов R-R между нормальными синусовыми кардиоциклами с вычислением различных коэффициентов (рис.2). Интервалы R-R между комплексами QRS нормальных кардиоциклов принято называть интервалами NN (normal-normal). При временном анализе ритмограммы обычно оцениваются два типа величин: длительность интервалов NN и разность длительности соседних интервалов NN.

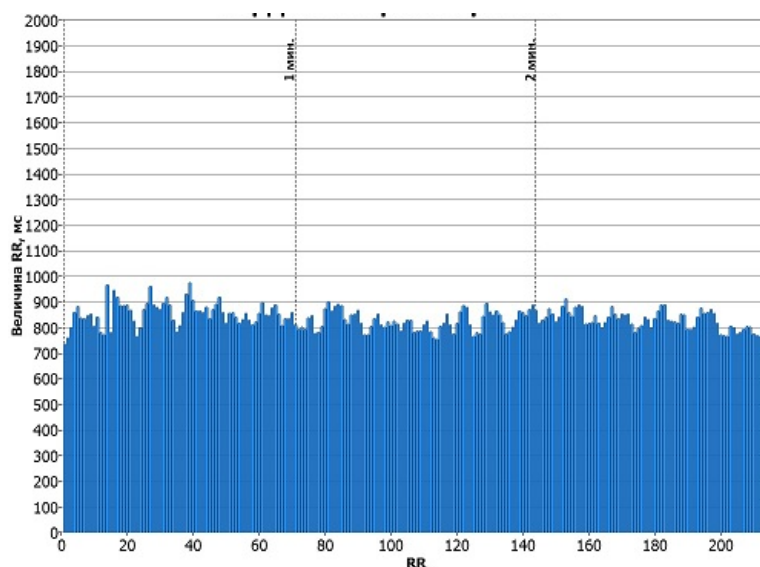


Рис. 2. Кардиоинтервалограмма

В соответствии с рекомендациями, выработанными в 1996 году на совместном заседании Европейского общества кардиологов и Северо-Американского общества электростимуляции при анализе ВСП на коротком (5-10 минут) участке записи ритмограммы используются следующие характеристики:

RRNN – средняя длительность интервалов R-R и обратная величина этого показателя – средняя ЧСС. Показатель RRNN отражает конечный результат многочисленных регуляторных влияний на синусовый ритм сложившегося баланса между парасимпатическим и симпатическим отделами вегетативной нервной системы;

SDNN – стандартное отклонение (SD) величин нормальных интервалов R-R (NN). Анормальные интервалы R-R из анализа исключаются. Стандартное отклонение (SDNN) – один из основных показателей variability сердечного ритма характеризует состояние механизмов регуляции. SDNN является интегральным показателем, характеризующим ВРС в целом и зависит от влияния на синусовый узел симпатического и парасимпатического отдела вегетативной системы. Увеличение или уменьшение этого показателя свидетельствует о смещении вегетативного баланса в сторону преобладания одного из отделов вегетативной системы,

что, однако не позволяет достоверно судить о влиянии на ВРС каждого из них в отдельности. Кроме того, необходимо принимать во внимание, что величина SDNN зависит от длительности анализируемого сегмента ЭКГ (имеет тенденцию возрастать при увеличении времени записи);

$SDNN / RRNN * 100\%$ – коэффициент вариации (CV). По физиологическому смыслу этот показатель не отличается от pNN50% и SDNN, но при анализе ВРС позволяет учитывать влияние ЧСС;

RMSSD – квадратный корень из среднего квадратов разностей величин последовательных пар интервалов NN;

NN50 (мс) – количество пар соседних интервалов NN, различающихся более чем на 50 мс в течение всей записи;

pNN50% – процент (доля) последовательных интервалов NN, различие между которыми превышает 50 мс [14].

Полагают, что значения показателей RMSSD, NN50 (pNN 50%) определяются преимущественно влиянием парасимпатического отдела вегетативной системы и являются отражением синусовой аритмии, связанной с дыханием. Как правило, показатели SDNN и RMSSD, p NN 50% изменяются однонаправленно. Однако, при достаточно длинной записи, например, при проведении функциональных проб, регистрируется существенное увеличение RMSSD и p NN 50% без значительного роста SDNN. Причина в том, что первые два показателя отражают преимущественно кратковременную смену частоты ритма, зависящую от напряжения парасимпатического отдела нервной системы, а на значение SDNN влияет разница между максимальной и минимальной частотой сердечных сокращений [18].

Под *геометрическими методами* анализа ВРС подразумевается построение и анализ гистограмм (рис.3). В гистограмме распределения R-R интервалов высота каждого столбика соответствует количеству R-R интервалов, попавших во временной диапазон, соответствующий положению рассматриваемого столбика на временной шкале.

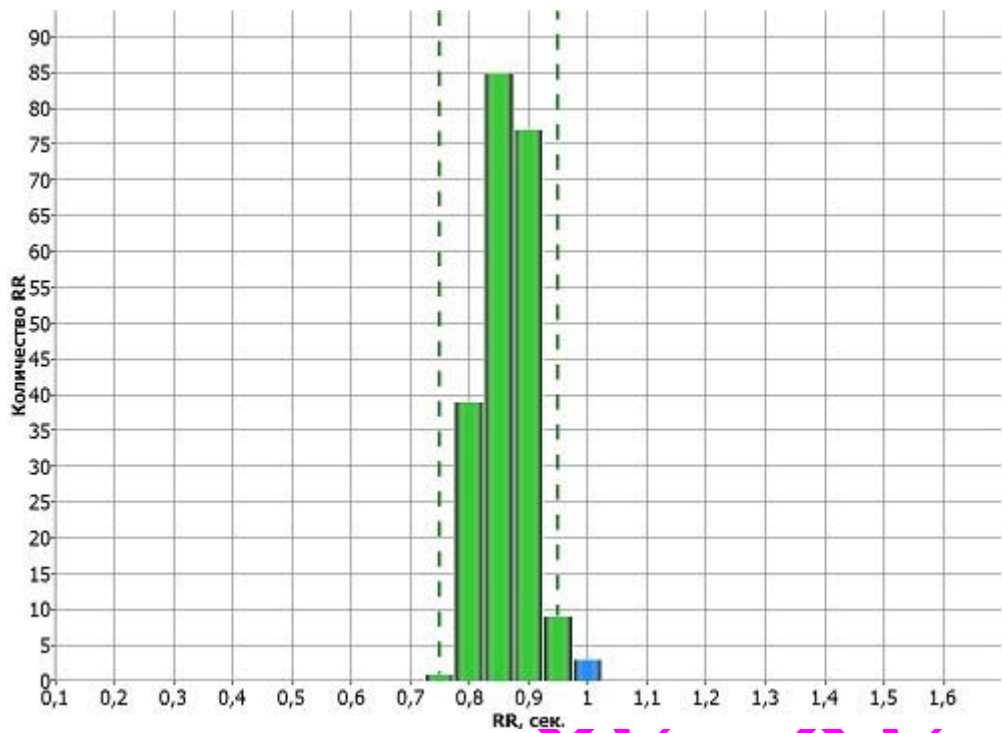


Рис. 3. Гистограмма

К геометрическим методам относят: вычисление триангулярного индекса (HRV triangular index) и индекса триангулярной интерполяции гистограммы интервалов R-R (TINN); метод определения индекса «Святого Георга»; метод оценки купола гистограммы по Л.Н. Лютиковой.

Анализ волновой структуры ритма сердца (частотный анализ) подразумевает оценку амплитудно-частотной характеристики кардиоритмограммы – анализ структуры мощности волн (HF, LF, VLF) на основе спектрального анализа.

Спектральный анализ подразумевает способ разбиения какой-либо исходной кривой на набор кривых, каждая из которых находится в своем частотном диапазоне. Иначе говоря, спектральный анализ ВРС позволяет обнаружить периодические составляющие в колебаниях сердечного ритма и оценить количественно их вклад в динамику ритма. Схематично процесс формирования спектрограммы можно представить следующим образом: измеряется длительность интервалов R-R, откладывается величина этих интервалов в виде вертикальных столбиков (получается ритмограмма). По верхушке ритмограммы проводится огибающая кривая. Полученная кривая

называемая функцией вариации ритма подвергается преобразованию Фурье, которое дает возможность получить спектры изменчивости интервалов R-R. Таким образом, последовательность интервалов R-R преобразуется в спектр мощности колебаний длительности R-R, представляющий собой последовательность частот (Гц), каждой из которых соответствует определенная амплитуда колебаний.

При спектральном анализе парасимпатическая и симпатическая активность может быть оценена за короткие промежутки времени (2-5 минут). С одной стороны, это позволяет изучить влияние на варибельность ритма сердца различных короткодействующих факторов или вмешательств, а с другой – может помешать быстро воспроизвести результаты в случае отсутствия стандартных условий регистрации ЭКГ.

К нелинейным методам анализа ВРС относят анализ показателей скаттерграммы (корреляционной ритмограммы), а также методы анализа нелинейных хаотических колебаний кардиоритма (детерминированный хаос, энтропия сердечного ритма и другие).

Вариационная пульсометрия по Р.М. Баевскому включает оценку показателей одномерного и двумерного распределения, вычисление вторичных показателей одномерного распределения и методы корреляционно-спектрального анализа. Данный метод является наиболее полным среди рассмотренных нами подходов и позволяет выявлять не только собственно функциональные расстройства сердечной деятельности, но и оценивать функциональное состояние организма в целом [3,13.17].

Данный подход к оценке варибельности сердечного ритма и был использован в нашей работе в качестве основного метода анализа. Ниже изложены основные положения взглядов Р.М. Баевского на математический анализ сердечного ритма [3,4,5,6].

Вариационные пульсограммы (гистограммы) отличаются параметром моды, амплитуды моды, вариационного размаха, а также по форме, симметрии, амплитуде.

Мода (M_o) — наиболее часто встречающиеся значения RR-интервала, которые соответствуют наиболее вероятному для данного периода времени уровню функционирования систем регуляции. В стационарном режиме M_o мало отличается от M (средних значений кардиоинтервалов). Их различие может быть мерой нестационарности и коррелирует с коэффициентами асимметрии.

Амплитуда моды (AM_o) — доля кардиоинтервалов, соответствующая значению моды. Физиологический смысл указанных параметров заключается в том, что они отражают влияние центрального контура регуляции на автономный по нервным (AM_o) и гуморальным (M_o) каналам.

Вариационный размах (ΔX) — разность между длительностью наибольшего и наименьшего R—R интервалов. Это показатель деятельности контура автономной регуляции ритма сердца, который целиком связан с дыхательными колебаниями тонуса блуждающего нерва.

Для определения степени адаптации сердечно-сосудистой системы к случайным или постоянно действующим агрессивным факторам и оценки адекватности процессов регуляции Р.М. Баевским предложен ряд параметров, являющихся производными классических статистических показателей (индексы Баевского):

1. ИВР — индекс вегетативного равновесия ($ИВР = AM_o / \Delta X$);
2. ВПР — вегетативный показатель ритма ($ВПР = 1 / M_o - \Delta X$);
3. ПАПР — показатель адекватности процессов регуляции ($ПАПР = AM_o / M_o$);
4. ИН — индекс напряжения регуляторных систем ($ИН = AM_o / 2\Delta X \times M_o$).

ИВР определяет соотношение симпатической и парасимпатической регуляции сердечной деятельности. ПАПР отражает соответствие между уровнем функционирования синусового узла и симпатической активностью. ВПР позволяет судить о вегетативном балансе: чем меньше величина ВПР, тем больше вегетативный баланс смещен в сторону преобладания

парасимпатической регуляции. ИН отражает степень централизации управления сердечным ритмом.

Комплексная оценка variability ритма сердца предусматривает диагностику функциональных состояний. Изменения вегетативного баланса в виде активации симпатического звена рассматриваются как неспецифический компонент адаптационной реакции в ответ на различные стрессорные воздействия. Одним из методов оценки таких реакций является вычисление показателя активности регуляторных систем (ПАРС). Он вычисляется в баллах и ориентируется на статистические показатели, показатели гистограммы и данные спектрального анализа[3,4,5,6].

Любое копирование
тиражирование запрещено

2. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

2.1. Методика исследования

В нашем исследовании для определения влияния ментального стресса на характеристики ВСП использовался метод вариационной пульсометрии по критериям Р.М. Баевского на основе регистрации электрокардиограммы (ЭКГ). О вариабельности ритма сердца традиционно судят по длительности RR-интервалов ЭКГ. Это связано с тем, что зубец R, особенно во втором стандартном отведении, наиболее легко выделить из ЭКГ-сигнала при компьютерной обработке, в силу того, что он является наибольшим по амплитуде.

Помимо регистрации ЭКГ проводили предварительное анкетирование студентов для выяснения наличия хронических заболеваний, отношения к курению.

Исследование проводилось на условиях добровольного согласия студентов и полной их информированности о процедуре и методике проведения.

Исследование ВСП проводили в тихой изолированной комнате, где поддерживалась постоянная температура 20-22С°. Обстановка во время исследования была спокойной. Также были устранены все помехи, приводящие к эмоциональному возбуждению (телефонные звонки и т.п.). В период исследования ВСП испытуемому рекомендовалось дышать спокойно, не делая глубоких вдохов, а также не кашлять и не сглатывать слюну.

Нами был проведен анализ кардиоритмограммы студентов ТГПУ им. Л.Н.Толстого. В исследовании приняли участие 25 девушек 18-22 лет.

Эксперимент осуществляли по следующей схеме:

- 1 этап: контрольная запись ЭКГ (5 мин);
- 2 этап: запись ЭКГ на фоне счета по Крепелину без учета времени (5 мин);
- 3 этап: запись ЭКГ на фоне счета в условиях дефицита времени (4 мин).

В качестве стрессорного фактора использовали умственную нагрузку, которая заключалась в складывании пар чисел. Для этого использовали известную методику «Счет по Крепелину». Задание необходимо было выполнять сначала без ограничения по времени, а затем по инструкции, ограничивающей время выполнения задания.

Порядок исследования и инструкция исследуемому:

Инструкция: «Когда я дам команду «Начинайте!», Вы возможно быстрее, но без ошибок начните складывать пары чисел, напечатанных на бланке. Если сумма больше 10, то, отбросив десяток, пишете только единицы. Понятно? (Ответить.) Каждый раз, когда я буду говорить: «Черта», Вы на том месте, где Вас застанет этот сигнал, должны поставить вертикальную черту и сразу же продолжать работу, пока я не дам команду «Стоп!» Переверните лист».

Дать команду «Начинайте!» Пустить секундомер и потом, каждые 15 с, говорить: «Черта». Дать команду «Стоп! Переверните лист» и остановить секундомер, когда, будет закончен бланк при индивидуальном исследовании или поднята рука — при групповом.

При втором варианте, вместо указания о «черте» говорится: «Каждый раз, когда я буду говорить: «С новой», оставляя строку незаконченной, начинайте работать с другой».

Количественным показателем продуктивности работы является общее число сложенных пар и число ошибок, для подсчета которых пользуются трафаретом.

Сравнение продуктивности за второй и последний 15-секундный интервал позволяет судить о степени утомляемости или упражняемости внимания, а суммарные показатели дают общую оценку работоспособности и выявляют установку исследуемого на скорость или на точность работы.

Ниже приведен образец бланка для проведения эксперимента.

Методика «Счет по Крепелину»
 Фамилия _____ Дата _____

8	3	6	9	1	5	7	2	3	8	5	2	9	5	6
5	2	8	9	7	4	4	2	8	6	1	7	4	7	5
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
6	7	4	9	2	3	6	2	9	6	7	8	3	2	4
7	3	8	2	2	9	4	7	4	5	8	3	9	2	6
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
6	2	8	9	4	3	7	4	5	4	9	2	6	5	3
7	4	8	2	3	2	9	3	5	8	6	7	2	3	5
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
3	8	6	5	3	7	9	5	2	7	2	4	9	5	3
9	3	7	5	7	7	8	8	3	5	2	9	6	3	4
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
3	7	9	8	2	6	5	5	8	3	2	4	9	5	7
2	5	7	4	3	6	9	3	4	6	6	8	7	4	3
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
2	8	5	5	4	9	2	5	6	2	8	6	3	5	7
8	2	3	6	4	2	8	7	3	9	2	6	3	4	6
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
4	8	5	4	3	7	9	2	3	5	3	6	7	3	5
6	2	7	8	4	2	5	2	9	6	5	4	3	7	4
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
9	2	5	7	4	2	8	3	5	8	9	5	6	7	2
4	8	6	6	7	7	9	2	5	3	6	6	7	4	2
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
5	6	2	8	4	9	2	2	6	8	3	2	4	6	7
6	2	9	4	5	7	9	3	5	4	2	6	9	6	3
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

Регистрацию ЭКГ проводили во втором стандартном отведении с помощью о аппаратно-программного комплекса «Валента». Испытуемые находились в положении сидя. Объем выборки для каждого испытуемого составлял не менее 160 кардиоинтервалов.

Программа обеспечивала автоматическую регистрацию и анализ RR-интервалов с построением кардиоинтервалограмм. В математическом блоке программы полученные кардиоинтервалограммы подвергались специальной обработке. На рис. 4 приведены исходная запись ЭКГ, полученная из нее ритмограмма (кардиоинтервалограмма), гистограмма и спектр мощности.

В настоящей работе оценивали следующие показатели ВСР:

- среднее значение RR-интервала
- вариационный размах (ΔX)
- среднее квадратическое отклонение (СКО)
- моду (M_0)
- амплитуду моды (AM_0)
- индекс напряжения (ИН)

Также проводили оценку спектральных показателей кардиоритма:

- абсолютной мощности в диапазоне медленных волн (LF)
- абсолютной мощности в диапазоне очень медленных волн (VLF)
- абсолютной мощности в диапазоне высокочастотных волн (HF)
- индекса вагосимпатического взаимодействия (LF/HF).

Статистический и графический анализ полученных данных проводили с использованием программы SigmaPlot 11.0 (Systat Software, Inc., 2008). Для сравнения средних использовали t-критерий Стьюдента ($p < 0.05$).

Любое копирование
тиражирование

лю

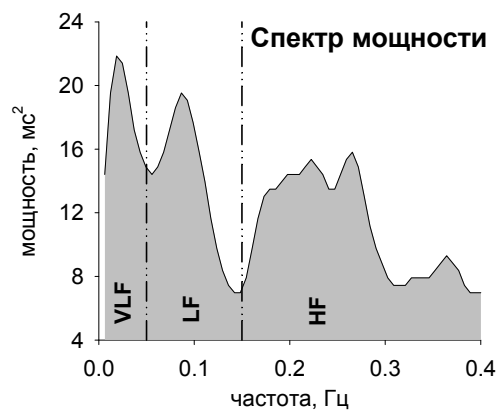
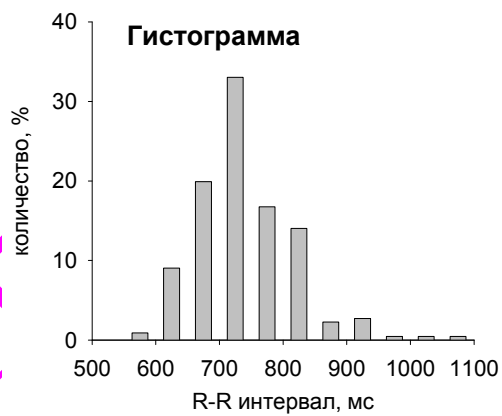
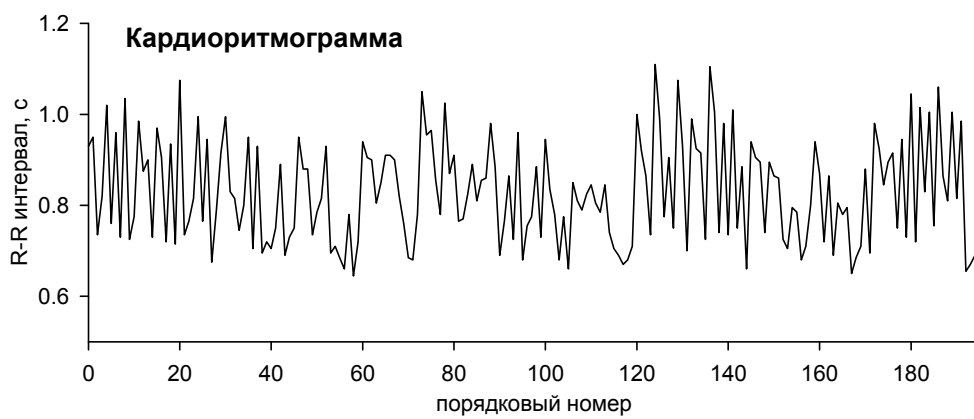
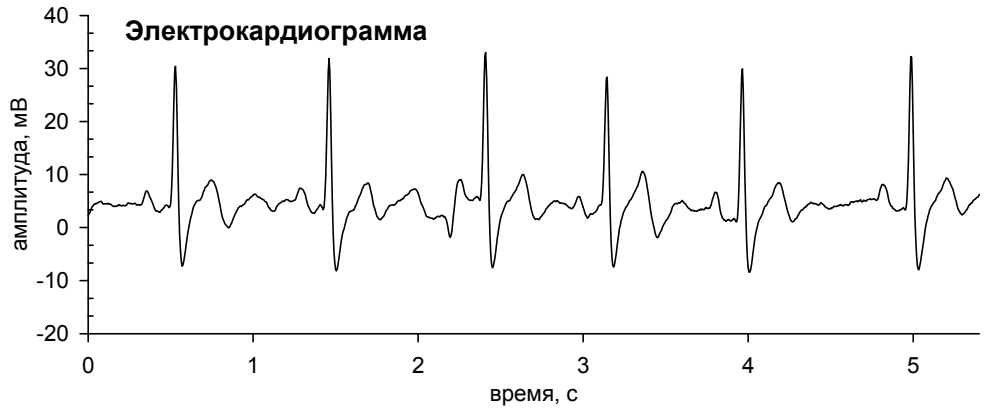


Рис.4. Этапы обработки и анализа электрокардиограммы

2.2. Результаты и обсуждение

В ходе предварительного опроса была получена информация, характеризующая состав испытуемых. В эксперименте участвовали девушки в возрасте 18-22 лет. Число курящих студенток составляет примерно 20%. В среднем, число студентов, имеющих хронические заболевания, составляет 20%. Количество праворуких – 16%. Результаты опроса студентов отражены в таблице 1.

Таблица 1

Качественный и количественный состав испытуемых

Характеристика	Ваготоники	Нормотоники	Симпатотоники
Количество студентов с хроническими заболеваниями (%)	0	35	25
Количество курящих (%)	21	0	25
Ведущая правая рука (%)	86	72	100

В результате анализа ритмограммы методом вариационной пульсометрии у испытуемых студентов была установлена высокая вариабельность индекса напряжения (табл. 2). В соответствии с Международным стандартом в норме ИН колеблется в пределах от 50 до 200 условных единиц. Анализ значений ИН позволил всех испытуемых разделить на 3 группы: ваготоники – 56% ($ИН \leq 60$ усл.ед), нормотоники – 28% ($60 \leq ИН \leq 120$ усл.ед), и симпатотоники – 16% ($ИН \geq 120$ усл.ед) (табл. 1). Как показали результаты исследования, остальные показатели вариационной пульсометрии имели достоверные отличия у испытуемых выделенных групп.

2.2.1. Влияние ментального стресса на статистические показатели ВСР студентов

В проведенных нами исследованиях показано, что ментальный стресс вызывает изменения статистических и индексных показателей ВСР, что отражает процессы адаптации к воздействию фактору за счет перераспределения напряжения регуляторных систем организма. При этом в выделенных экспериментальных группах (ваготоники, нормотоники и симпатотоники) отмечается различная динамика изменений исследуемых параметров. Результаты эксперимента приведены в таблице 2 (указаны средние значения и стандартные ошибки).

Таблица 2

Показатели variability сердечного ритма у студентов во время эксперимента

Показатель	Этап эксперимента	Ваготоники	Нормотоники	Симпатотоники
Среднее значение RR-интервала (с)	I	0.85±0.03	0.70±0.02	0.67±0.03
	II	0.74±0.03*	0.64±0.02*	0.63±0.04*
	III	0.71±0.04*	0.65±0.02	0.63±0.03*
Среднее квадратическое отклонение (с)	I	0.088±0.005	0.053±0.002	0.043±0.004
	II	0.098±0.008*	0.080±0.014	0.043±0.006
	III	0.100±0.010	0.070±0.007	0.048±0.008
Мода (с)	I	0.91±0.03	0.74±0.02	0.71±0.03
	II	0.77±0.05*	0.71±0.01	0.68±0.05*
	III	0.73±0.05	0.69±0.02	0.69±0.05
Амплитуда моды (%)	I	27.5±1,4	41.4±2,2	51.3±3.1
	II	29.8±1.6	43.0±4.4	51.5±4.9
	III	35.7±2.8*	42.0±2.3	52.5±4.9
Индекс напряжения (у.е.)	I	30.9±2,9	87.1±4.8	149.5±12.1
	II	38.2±3.5*	101.0±25.9*	204.3±49.6*
	III	52.1±9.5*	92.7±17.3	172.5±75.3
Вариационный размах ΔX	I	0.46±0.03	0.32±0.02	0.24±0.01
	II	0.58±0.04*	0.38±0.06	0.22±0.04
	III	0.49±0.03	0.39±0.06	0.43±0.16*

Математическое ожидание (среднее значение RR-интервала)

отражает конечный результат всех регуляторных влияний на сердце и систему кровообращения в целом. Он эквивалентен средней ЧСС, обладает наименьшей изменчивостью среди всех медико-статических показателей, и его отклонение от индивидуальной нормы обычно сигнализирует об увеличении нагрузки на аппарат кровообращения или о наличии патологических отклонений [3].

В ходе нашего исследования отмечалось достоверное уменьшение длительности RR-интервала в общей группе во время второго и третьего этапов на 12% и 13% соответственно. Было показано, что на первом этапе эксперимента среднее значение RR-интервала статистически достоверно уменьшается в группе ваготоников на 13%, в группе нормотоников на 9% и в группе симпатотоников – на 6%, что свидетельствует о реакции сердечно-сосудистой системы на оказываемое воздействие (рис. 5А). Выполнение задания в условиях дефицита времени приводило к дальнейшему статистически достоверному снижению длительности RR-интервала только в группе ваготоников, а в двух других группах значимых изменений не происходило.

Вариационный размах (ΔX) - вычисляется как разность между максимальным и минимальным значением RR интервалов (ширина основания гистограммы). ΔX рассматривают как парасимпатический показатель. Чем он выше, тем сильнее выражено влияние вагуса на ритм сердца. Нормальное значение ΔX – от 0,15 до 0,45 с.

Наиболее значительные изменения ΔX в ходе эксперимента отмечаются в группе ваготоников. Так, при выполнении теста без учета времени ΔX увеличивается на 26%, умственная нагрузка при дефиците времени приводит к увеличению этого показателя на 6% по сравнению с контролем. В группе нормотоников выполнение задания также приводит к увеличению ΔX (на 19% и 22% соответственно). В группе симпатотоников наблюдались противоположные тенденции: на втором этапе эксперимента

ΔX уменьшался на 8%, а на третьем – увеличивался на 79% по сравнению с первым этапом (рис. 5Б).

Среднее квадратическое отклонение является чрезвычайно чувствительным показателем состояния механизмов регуляции сердечного ритма. Как правило, рост СКО указывает на усиление автономной регуляции, то есть влияния дыхания на ритм сердца, что чаще всего наблюдается во сне. Уменьшение СКО обычно связывают с усилением симпатической регуляции, которая подавляет активность автономного контура. Значения СКО выражаются в миллисекундах [6].

В нашем исследовании СКО в общей группе увеличивается на 11% во время выполнения нагрузочных тестов, при этом ограничение во времени не меняет значение этого показателя (рис. 5Б). Однако в экспериментальных группах отмечается разнонаправленная динамика этого показателя. Так, в группе ваготоников выполнение теста в двух вариантах приводит к увеличению СКО примерно на 11%. В группе нормотоников на втором этапе эксперимента СКО возрастает на 33%, а на третьем – происходит снижение на 13% по сравнению с предыдущим этапом. В группе симпатотоников значение СКО исходно ниже на 51% по сравнению с ваготониками, на 19% по сравнению с нормотониками и в ходе выполнения заданий не меняется (рис. 5В).

Мода - наиболее часто встречающееся значение R-R-интервала, указывающее на доминирующий уровень функционирования синусового узла. Норма M_0 находится в пределах от 670 до 780 мс[6].

В общей группе выполнение задания без ограничения времени приводит к достоверному снижению M_0 на 11%, в условиях дефицита времени M_0 уменьшается еще на 3.0%. Такая же динамика M_0 отмечается только в группе ваготоников (15% и 5% соответственно). В двух других экспериментальных группах M_0 значимо не меняется (рис. 5Г).

Амплитуда моды число кардиоинтервалов, соответствующих значению моды, отражает эффект стабилизирующего влияния

симпатической нервной системы на кардиоритм. Условная норма АМо составляет 32-41% (эйтония). Уменьшение АМо ниже 32 % свидетельствует о ваготонии; увеличение выше 41% – о симпатикотонии [6].

В группе ваготоников среднее значение АМо увеличивается на 7% при выполнении задания без ограничения времени и на 29% при дефиците времени. В группах нормотоников и симпатотоников подобных изменений не отмечается. Это отражает включение различных контуров регуляции функций в исследуемых группах при воздействии стрессового фактора (рис. 6А).

Индекс напряжения регуляторных систем отражает степень централизации управления сердечным ритмом, активность механизмов симпатической регуляции. Этот показатель высчитывается на основании анализа графика распределения кардиоинтервалов. Активация центрального контура, усиление симпатической регуляции во время психических или физических нагрузок проявляется в стабилизации ритма, уменьшением разброса длительности кардиоинтервалов, увеличением количества однотипных по длительности интервалов. Форма гистограмм меняется, происходит их сужение с одновременным ростом высоты.

Количественно это выражается отношением высоты гистограммы к ее ширине. Этот показатель и получил название ИН. В норме ИН колеблется от 60 до 150 усл. ед. Этот показатель очень чувствителен к усилению тонуса симпатической нервной системы. Небольшая нагрузка (физическая или эмоциональная) увеличивает ИН в 1.5 – 2 раза. При значительных нагрузках он растет в 5 – 10 раз [6].

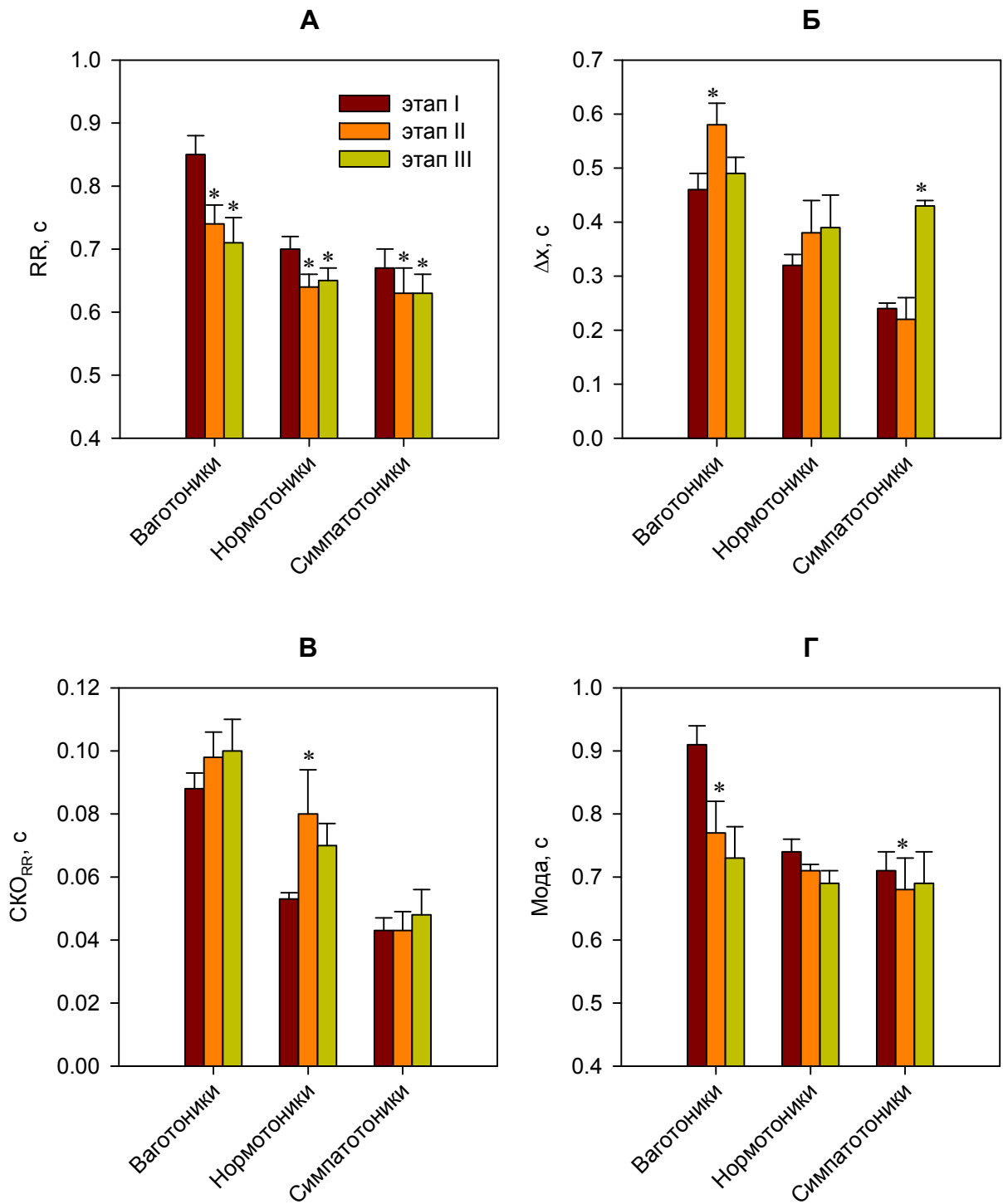


Рис. 5. Влияние ментального стресса на статистические показатели ВСП студентов исследуемых групп:
 А – длительность RR-интервала, Б – ΔX , В – СКО, Г – Мода.
 Указаны средние значения и стандартные ошибки.
 «*» отмечены достоверно различающиеся значения ($p < 0.05$)

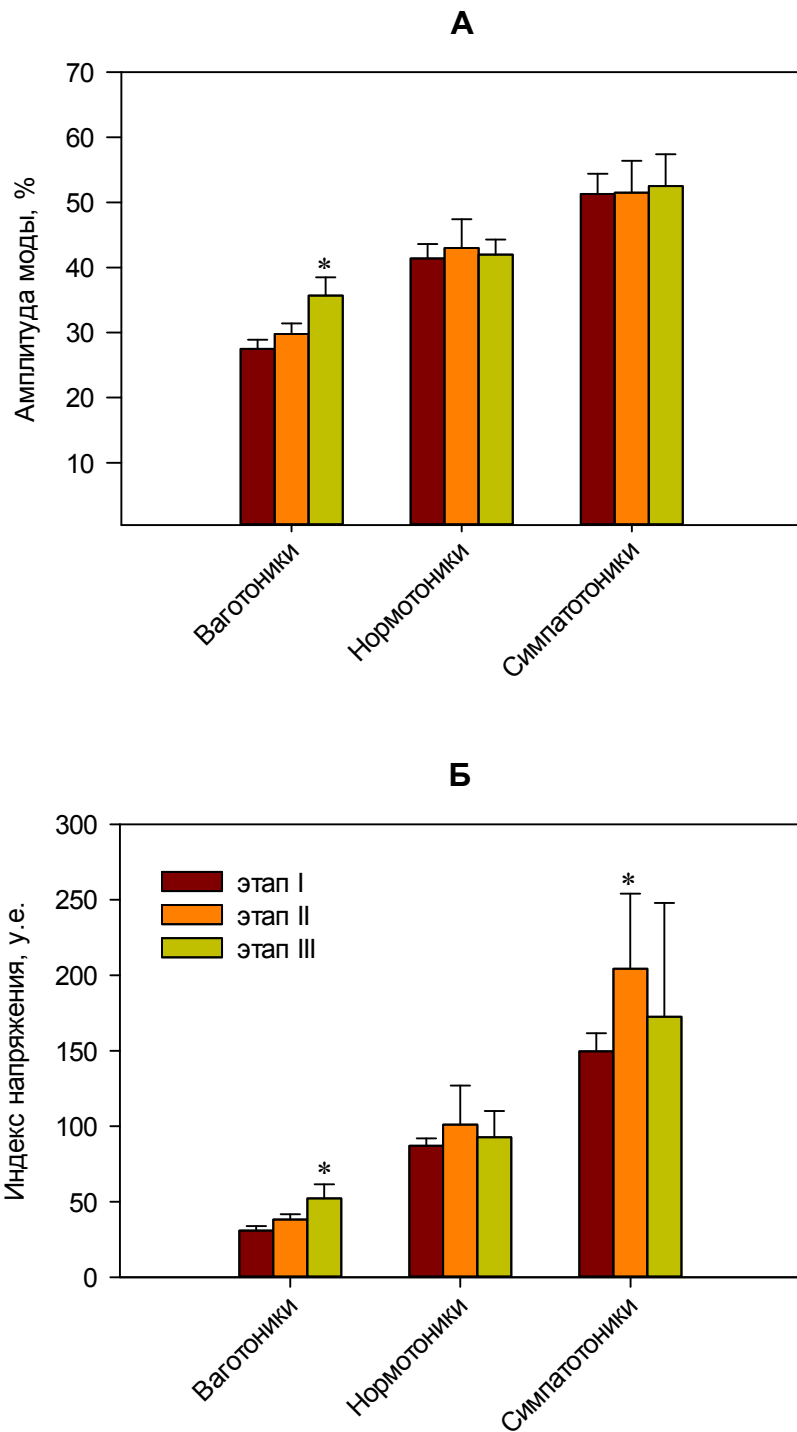


Рис 6. Влияние ментального стресса на амплитуду моды и индекс напряжения в исследуемых группах студентов.
Указаны средние значения и стандартные ошибки.
«*» отмечены достоверно различающиеся значения ($p < 0.05$)

Под влиянием ментального стресса ИН увеличивается в общей группе на 26% на втором этапе и на 30% на третьем этапе эксперимента (рис.6.А). Во время выполнения задания без ограничения времени индекс напряжения у ваготоников достоверно возрастает на 27%, а при дефиците времени – на 68% по сравнению с контролем. В группе нормотоников на втором этапе эксперимента ИН увеличивается на 16%, на третьем этапе отмечается увеличение всего лишь на 6% по сравнению с исходным значением. В группе симпатотоников выполнение задания на втором этапе сопровождается значительным ростом ИН (на 36%), но то же задание в условиях ограничения по времени приводит к увеличению ИН только на 15% по сравнению с контрольным значением. Это отражает значительное увеличение симпатического тонуса и активности центрального контура управления у ваготоников и отсутствие такой реакции в группах нормотоников и симпатотоников (рис. 6Б).

2.2.2. Влияние ментального стресса на спектральные показатели ВСР

В проведенных нами исследованиях показано, что ментальный стресс вызывает изменения спектральных показателей ВСР, что отражает различный вклад отделов вегетативной нервной системы и контуров регуляции в процессы адаптации к воздействию фактору. Динамика исследуемых параметров в экспериментальных группах оказалась одинаковой, но умственная нагрузка вызывает более значительные изменения спектральных показателей ВСР в группе девушек по сравнению с юношами. Результаты эксперимента приведены в таблице 4 (указаны средние значения и стандартные отклонения).

**Спектральные характеристики сердечного ритма студентов
при влиянии ментального стресса**

Показатель	Этап эксперимента	Ваготоники	Нормотоники	Симпатотоники
Мощность в диапазоне очень медленных волн (mc^2)	I	767±128	215±35	210±43
	II	851±199	612±234*	152±21
	III	785±165	206±78	278±104
Мощность в диапазоне медленных волн (mc^2)	I	2035±535	653±101	317±49
	II	1286±178*	1385±511*	228±78
	III	2448±1418*	1474±796	260±102
Мощность в диапазоне высокочастотных волн (mc^2)	I	1779±339	608±105	360±30
	II	2610±701*	2280±942*	292±112
	III	3505±1045*	1238±468*	673±347*
Индекс вагосимпатического взаимодействия	I	1.46±0.28	1.2±0.2	0.87±0.09
	II	1.01±0.31*	0.69±0.3*	0.83±0.07
	III	0.85±0.24*	0.99±0.3	0.53±0.10*

Диапазон очень низко частотных колебаний (VLF) – диапазон частот – 0,05 – 0,015 Гц. – диапазон частот – 0,05 – 0,015 Гц. Спектральная составляющая сердечного ритма в диапазоне VLF по современным представлениям обусловлена влиянием на ритм сердца надсегментарного уровня регуляции, поскольку амплитуда этих волн тесно связана с психоэмоциональным напряжением и функциональным состоянием коры головного мозга. Показано, что VLF отражает церебральные эрготропные влияния на нижележащие уровни и позволяет судить о функциональном состоянии мозга при психогенной и органической патологии мозга [24].

Целенаправленные исследования А.Н. Флейшмана (1999) продемонстрировали важное значение анализа ВСР в VLF-диапазоне. Им показано, что мощность VLF-колебаний ВСР является чувствительным индикатором управления метаболическими процессами и хорошо отражает

энергодефицитные состояния. Мобилизация энергетических и метаболических резервов при функциональных воздействиях может отражаться изменениями мощности спектра в VLF-диапазоне. Высокий по сравнению с нормой уровень VLF можно трактовать как гиперадаптивное состояние, сниженный уровень VLF указывает на энергодефицитное состояние. При увеличении мощности VLF в ответ на нагрузку можно говорить о гиперадаптивной реакции, при ее снижении – о постнагрузочном энергодефиците. Несмотря на условный и во многом еще спорный характер подобной интерпретации изменений VLF она может быть полезной при исследованиях как здоровых людей, так и пациентов с различными состояниями, связанными с нарушением метаболических и энергетических процессов в организме. В норме мощность VLF составляет 15-30% суммарной мощности спектра.

В ходе нашего исследования было показано, что абсолютная мощность в данном диапазоне у ваготоников под влиянием ментального стресса практически не меняется. В группе нормотоников происходило увеличение этого показателя почти в 3 раза при работе без ограничения по времени, а выполнение задания при дефиците времени сопровождалось возвращением мощности VLF к исходному уровню. В группе симпатотоников мощность VLF на втором этапе уменьшалась на 28%, а на третьем – увеличивалась на 32%. (рис. 6 А). Это отражает различную степень мобилизации энергетических и метаболических резервов центрального контура регуляции при функциональном воздействии у представителей разных типологических групп (рис. 7А).

Низкочастотные колебания (LF) – это часть спектра в диапазоне частот 0,04 – 0,015 Гц. На мощность в этом диапазоне оказывают влияние изменения тонуса как симпатического (преимущественного), так и парасимпатического отдела ВНС. Этот показатель характеризует состояние системы регуляции сосудистого тонуса. Мощность этого компонента спектра определяет активность вазомоторного центра продолговатого мозга.

Активность вазомоторного центра падает с возрастом. Обычно дыхательная составляющая составляет от 15 до 35-40% от общей мощности спектра [6, 24, 25].

В ходе наших исследований было показано, что абсолютная мощность LF-диапазона у ваготоников снижается на 37% при выполнении задания без ограничения времени, а при ограничении времени наблюдается увеличение этого спектрального показателя. Это указывает на повышение уровня активности симпатического отдела вегетативной нервной системы у ваготоников в условиях дефицита времени (рис. 6Б). В группе нормотоников выполнение нагрузочного теста в обоих вариантах приводит к двукратному увеличению абсолютной мощности LF-диапазона. В группе симпатотоников этот показатель в ходе эксперимента практически не меняется (рис. 7Б).

Высокочастотные колебания (HF) - это колебания при частоте 0.15 – 0.40 Гц. Мощность в этом диапазоне, в основном, связана с дыхательными движениями и отражает вагусный контроль сердечного ритма. Обычно дыхательная составляющая составляет 15 – 25% суммарной мощности спектра. Снижение этой доли до 8 – 10% указывает на смещение вегетативного баланса в сторону преобладания симпатического отдела [6,24, 25].

Под влиянием ментального стресса мощность спектра в этом диапазоне достоверно увеличивается в группе ваготоников на 47% на втором этапе и почти в 2 раза на третьем этапе по сравнению с контролем, что свидетельствует о повышении парасимпатического тонуса и активности автономного контура регуляции сердечного ритма при воздействии нагрузки (рис. 6В). В группе нормотоников во время второго этапа отмечается значительное увеличение абсолютной мощности в HF-диапазоне (почти в 4 раза), а выполнение задания в условиях дефицита времени увеличивает этот показатель в 2 раза (рис. 7В).

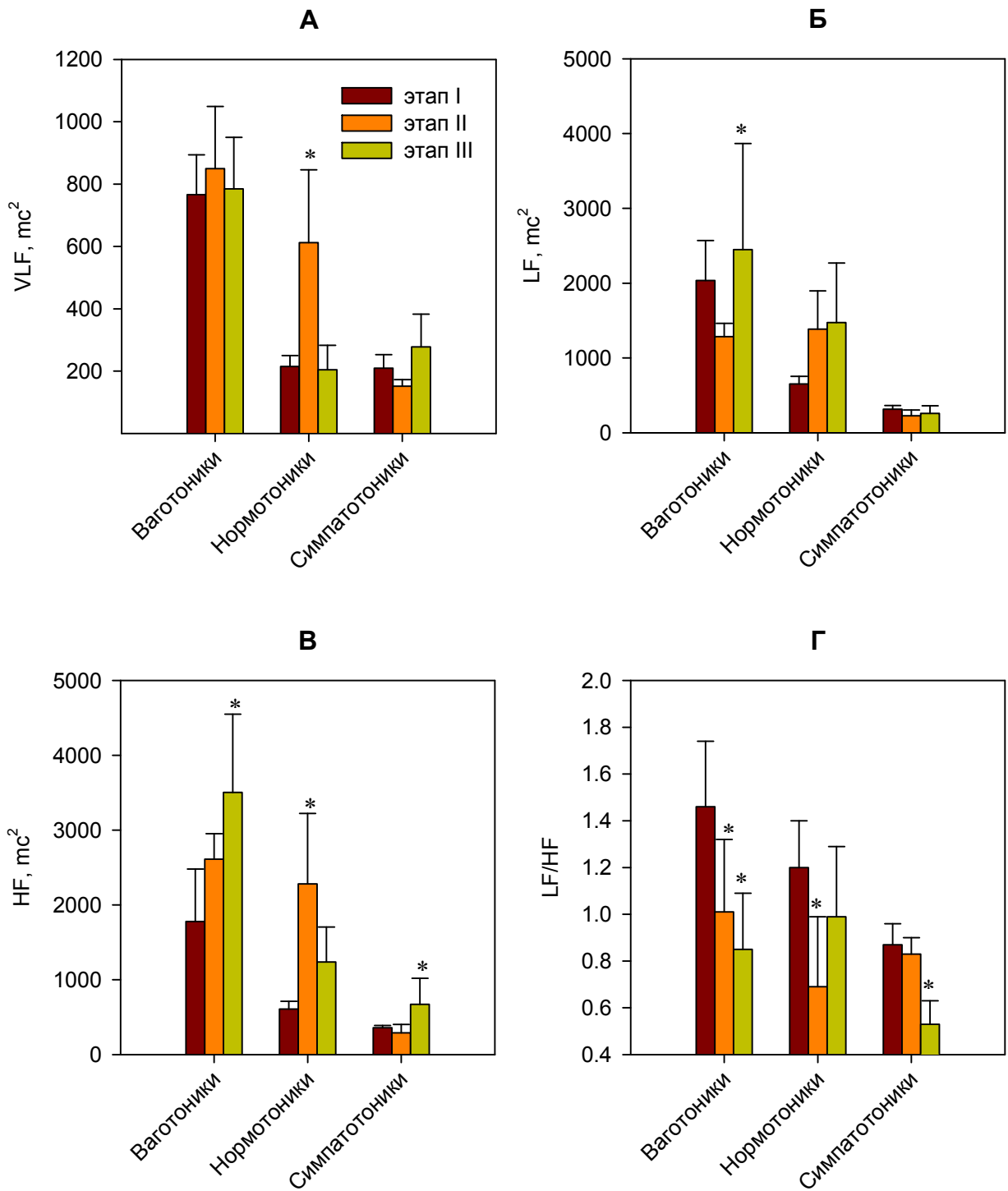


Рис. 7. Влияние ментального стресса на абсолютные мощности спектра ВСП студентов:

А – VLF- диапазон, Б – LF диапазон, В – HF диапазон,

Г – индекс вегетосимпатического взаимодействия.

Указаны средние значения и стандартные ошибки.

«*» отмечены достоверно различающиеся значения ($p < 0.05$)

Индекс вагосимпатического взаимодействия (соотношение LF/HF)

– отношение средних значений низкочастотного и высокочастотного компонентов ВСР. Условно характеризует процентный вклад симпатических и парасимпатических влияний в автономную регуляцию сердечного ритма. Его увеличение свидетельствует о симпатизации регуляции СР, уменьшение – об обратном эффекте.

В исследуемых группах студентов под влиянием ментального стресса индекс вагосимпатического взаимодействия достоверно снижался в группах ваготоников и симпатотоников, что указывает на уменьшение активности симпатического отдела вегетативной нервной системы в регуляции сердечного ритма. В группе нормотоников значение этого индекса на втором этапе снижается, а на третьем – повышается (рис. 7Г).

2.2.3. Оценка выполнения нагрузочного теста студентами различных типологических групп

Нами были проанализированы результаты выполнения нагрузочных тестов студентами с различным уровнем активности отделов вегетативной нервной системы. Проведена оценка как абсолютных, так и относительных показателей эффективности выполнения задания в исследуемых группах. Усредненные значения параметров приведены в таблице 4.

При выполнении теста без ограничения времени максимальное количество сложенных пар чисел отмечается в группе нормотоников, минимальное – симпатотоников. В этих условиях симпатотоники допускают максимальное количество ошибок (в 2 раза больше, чем ваготоники и примерно на 30% больше, чем симпатотоники). Продуктивность работы (число сложенных пар чисел в единицу времени) минимальна у симпатотоников при максимальном относительном количестве ошибок.

**Показатели выполнения нагрузочного теста
студентами различных исследуемых групп**

Показатель	Ваготоники	Нормотоники	Симпатотоники
Количество сложенных пар чисел без ограничения времени	126±5	132±3	118±12
Количество сложенных пар чисел при дефиците времени	124±5	129±3	130±4
Количество ошибок без ограничения времени	0.7±0.2	1.3±0.4	1.8±1.4
Количество ошибок при дефиците времени	1.3±0.4	1.0±0.3	2±1.7
Продуктивность без ограничения времени	25.2±0.9	26.4±0.6	23.6±2.4
Продуктивность при дефиците времени	31.2±1.3	32.2±0.7	32.6±1.0
Относительное количество ошибок без ограничения времени	0.14±0.04	0.26±0.7	0.35±0.28
Относительное количество ошибок при дефиците времени	0.33±0.09	0.25±0.8	0.50±0.42

Выполнение задания при ограничении времени приводит к повышению продуктивности выполнения задания во всех трех группах: у ваготоников – на 24%, у нормотоников – на 26%, у симпатотоников – на 38%. При этом относительное количество ошибок увеличивается в группе ваготоников почти в 2.5 раза, в группе симпатотоников на 43%, а в группе нормотоников практически не меняется (рис.8).

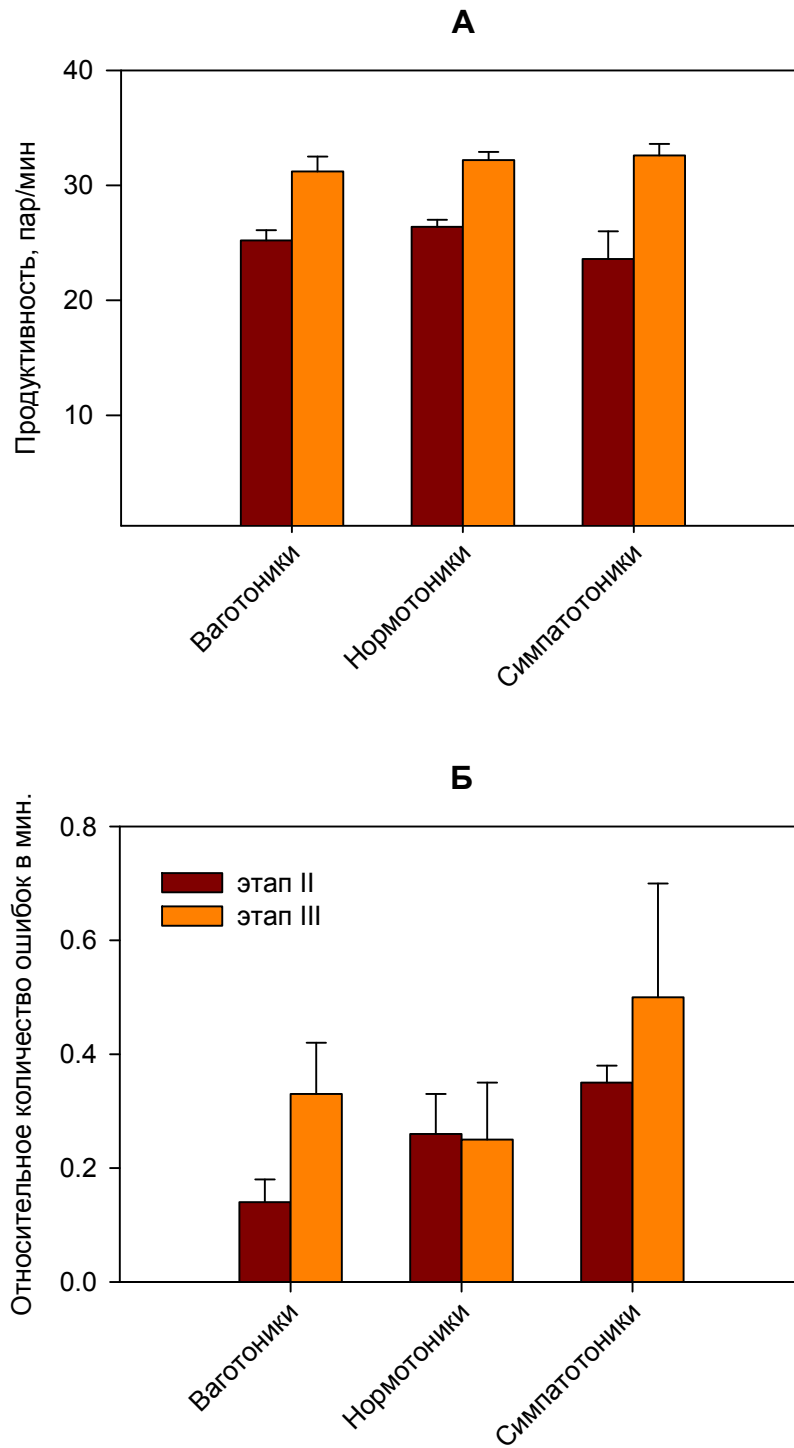


Рис.8. Продуктивность и относительное количество ошибок при выполнении задания студентами различных типологических групп

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведенное нами исследование влияния ментального стресса на организм студентов показало, что выполнение арифметических действий как при отсутствии ограничения времени, так и при дефиците времени влияет на состояние сердечно-сосудистой системы, а также на уровень напряжения регуляторных систем организма. Это отражается в достоверном изменении статистических, индексных и спектральных показателей variability сердечного ритма.

Характер реагирования на ментальное стрессовое воздействие зависит от исходного тонуса отделов вегетативной нервной системы.

Группа ваготоников характеризуется повышенным базовым тонусом парасимпатического отдела ВНС, на что указывают высокие значения длительности RR-интервала, СКО, моды, вариационного размаха, абсолютной мощности HF диапазона и низкие значения амплитуды моды, индекса напряжения. Выполнение нагрузочного теста без ограничения времени приводит к повышению тонуса как парасимпатического, так и симпатического отделов ВНС. Ограничение во времени выполнения задания ведет к резкой дополнительной активации тонуса ВНС, особенно симпатического отдела. В этих условиях продуктивность работы увеличивается на 24%, но при этом в 2.3 раза увеличивается относительное количество ошибок, т.е. происходит увеличение скорости выполнения задания за счет потери качества. Можно предположить, что дефицит времени является дополнительным стрессовым фактором для ваготоников.

Группа нормотоников характеризуется промежуточными значениями статистических и спектральных показателей ВСР, что отражает сбалансированность механизмов, регулирующих сердечный ритм, в условиях относительного покоя. Выполнение нагрузочного теста без ограничения времени приводит к увеличению общей мощности спектра, индекса напряжения, СКО, вариационного размаха, уменьшению длительности RR-интервала, моды, индекса вагосимпатического взаимодействия, что

указывает на активацию симпатического и парасимпатического отделов ВНС. У нормотоников отмечается максимальное количество сложенных пар. В условиях дефицита времени продуктивность выполнения задания увеличивается на 22%, при этом относительное количество ошибок не меняется. По-видимому, ограничение времени не является для нормотоников дополнительным фактором напряжения.

Группа симпатотоников характеризуется повышенным базовым тонусом симпатического отдела ВНС, на что указывают низкие значения длительности RR-интервала, СКО, моды, вариационного размаха, абсолютной мощности HF диапазона и высокие значения амплитуды моды, индекса напряжения. При выполнении нагрузочного теста наблюдается увеличение индекса напряжения, значения остальных показателей снижается. При отсутствии ограничения времени у симпатотоников отмечается наименьшее количество сложенных пар при максимальном количестве ошибок. Однако дефицит времени на выполнение задания приводит к наибольшему приросту продуктивности (на 38%) при значительном приросте относительного количества ошибок. Полученные данные могут указывать на то, что повышенный симпатический тонус и отсутствие увеличения уровня стресс-лимитирующего парасимпатического тонуса не позволяют этой группе студентов адекватно справиться с ментальной нагрузкой.

Таким образом, особенностью проявления ментального стресса у ваготоников и нормотоников является повышение тонуса парасимпатического отдела ВНС. Парасимпатическую активацию можно рассматривать как компенсаторную рефлекторную реакцию на повышение артериального давления, как активацию процессов охранительного торможения в центральной нервной системе, что косвенно подтверждается наличие в спектре ВСР выраженного низкочастотного компонента второго порядка, отражающего гуморально-метаболические влияния на ритм сердца [15]. Кроме того, парасимпатическая активация рассматривается как реакция, обусловленная психотипом испытуемых [22].

ВЫВОДЫ

Проведенное нами исследование влияния ментального стресса на показатели variability сердечного ритма студентов позволяет сделать следующие выводы:

1. Ментальный стресс вызывает достоверные изменения статистических и спектральных показателей variability сердечного ритма студентов.
2. Характер реакции на ментальное стрессовое воздействие зависит от исходного уровня активности отделов вегетативной нервной системы, что отражается в делении испытуемых на ваготоников, нормотоников и симпатотоников.
3. В группах ваготоников и нормотоников ментальный стресс проявляется значительным повышением тонуса парасимпатического отдела вегетативной нервной системы.
4. В группе симпатотоников повышенный симпатический тонус и отсутствие увеличения уровня стресс-лимитирующего парасимпатического тонуса не позволяют адекватно справляться с ментальной нагрузкой.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Агаджанян, Н.А. Проблемы адаптации и учение о здоровье [Текст] / Н.А. Агаджанян Р.М. Баевский, А.П. Берсенева – Изд-во РУДН, 2006. – 284 с.
2. Агаджанян, Н.А. Физиология человека [Текст]: в 2 кн. Кн.1 / Н.А. Агаджанян, Л.З.Телль, В.И. Циркин, С.А. Чеснокова. – Алма-Ата: Казахстан, 1992. – 350с.
3. Баевский Р.М. Математический анализ изменений сердечного ритма при стрессе [Текст] / Р.М. Баевский, О.И. Кириллов, С.З. Клецкин. – М.– 1984. – 225 с.
4. Баевский Р.М. Анализ variability сердечного ритма в космической медицине [Текст] //Физиология человека. – 2002. – Т. 28. – №2. – С.72 – 82.
5. Баевский, Р.М. Анализ variability сердечного ритма при использовании различных электрокардиографических систем [Текст] / Р.М. Баевский, Г. Г. Иванов, Л.В. Чирейкин. – М.: Наука, 2000. – 40с.
6. Баевский, Р.М. Оценка адаптационных возможностей организма и риск развития заболеваний [Текст] / Р.М. Баевский, А.П. Берсенева. – М.: Медицина, 1997.–265с.
7. Байгужина О.В. Особенности адаптивных реакций вегетативной нервной системы и нейродинамических процессов организма студенток 19-20 лет в зависимости от типа ментальной нагрузки [Текст] / автореф дис. ... канд. биолог. наук. – Челябинск, 2008. – 24с.
8. Бодров, В.А. Информационный стресс [Текст] / Учебное пособие для вузов М.: ПЕР СЭ, 2000. – 352 с.
9. Ведерко О.В., Данилова Н.Н., Онуфриев М.В., Коган Б.М. Системные изменения биохимических электроэнцефалографических параметров под влиянием информационной нагрузки [Текст]//Нейрохимия, 2007. –Т. 24. – № 2. – С. 172-179.

10. Данилова Н.Н. Сердечный ритм и информационная нагрузка [Текст] // Вестник МГУ. Сер. 14. - Психология, 1995. – № 4. – С. 14-27.
11. Данилова, Н. Н. Психофизиологическая диагностика функциональных состояний [Текст]: учебное пособие / Н. Н. Данилова. – М.: МГУ, 1992. – 192 с.
12. Данилова, Н.Н. Изменение variability сердечного ритма при информационных нагрузках [Текст] /Н.Н. Данилова, Г. Астафьев – Журн. высш. нерв. деятельности, 1999. – Т. 49. – В. 1.– С. 28-38.
13. Демина, Д.М. Variability сердечного ритма при умственной работе разной напряженности [Текст] /Д.М. Демина, М.Н. Евлалепиева, Н.С. Кандрор, А.Б. Кирпичников, Е.М. Ратнер, Р.В. Таливанова, М.Ю. Гедымин //Физиология человека. –1986. – Т. 12. – № 6. – С. 971-975.
14. Котельников, С.А. Variability ритма сердца: представление о механизмах [Текст] / С.А. Котельников, А.Д. Ноздрачев, М.М. Одинак, Е.Б. Шустов, И.Ю. Коваленко, В. Ю. Давыденко // Физиология человека. 2002. – Т. 28. –№1. – С.130-143.
15. Машин, В. А. Классификация функциональных состояний и диагностика психоэмоциональной устойчивости на основе факторной структуры показателей variability сердечного ритма [Текст] / В. А. Машин, М.Н. Машина// Российский физиологический журнал им. И.М.Сеченова, 2004. – Т. 90. – № 12. – С. 1508-1521.
16. Михайлов, В.М. Variability сердечного ритма. Опыт практического применения [Текст] / В.М. Михайлов. – Иваново, 2000. – 200 с.
17. Ноздрачев А.Д., Щербатых Ю.В. Современные способы оценки функционального состояния автономной (вегетативной) нервной системы [Текст] // Физиология человека. – 2001. – Т 27.– №6. – С.95–102.
18. Рябыкина, Г.В. Variability ритма сердца [Текст] / А.В. Соболев. – М.: СтарКо, 1998. – 146 .

19. Судаков, К.В. Индивидуальность эмоционального стресса [Текст]//Журнал неврологии и психиатрии им.С.С.Корсакова, 2005. – № 2.– С. 4–12.
20. Федоров, Б.М. Стресс, кардиологические аспекты [Текст] Б.М.Федоров/ Физиология человека, 1997.–Т.23, № 2.– С.89-99.
21. Хаспекова, Н.Б. Регуляция вариативности ритма сердца у здоровых и больных с психогенной и органической патологией мозга: Дисс. д-ра мед. наук. М.: ИВНД и НФ РАН, 1996. - 217 с.
22. Щербатых, Ю.В. Что выявляет спектральный анализ variability сердечного ритма? [Текст] / Прикладные информационные аспекты медицины.– Воронеж, 1999. – Т.2. – №1. – С.59 – 62.

Любое копирование
тиражирование запрещено