

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
**«БЕЛГОРОДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ
ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**
(Н И У « Б е л Г У »)

ИНСТИТУТ ИНЖЕНЕРНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ И ЕСТЕСТВЕННЫХ НАУК
КАФЕДРА БИОЛОГИИ

**ОЦЕНКА ОСОБЕННОСТЕЙ МИКРОЦИРКУЛЯТОРНЫХ РЕАКЦИЙ
У ЛИЦ ЮНОШЕСКОГО ВОЗРАСТА**

Выпускная квалификационная работа
обучающегося по направлению подготовки 06.04.01 Биология
очной формы обучения, группы 07001641
Шараповой Виты Викторовны

Научный руководитель
кандидат биологических наук
Зубарева Е. В.

Рецензент
директор МОУ «Крутоложская ООШ»
Синицына Н.А.

БЕЛГОРОД 2018

Оглавление

Список сокращений и условных обозначений.....	3
Введение.....	4
Глава 1. Обзор литературы по теме исследования	6
1.1. Общая характеристика структуры микроциркуляторного русла.....	6
1.1.2 Регуляция микроциркуляторного русла	11
1.1.3. Механизм регуляции тонуса сосудов.....	16
1.1.4. Возрастные особенности микроциркуляторного русла	18
1.2.1. Лазерная доплеровская флоуметрия как метод исследования микроциркуляции.....	19
1.3 Вариабельность сердечного ритма.....	22
1.3.1 Физиологические особенности вариабельности сердечного ритма	22
1.3.2. Механизм регуляции сердечного ритма	24
Глава 2. Материалы и методы исследования	30
2.1. Измерение основных физиометрических показателей	30
2.2 Метод оценки вариабельности сердечного ритма	31
2.3. Оценка показателей микроциркуляторного русла кожи.....	35
2.4 Методы статистической обработки числовых данных	42
Глава 3. Полученные результаты и их обсуждение.....	43
3.1 Анализ соматометрических показателей и их характеристика.....	43
3.2 Анализ вариабельности сердечного ритма девушек с разным тонусом вегетативной нервной системы.....	44
3.3 Анализ реактивности микрососудов кожи у девушек с разным тонусом вегетативной нервной системы.....	49
Выводы	61
Список использованной литературы.....	62

Список сокращений и условных обозначений

BCP – переменность сердечного ритма

ЛДФ – лазерная доплеровская флоуметрия

MT – миогенный тонус

MC – микроциркуляция

MCР – микроциркуляторное русло

HT – нейрогенный тонус

OP – окклюзионная проба

PM – показатель микроциркуляции

ПШ – показатель шунтирования

TP – общая мощность спектра

ЭКГ – электрокардиограмма

$(Aэ/3σ) \times 100 \%$ – нормированная амплитуда эндотелиального ритма

$(Aн/3σ) \times 100 \%$ – нормированная амплитуда нейрогенного ритма

$(Am/3σ) \times 100 \%$ – нормированная амплитуда миогенного ритма

$(Ad/3σ) \times 100 \%$ – нормированная амплитуда дыхательного ритма

$(Ac/3σ) \times 100 \%$ – нормированная амплитуда кардиального ритма

Kv – коэффициент вариации

LF – низкочастотный диапазон

HF – высокочастотный диапазон

M – среднее арифметическое значение

m – стандартная ошибка среднего

$σ$ – среднее колебание перфузии относительно значения потока крови M

Введение

В микрососудистом русле происходит транскапиллярный обмен, обеспечивающий необходимый тканевый гомеостаз [Поленов, 2008]. Нормальное функционирование органов и организма в целом определено условием наличия отдельных связей и регулируемыми механизмами перфузии ткани кровью [Тихонова и др., 2009]. Микрососуды постоянно находятся под контролем как центральных, так и гуморальных факторов регуляции кровотока, однако они имеют индивидуальную специфику и до конца не изучены [Кирилина, 2010].

Актуальность изучения показателей микроциркуляции обусловлена тем, что оценка перфузии тканей кровью в условиях применения функциональных проб позволит выявить адаптационные возможности организма с учетом индивидуальных особенностей.

Благодаря современным техническим успехам, стало возможным применение усовершенствованных методов исследования микроциркуляции для решения практических задач. Для обнаружения адаптационных резервов системы микроциркуляции крови, оценки состояния механизмов регуляции тканевого кровотока, а также общего функционального состояния микроциркуляторного русла используют метод лазерной доплеровской флоуметрии (ЛДФ) [Жеребцова, 2015].

При исследовании микроциркуляторной системы методом ЛДФ используют функциональные пробы, среди которых широкое применение на практике получила окклюзионная проба (ОП) [Тихонова и др., 2009], заключающаяся в создании условий искусственной ишемии тканей конечности с последующим открытием кровотока и контроль за восстановлением тониизирующего состояния кровеносных сосудов [Жеребцова, 2015].

Целью работы явилось изучение индивидуальных адаптивных возможностей системы микроциркуляции у девушек с разным тонусом вегетативной нервной системы при применении окклюзионной пробы.

Для достижения поставленной цели были сформулированы следующие задачи:

1) изучить показатели микроциркуляции у нормотоников, ваготоников и симпатотоников при использовании каналов красного и инфракрасного диапазонов длин волн;

2) исследовать особенности изменения показателей перфузии ткани кровью у девушек с разным тонусом вегетативной нервной системы в ходе проведения окклюзионной пробы при использовании каналов красного и инфракрасного диапазонов длин волн;

3) оценить особенности регуляции кровотока в микроциркуляторном русле у девушек с разным тонусом вегетативной нервной системы при использовании каналов красного и инфракрасного диапазонов длин волн.

Научная новизна работы заключается в том, что выполнено изучение особенностей перфузии тканей кровью при использовании датчиков лазерного анализатора капиллярного кровотока, имеющих различную длину волны (в красной и инфракрасной области спектра).

Практическая значимость заключается в возможности выявить адаптационные возможности организма с учетом индивидуальных особенностей.

Магистерская диссертация изложена на 72 страницах. Она состоит из оглавления, введения, трех основных разделов, выводов. Список использованных источников насчитывает 87 наименования. В работе используются 17 таблиц и 13 рисунков.

Глава 1. Обзор литературы по теме исследования

1.1. Общая характеристика структуры микроциркуляторного русла

Микроциркуляция (МЦ) (от греч.*mikros* – малый и лат.*circulacio* – круговорот) упорядоченное движение крови и лимфы по *микрососудам и капиллярам*, перемещение через стенки капилляров кислорода и углекислого газа, питательных веществ, продуктов метаболизма, ионов и биологически активных веществ, а также движение жидкости между сосудами. Термин «микроциркуляция» был предложен в 1954 году на национальном конгрессе морфологов, физиологов, биохимиков и клиницистов в Гальвестоне (США). Значительный вклад в развитие учения о микроциркуляции сделал наш современник О.М.Чернух. В частности, он ввел в науку такое понятие как функциональный элемент микроциркуляции органа. Функциональный элемент микроциркуляции органа – это взаимосвязанный комплекс кровеносных и лимфатических сосудов, специфических клеток органа, волокон соединительной ткани, а также нервных окончаний и физиологических веществ, которые регулируют жизнедеятельность данного участка [Сиротин, Жмеренецкий, 2008].

В современном понимании микроциркуляция подразделяется на:

1. Движение крови в капиллярах и в окружающих микрососудах с диаметром в 10-12 раз превышающих размер эритроцитов (микрогемоциркуляция).
2. Движение лимфы в начальных отделах лимфатического русла.
3. Движение жидкости в интерстициальном пространстве [Козлов, Гурова, 2000].

Существует морфологическое понятие микроциркуляторное русло (МЦР). Оно состоит из трех звеньев:

1) Первое звено гемомикроциркуляторное русло. Обеспечивает циркуляцию крови и включает 6 компонентов: артериолы, прекапилляры, капилляры, посткапиллярные вены, вены и артериоло-венулярные анастомозы. Каждый компонент МЦ обладает специфической особенностью по функции и структуре.

Артериола – самая маленькая из мышечных артерий диаметром менее 100 мкм. Для сосудов данного типа характерно наличие выраженной мышечной оболочки, т.е. более одного мышечного слоя.

Прекапилляры – тонкие микрососуды диаметром около 15 мкм, отходящие от артериол и переходящие в гемокапилляры (по которым кровь транспортируется из артериального звена в венозное).

Капилляр – является самым тонким сосудом, его диаметр составляет 5-10 мкм, образован одним слоем эндотелиальных клеток. Толщина стенки капилляра не превышает 1 мкм.

Посткапиллярные вены – сосуды диаметром 12-30 мкм, образующиеся в результате слияния нескольких капилляров. В органах иммунной системы имеются посткапиллярные вены с эндотелием, который служит местом выхода лимфоцитов из сосудистого русла.

Вены – отводящие сосуды в системе. Они формируются от слияния нескольких посткапилляров. Большинство венул сопровождают соответствующую артериолу и диаметр их превышает просвет артериол в 2-3 раза. Гибкость стенок венул создает условия для депонирования крови в венулярном сегменте. Поэтому вены относят к сосудам емкостного типа. Важным компонентом МЦР являются артериоло-венулярные шунты или артерио-венозные анастомозы, которые осуществляют регуляцию капиллярного кровотока, обеспечивают эффективное распределение кровотока между органами и внутри них, поддерживают уровень системного и регионального давления крови [Куприянов и др., 1975].

2) Второе звено обеспечивает транспорт веществ в интерстициальных пространствах тканей. Четкого представления об их организации еще не

сложилось. Описаны такие пути транспорта тканевой жидкости: перикапиллярные, паравазальные и другие. Интерстициальные пространства заполнены гелем, коллагеновыми волокнами, которые направляют перемещение тканевой жидкости, макрофагальными и иммунокомпонентными клетками. В интерстиции создается определенное гидростатическое и онкотическое давление.

3) Третье звено микроциркуляторного русла являются лимфатические капилляры. Они являются начальным звеном лимфатической системы. Образуют обширную сеть во всех органах и тканях, кроме головного и спинного мозга, мозговых оболочек и др. Диаметр лимфатических капилляров варьирует от 10 до 200 мкм. Их стенки тоньше стенок капилляров и, как правило, не имеют базальной мембраны. Межэндотелиальные щели – основной путь проникновения тканевой жидкости в просвет лимфатических капилляров. Эти щели могут расширяться. Лимфатические капилляры начинаются пальцеобразными выростами либо петлеобразными. На некотором расстоянии от начала капилляра в его просвете появляются клапаны, которые определяют направление тока лимфы.

Структура МЦР схематично представлена на рис. 1.

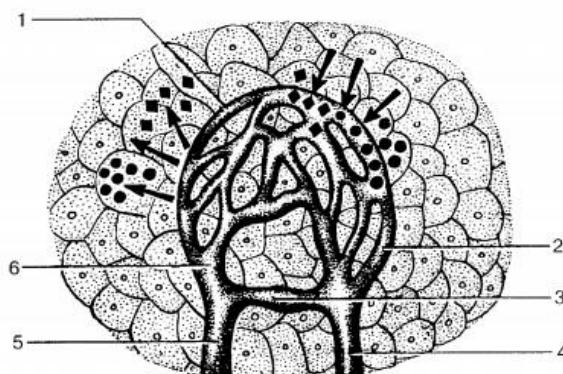


Рис. 1. Микроциркуляторное русло: 1 – капиллярная сеть; 2 – посткапилляр; 3 – артериоловеноулярный анастомоз; 4 – венола; 5 – артериола; 6 – прекапилляр [Сапин, Брыксина, 2002]

С функциональной точки зрения, артериолы являются основным регулятором общего сосудистого сопротивления и местного кровотока. Метартериолы (прекапиллярные сфинкеры, терминальные артериолы) определяют число перфузируемых (открытых) капилляров и общую площадь капиллярной поверхности, которая участвует в обмене веществ. Вены не только истощают капиллярное русло, но и выполняют емкостную функцию. Они являются важным местом для обмена макромолекул и жидкости. Изменение соотношения прекапиллярного и посткапиллярного кровотока сопротивления артериолы и вены способны контролировать среднее капиллярное гидростатическое давление и транскапиллярный обмен [Поленов, 2008].

Описывая кровоток в МЦР, можно отметить, что в артериолах выявляется быстрый ламинарный ток крови с концентрацией форменных элементов в осевом слое, а плазмы – в пристеночном. Проходя через капилляры, форменные элементы, в первую очередь эритроциты, искажаются, они отделены друг от друга плазменными слоями. При выходе из капилляра эритроциты «выпадают» из него. В посткапиллярных венах скорость кровотока низкая, форменные элементы распространены в потоке крови. В более крупных венах кровоток вновь становится ламинарным [Сиротин, Жмеренецкий, 2008].

Основная функция системы МЦ – поддержание перфузии тканей на уровне, необходимом для осуществления тканевого метаболизма. Тем не менее остальные процессы, происходящие на периферии, рассматриваются как вторичные, в целом зависящие от структурного и функционального состояния сосудистых элементов МЦР. Структура МЦР в различных органах имеет свои особенности и зависит от функционального предназначения органа. Однако в целом оно подчинено единым закономерностям.

Кожа, за исключением верхнего слоя – эпидермиса, густо насыщена лимфатическими и кровеносными микрососудами, капиллярами, что обеспечивает её основные функции – барьерную и терморегуляторную.

Практически все проблемы кожи появляются из-за нарушения микроциркуляции или сопровождаются ими. Микроциркуляция вариабельна в различных участках кожного покрова, находится в прямой зависимости от: глубины залегания микрососудов, структурной особенности микроциркуляторного русла этой области; плотности функционирующих капилляров. Тип микроциркуляции в коже отражает вегетативный статус индивидуума и тесно коррелирует со сдвигами в центральной гемодинамике (кровообращении). Параметры микроциркуляции кожи могут использоваться как диагностические и прогностические критерии в совокупной оценке общего физиологического состояния организма [Аитова и др., 2004].

Движение крови в системе микроциркуляции осуществляется поступательными движениями крови, объемная скорость зависит от давления жидкости в системе кровообращения, сопротивления, радиуса и длины сосуда, трением и наличием турбулентности. Кровь по сосудам движется параллельно оси сосуда то, есть слой, прилегающий к стенке сосуда, остается неподвижный, а по нему скользит второй, за тем и третий слой [Вчерашний и др., 2014].

По результатам лазерной доплеровской флоуметрии выделяют три типа микроциркуляции в коже. Гипоемический, когда увеличен нейрогенный компонент, т.е. повышается активность симпатических адренергических влияний, следствием чего является спазм артериол и уменьшение кожного кровотока. Мезоемический, который характеризуется оптимально сбалансированным взаимодействием («рабочим равновесием» эндотелийзависимого, эндотелийнезависимого и нейрогенного компонентов). Гиперемический, когда уменьшена активность эндотелийнезависимого компонента, слабо выражена к потребностям кожи приспособительная веноло-артериолярная реакция, приводящая к затруднению венозного оттока [Козлов и др., 2012].

Микроциркуляторное русло одна из важнейших систем, в которых заболевание проявляется на ранних этапах. Нарушение микроциркуляции

могут быть не только вторичными, но и первичными причинами многих заболеваний [Serné, 2007].

Основными причинами вызывающие разнообразные нарушения являются расстройство центральной и периферической нервной системы. Наиболее важными являются сердечная недостаточность, ишемия, тромбозы. Изменения микроциркуляции кожи предшествуют проявлению патологического процесса. Например, при воспалении сальных желез возникает повышенное кровенаполнение капилляров, которое приводит к стойкой эритеме, гипоксии и застойным явлениям в коже [Орлова, 2016]. Варикозная болезнь всегда начинается с изменений в микроциркуляторном русле: замедляется приток и отток крови в капиллярах, затем добавляются явления гипоксии. Серьёзное ухудшение микроциркуляции наблюдается после пластических операций, когда значительно меняется гемодинамика кожи. Это может привести к развитию стойкой эритемы, отёку, некротическим явлениям [Орасмяэ, Глаголева, 2011].

1.1.2. Регуляция микроциркуляторного русла

Регуляция микроциркуляторного русла является одним из трудных аспектов физиологии сосудистого русла. Влияние регуляторных факторов на функции капилляров может быть выполнена двумя путями – непосредственно бессинаптическим путем и косвенно через мышечно-содержащие сосуды [Крупаткин, Сидоров, 2005]. Основными вариантами микроциркуляции являются нейрогенные воздействия (симпатические вазоконстрикторы, парасимпатические вазодилататор) и гуморальные воздействия (гормоны мозгового вещества надпочечников, ангиотензины и вазопрессин, действующие в качестве системных вазоконстрикторов).

Схема типичной микроциркуляторной единицы представлена на рис. 2.

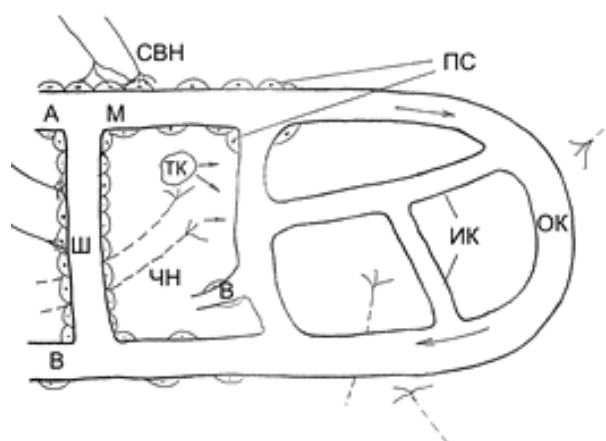


Рис. 2. Кожная микроциркуляторная единица типового состава: А – артериола, В – венула, М – метартериола, Ш – артериоло-венулярный шунт, ПС – прекапиллярный сфинктер, ОК – основной канал, ИК – истинные капилляры, ТК – тучные клетки, СВН – симпатические вазомоторные нервные окончания, ЧН – чувствительные нервные окончания [Зайчик, Чурилову, 2001]

Главным фактором регуляции кожного кровотока является температура, снижение которой приводит к сужению артериальных и венозных сосудов кожи это приводит к перемещению крови в глубокие вены и сохранению тепла. При охлаждении снижается кровоток как через артериовенозные анастомозы и через капилляры кожи. Эта реакция регулируется через гипоталамус. При высоких температурах тела происходит обратная реакция кожного кровотока. Так же в коже находится большое количество тучных клеток. Они являются источниками вазоактивных веществ. Выделение данных вазоактивных веществ (гистамина, серотонина) происходит при воздействии на кожу ультрафиолетового облучения. В сосудах кожи находятся Н и Н₂-гистаминовые рецепторы, регулирующие вазодилататорное действие эндогенного и экзогенного гистамина. Расширение сосудов кожи вызывает субстанция Р которая, оказывает прямое воздействие на гладкую мышцу сосудов, так и опосредованное - через гистамин, выделяющийся из тучных клеток. В коже происходит биосинтез простагландинов. Внутрикожное введение простагландинов Е₂ и Н₂

вызывает расширение кожных сосудов, а простагландина F2a – сужение их [Кирилина, 2014].

Соотношение разных видов регуляции тонуса микрососудов представлены в таблице 1.

Таблица 1

Основные направления регуляции тонуса микрососудов в физиологических условиях

Сосуд	Нервная регуляция	Эндотелий-зависимая вазодилатация	Миогенная регуляция
Мелкая артерия	+++	++ (NO)	+/-
Артериола	++	+ (NO, EDHF)	+
Метартериола	+	+ (EDHF, NO ?)	++
Прекапиллярный сфинктер	-	+ (EDHF, NO ?)	+++
Истинные капилляр	-	-	-
Безмышечная венола	-	-	-
Мелкая вена	+	+/-	+/-
Артериоло-венолярный анастомоз	+++	+/- (?)	-

Примечание: нервная регуляция обозначает синаптическую и нейро-гладкомышечную регуляцию, которая прогрессивно убывает с исчезновением миоцитов. Эндотелий-зависимая вазодилатация и миогенная регуляция осуществляется за счет воздействия факторов гормональной и местной регуляции на рецепторы эндотелиоцитов и миоцитов. Количество «+» обозначает степень выраженности регуляции. NO - зависимая вазодилатация наиболее выражена на уровне мелких артерий и более крупных сосудов [Крупаткин, Сидоров, 2005]

Как подчеркивает Г.И. Мchedlishvili (1994), из всех сосудов микроциркуляторного русла только артериолы обладают механизмами активного сокращения. Капилляры не иннервируются и лишены гладкомышечных элементов, также большинство метартериол не снабжено нервами. В венолах иннервация и сократительные элементы представлены относительно скудно: в собирательных венолах имеются лишь рассеянные гладкие миоциты. Поэтому важную роль в определении давления и

кровотока в микроциркуляторном русле играет состояние внутриорганных артериол.

В микроциркуляции существует две противоположные контролирующие системы: нервные механизмы, которые способны ограничить кровоснабжение тканей и местные механизмы, которые поддерживают кровоток на уровне, необходимом для оптимальной функции каждого органа и организма в целом [Поленов, 2008].

МЦР находится постоянно под многоуровневым контролем, который работает через систему обратных связей. Миогенные, нейрогенные и эндотелиальные колебания являются активными факторами в регуляции кровотока, а дыхательные и пульсовые колебания – пассивными. В ходе самоорганизации кровотока миогенные и нейрогенные механизмы контроля, эндотелиальная деятельность, дыхательные и пульсовые ритмы формируют отрицательные и положительные обратные связи [Поленов, 2008].

Миогенные колебания синусоидальные. Во многих литературных источниках говорится о том, что было доказано целесообразность вазомоторных колебаний тем, что при синусоидальном изменении мышечного тонуса сопротивление сосуда току жидкости меньше, чем сопротивление сосуда, имеющего постоянный диаметр [Meyer et al., 2003]. В физиологическом соединении управления микрокровотока, именно, миогенный тонус является последним звеном контроля микрокровотока перед капиллярным руслом. Важным диагностическим параметром миогенных колебаний кожного кровотока является частота. Для миогенных колебаний, которые определяются гладкими мышечными волокнами прекапилляров, частоты колебания находятся в диапазоне 4-7 колеб./мин [Meyer et al., 2003]. Данный диапазон колебаний соответствует коже на задней поверхности пальцев руки и ноги, а также коже на предплечье. Диагностическое значение миогенных колебаний является оценка состояния мышечного тонуса прекапилляров, регулирующего приток крови в нутритивное русло [Крупаткин, Сидоров, 2005].

Нейрогенные колебания связаны с симпатическими терморегуляторными влияниями на гладкие мышцы артериол и артериолярных участков артериоло-веноулярных анастомозов. Нейрогенная симпатическая активность накладывается на миогенные вазомоции резистивных микрососудов и подчиняет их. Характерные колебания 1,2–3 колеб./мин. В регуляции микрокровотока кожи нейрогенная терморегуляторная активность зависит от окружающей температуры и психического состояния человека [Крупаткин, Сидоров, 2005]. У здоровых людей нейрогенная активность проявляется в виде асимметричных фрагментов снижения перфузии в результате проявления симпатической активности. В физиологическом соединении нейрогенного и миогенного контроля микрокровотока в микроциркуляторном русле на задней поверхности пальца руки при повышенном миогенном тоне прекапилляров и при повышении амплитуд колебания кровотока в нейрогенном диапазоне происходит увеличение шунтирующего кровотока через артериоло-веноулярные анастомозы. Диагностическое значение нейрогенных колебаний – возможность оценить периферическое сопротивление артериол, способность усиления кровотока по артериоло-веноулярному анастомозу при повышении миогенного тонуса [Крупаткин, Сидоров, 2005].

Эндотелиальные колебания более медленные по сравнению с частотой миогенных и нейрогенных колебаний, обусловлены выбросом вазодилататора NO [Stefanovska, Bracic, 1999]. Многие ученые в своих исследованиях выявили, что среди двух вазодилататоров, выделяемых эндотелием – оксида азота и простагландинов, именно оксид азота ответственен за сокращение миоцитов с частотой 0,01 Гц. Оксид азота играет важную роль в регуляции давления и распределения потока крови. Диагностическое значение эндотелиальных колебаний является оценка эндотелиальной дисфункции [Kvandel, Stefanovska, Veber, 2003].

Пульсовая волна, приносящаяся в микроциркуляторное русло со стороны артерий, имеет амплитуду, которая изменяется в зависимости от

состояния тонуса сосудов. Величина амплитуды пульсовой волны связана с амплитудами миогенных и нейрогенных механизмов, от которых зависит диаметр просветов артериол и артериоло-венулярных шунтов. Диагностическое значение пульсовой волны – это способность увеличения амплитуды пульсовой волны при повышении перфузии, регистрация в одинаковый временной интервал, означает увеличение притока в МЦР артериальной крови [Ослякова и др., 2010].

Местом локализации дыхательных волн в МЦР являются вены. У здоровых людей дыхательные волны регистрируют на нижних конечностях, потому что здесь отмечается более высокое артериальное сопротивление. Диагностическое значение дыхательной волны – связь с венулярным звеном. Ухудшение оттока крови из МЦР может привести к увеличению объема крови в венулярном звене. Это приводит к росту амплитуды дыхательной волны. Иногда активация дыхательных ритмов связана с колебаниями стенок венул [Сорокин, 2010].

1.1.3. Механизм регуляции тонуса сосудов

Выделяют важных три группы факторов, которые оказывают влияние на тонус сосудов: локальные (местные), гормональные и нейрогенные.

В гормональной системе регуляция выполняется за счет физиологических активных компонентов, циркулирующих в крови. Гормональные факторы воздействуют на тонус артериол незначительно и поучают клиническое значение при регионарных формах заболевания. Они, в первую очередь, влияют на параметры системной гемодинамики. Главную роль в гормональной системы регуляции играют ангиотезины, катехоламины, вазопрессин или антидиуретический гормон (АДГ). Факторы местной и гормональной регуляции могут оказывать влияние как миогенным, так и эндотелийзависимым путем (рис. 3).

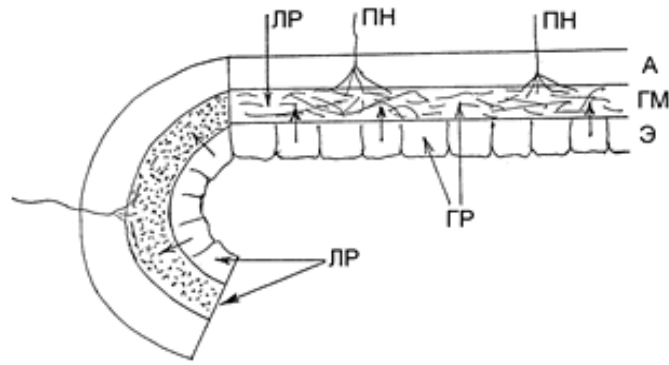


Рис. 3. Факторы регуляции сосудистого тонуса: ГР – факторы гуморальной регуляции, влияющие на миоциты и эндотелий, ЛР – факторы локальной регуляции, влияющие на миоциты и эндотелий, ПН – периваскулярные нервные волокна, А – адвентициальная наружная оболочка сосудистой стенки, ГМ – гладкомышечные клетки средней оболочки, Э – эндотелиальные клетки внутренней оболочки, секретирующие эндотелиальные факторы [Крупаткин, Сидоров, 2005]

Нейрогенное влияние в МЦР представлено ограничено и обращено, в первую очередь, артериолам. Они исходят от симпатических вазоконстрикторов, терминали которых выделяют норадреналин, работающие через β_1 -рецепторы, и симпатических вазодилататоров, выделяющих адреналин, действующий через β_2 -рецепторы гладкомышечных клеток [Козлов, 2006].

Местные факторы связаны с релаксацией и проявляется расслаблением гладкомышечных клеток. Комбинация гистометаболических, гистомеханических и кислородозависимых механизмов поддерживает местный микроциркуляторный кровоток [Зайчик, Чурилов, 2001]. Кислородозависимый механизм основан на способности гладкомышечных клеток расслабляться при усиленной физической деятельности без метаболических вазодилататоров. Гистомеханический механизм связан с активной миогенной реакцией в ответ на растяжение гладкомышечных клеток при изменении трансмурального давления [Родионов и др., 2001].

Гистометаболистический механизм основан на местных факторах метаболической природы, которая оказывает влияние на гладкомышечные клетки и эндотелиоциты.

С возрастом у практически здоровых людей происходят изменения периферической гемодинамики, которые проявляются депрессией миогенного и эндотелиального компонентов контроля микрососудистого кровотока, снижение резерва микрососудистого кровотока [Васильев, Стрельцова, 2012].

1.1.4. Возрастные особенности микроциркуляторного русла

Важным отделом сосудистого русла является микроциркуляторное русло. Исследование системы микроциркуляции на разных этапах развития является актуальным направлением в возрастной физиологии, который позволяет выявить закономерности формирования микроциркуляторного русла и особенности его функционирования, определить условия эффективной адаптации в системе микроциркуляции. В микрососудистом русле меняется с возрастом емкость всей сети капилляров и скорость кровотока, при этом состояние каждого капилляра определяется особенностью местных условий тканевого метаболизма и гемодинамики в сосудистой системе в целом [Бабошина, 2017].

К двенадцати годам завершается формирование дефинитивной конструкции путей микроциркуляции. В конце пубертатного периода дифференциация микрососудистого русла практически завершается: происходит изменение в соотношении размеров микрососудов, совершенствуется регулирование деятельности системы микроциркуляции, структура сосудов становится как у взрослых. В юношеском возрасте завершается морфофункциональное созревание организма [Грибанова и др., 2016]. Многие авторы отмечают, что с возрастом наблюдается повышение эластичности и снижение тонуса периферических сосудов, улучшение кровоснабжения с увеличением диаметров артериальных и венозных

капилляров. Следует отметить, что изменения диаметра сосудов у девочек происходят несколько раньше, чем у мальчиков.

С возрастом происходят структурные и функциональные изменения во всех системах организма, в том числе и в микроциркуляторном русле. Например Ю.В. Костина с соавт. (2011) определили, что в период от 8 до 16 лет в организме наблюдаются нейроэндокринные перестройки, благодаря которым происходит усиленное образование механизмов, регулирующих гемодинамику, увеличивающих емкость дренирующих кровеносных микрососудов и формирование специализированных структур для обеспечения транскапиллярного обмена.

Особенностью микроциркуляторного русла юношеского возраста является снижение интенсивности кровоснабжения вследствие увеличение тонуса прекапиллярных сосудов и уменьшения диаметра артериального отдела капилляров. В.А. Щуровым с соавт. (2009) было определено, что в юношеском возрастном периоде увеличивается периферическое сопротивление артериальных сосудов и снижается относительное количество циркулирующей крови [Щуров, Сазонова, 2009].

1.2. Осцилляция кровотока в системе микроциркуляции

1.2.1. Лазерная доплеровская флоуметрия как метод исследования микроциркуляции

Метод лазерной доплеровской флоуметрии получил широкое развитие в 1982 году, когда был создан первый коммерческий прибор, реализующий принцип данного метода.

ЛДФ-сигнал состоит из различных частотных компонентов, каждый из которых характеризуется определенной амплитудой. Наличие этих ритмических колебаний отражает модулирующие механизмы в системе микроциркуляции, связанные с ее регуляцией. Высокая диагностическая

значимость частотного анализа ЛДФ-грамм подтверждена многочисленными клиническими исследованиями.

Метод ЛДФ основывается на определении перфузии ткани кровью путем измерения доплеровского сдвига частот, возникающего при зондировании ткани излучением гелий-неонового лазера (λ 632,8 нм), с последующей регистрацией излучения, отраженного от подвижных и неподвижных компонентов ткани [Бархатов, 2015]. При взаимодействии лазерного сигнала с неподвижным компонентом ткани рассеянное излучение имеет такую же частоту, что и зондирующее излучение, а при взаимодействии с подвижным компонентом ткани частота рассеянного излучения отличается.

В лазерной доплеровской флоуметрии используются два источника лазерного излучения в красном световом диапазоне и инфракрасном. В красном световом диапазоне поглощение восстановленного гемоглобина превышает поглощение окисленного гемоглобина, а в инфракрасной области поглощение гемоглобина одинаково. Это позволяет различать изменение ЛДФ-сигнала, связанного с изменением скорости эритроцитов обусловленными изменением оксигенации крови [Давыдова, 2012].

Доставка лазерного излучения к тканям осуществляется с помощью светового зонда, состоящего из трех световодных моноволокон. Одно волокно – доставка лазерного излучения из прибора к исследуемой ткани, а два других волокна являются приемными по которым отраженное излучение доставляется к прибору фотометрированию и в дальнейшей к обработке (рис.4) [Бархатов, 2015].

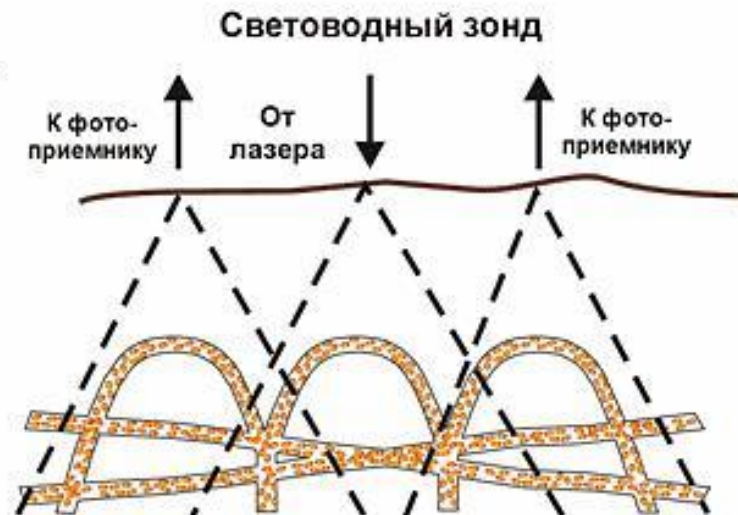


Рис.4. Схема зондирования ткани лазерным излучением [Крупаткин, 2005]

В методе ЛДФ сигналы регистрируются непрерывно в течение времени исследования. Данные сигналы обладают постоянными и переменными составляющими в зависимости от времени.

Постоянная составляющая показывает среднее значение перфузии в микроциркуляторном русле за выбранный временной интервал исследования ЛДФ-граммы. Именно данная составляющая позволяет оценить реакцию микроциркуляторного русла на функциональные пробы.

Переменная составляющая потока определена факторами, влияющими на постоянство потока крови в микроциркуляторном русле, которая контролирует активные и пассивные факторы микроциркуляции.

К активным факторам регуляции микроциркуляции относят – миогенный, эндотелиальный и нейрогенный механизмы регуляции просвета сосудов. Пассивные факторы управляют пульсовой волной со стороны артерий и дыхательной волной со стороны вен.

Для сравнения амплитуд колебания у разных испытуемых, полученных при различных условиях окружающей среды, необходимо сравнивать с нормированными амплитудами колебаний. Встречаются два варианта нормировки амплитуд - на среднеарифметическое значение показателя

микроциркуляции крови (M_k) или на среднеквадратическое отклонение показателя микроциркуляции (σ) [Крупаткин, 2005].

Первый вариант нормировки амплитуды – определение вклада амплитуды колебаний определенного частотного диапазона относительно средней модуляции кровотока. Данная амплитуда позволяет исключить влияние не стандартных условий проведения исследований.

Второй вариант определение вклада амплитуды колебаний относительно величины M_k . Полученная величина напряженность регуляции кровотока со стороны пассивных механизмов и отдельных активных факторов.

1.3. Вариабельность сердечного ритма

1.3.1. Физиологические особенности вариабельности сердечного ритма

Вариабельность сердечного ритма это метод, оценивающий состояние механизмов регуляции физиологических функций организма то, есть нейрогуморальной регуляции сердца, а также соотношения между симпатическим и парасимпатическим отделами вегетативной нервной системы [Яблчанский, Мартыненко, 2010].

Ритм сердца определяется свойством автоматизма, т.е. способностью клеток проводящей системы сердца, спонтанно активироваться и вызывать сокращение миокарда. В норме на сердечный ритм основное модулирующее действие оказывает вегетативная нервная система. Парасимпатический отдел вегетативной нервной системы угнетает деятельность сердечного ритма, а симпатический отдел – стимулирует.

Вегетативная иннервация различных отделов тела асимметрична и неоднородна. В миокарде желудочков влияние симпатического отдела больше, чем парасимпатического. В узловой ткани преобладают эффекты парасимпатического отдела, реализуемые через блуждающий нерв. Различают влияние правого и левого ветвей блуждающего нерва на сердце.

Волокна левого блуждающего нерва стремятся к атриовентрикулярному узлу, в результате он влияет на атриовентрикулярное проведение. Волокна правого блуждающего нерва – возбуждают синусовый узел, который оказывает воздействие на частоту сердечных сокращений (ЧСС) [Шишко, 2009].

Деятельность вегетативной нервной системы находится под влиянием центральной нервной системы и ряда гуморальных влияний. В продолговатом мозге расположен сердечно-сосудистый центр, объединяющий парасимпатический, симпатический и сосудодвигательный центры. Регуляция этих центров выполняется подкорковыми узлами и корой головного мозга [Воронин, Бирюкова, 2006].

Импульсы, исходя из сердечно-аортального, синокаротидного и других сплетений оказывают влияние на ритмическую деятельность сердца. Кроме того, среди факторов, влияющих на сердечно-сосудистый центр, можно отметить гуморальные изменения крови (изменение парциального давления углекислого газа и кислорода, изменение кислотно-основного состояния) и геморецепторный рефлекс [Bernardi et al., 1990].

Общая схема влияния различных факторов на ритмическую деятельность сердца (рис.5).

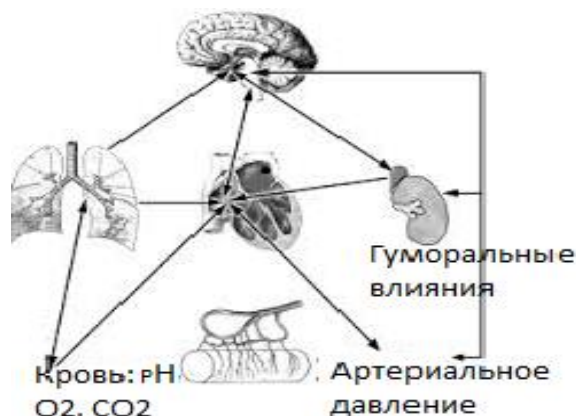


Рис.5. Механизмы экстракардиального регулирования сердечного ритма [Яблучанский, Мартыненко, 2010]

Ритм сердца отражает влияние факторов внешней и внутренней среды на организм. Попытка выделить и количественно определить влияние на ритм сердца центрального, вегетативного, гуморального и рефлекторного звеньев и на основе этого дать оценку адаптационных резервов организма, являются целью исследования variability ритма сердца [Рябыкина, Соболев, 2000].

1.3.2. Механизм регуляции сердечного ритма

Изменчивость продолжительности интервалов R-R последовательных циклов сердечных сокращений за определенные период времени – признана и более информативным неинвазивным методом количественной оценки вегетативной регуляции сердечного ритма.

Автономный контроль сердца моделируется деятельностью гипоталамического отдела мозга. Однако в целом организме ритмогенез сердца осуществляется иерархической системой структур и механизмов, расположенных как в сердце, так и в центральной нервной системе [Покровский, 2006].

Внутрисердечный генератор является жизнеобеспечивающим фактором, который поддерживает насосную функцию сердца тогда, когда центральная нервная система находится в условии глубокого торможения. Центральный генератор создает условие для адаптивных реакции сердца в естественных условиях. Возможность сердца воспроизводить центральный ритм основывается на специфичности электрофизиологических процессов во внутрисердечном пейсмекере. Интеграция двух иерархических уровней ритмогенеза обеспечивает надежность и функциональное совершенство системы генерации ритма сердца в интегрированном организме. Синоатриальный узел в организме выполняет функцию скрытого водителя ритма, сердечный ритм воспроизводит сигналы, поступающие в него из центральной нервной системы по блуждающим нервам. Степень подавления

деятельности синоатриального узла вышестоящим в иерархической системе генератором ритма проявляется площадью инициации возбуждения в узле: чем больше площадь, тем более важная роль мозгового уровня системы [Покровский, 2007].

Баевский Р.М. (2001) предложил двухконтурную модель регуляции сердечного ритма: автономную и центральную, усовершенствовав ее впоследствии (рис. 5).



Рис. 5. Схема двухконтурной модели регуляции сердечного ритма [Баевский, 2001]

В то же время влияние автономного уровня отождествлено с дыхательной аритмией, а центрального – с недыхательной аритмией. Прямая связь между центральным и автономным уровнями организации происходит через нервные и гуморальные факторы регуляции, а обратная связь – через импульсацию от различных зон рецепторов органов и тканей.

Сердечный ритм это индикатор отклонения в системе регуляции, поэтому исследования variability сердечного ритма обладает важным прогностическим и диагностическим значением при самых разнообразных патологиях.

Как известно, ВНС управляет метаболическими и энергетическими процессами организма, а также при стрессе и перенапряжении он

осуществляет мобилизацию функциональных резервов, и их накопление обеспечивает восстановление. Механизмы вегетативной регуляции в поддержании гомеостаза и в адаптации различных систем организма, его основные возможности сердца главную роль играют условия окружающей среды. Поэтому, представляет большой интерес метод анализа ВСР физиологии и спортивной медицины [Баевский, Черникова, 2017].

Деятельность парасимпатического и симпатического отделов вегетативной нервной системы – результат многоуровневой и многоконтурной реакции системы регуляции кровообращения, изменяющей в определенный период времени свои параметры для достижения оптимального адаптивного ответа организма [Ахмедова, Марданов 2015].

Индекс массы тела (ИМТ) может оказывать влияние на вариабельность сердечного ритма. В источниках научной литературы при исследовании влияния ИМТ на вариабельность сердечного ритма в условиях стресса и покоя видно, что частота сердечных сокращений зависит от уровня ИМТ. Чем ниже уровень ИМТ, тем выше частота сердечных сокращений и наоборот. Однако в некоторых источниках научной литературы имеются противоречивые данные о влиянии ИМТ на значение показателей сердечно-сосудистой системы в момент стрессогенного воздействия. Ряд авторов указывает на то что, увеличенный ИМТ коррелирует с более выраженной реакцией на стресс (связан с умственной нагрузкой) [Tabara et al., 2008]. Другие же авторы показывают, что при повышении ИМТ происходит снижение реактивности на стресс [Дмитриев, Карпенко, 2012].

1.3.3. Особенности вариабельности сердечного ритма в юношеском возрасте

Изменчивость вариабельности сердечного ритма характеризуется половыми и возрастными особенностями. В юношеском возрасте сильно выражены симпатические и слабо парасимпатические влияния. При

умеренных нагрузках баланс вегетативной нервной системы смещается в сторону активизации парасимпатического контроля, а при увеличенных – в сторону их ослабления [Бойцов и др., 2000].

С возрастом ВСП снижается, причем у женщин эти изменения более выражены, но у физически активных молодых девушек ВСП выше. Девушки 20 лет отличаются большим преобладанием влияния парасимпатического отдела вегетативной нервной системы в регуляции сердечного ритма, мужчины того же возраста – усилением симпатического отдела. Половые различия регистрируются по величинам очень низкочастотных и ультранизкочастотных компонентов спектра, свидетельствуя о большей активности в их группе метаболического и гуморального контура регуляции ритма сердца. Стабильность сердечного ритма в юношеском возрасте обеспечивается либо автономными влияниями, либо центральными влияниями [Наумова, Земцова, 2009].

В соответствии преобладанием того или иного тонуса выделяют три типа вегетативной нервной системы: нормотоники, ваготоники и симпатотоники. Еще в 1910 г. Эппингер и Гесс создали учение о симпатикотонии и ваготонии. Они разделяли всех людей на ваготоников, симпатотоников и нормотоников. У ваготоников преобладает парасимпатический отдел нервной системы. Влияние парасимпатической нервной системы направлено на накопление и сохранение энергетических ресурсов организма (оказывает тормозящее влияние на сердце, регулирует нормальную деятельность пищеварительного тракта и др.) участвует в регуляции функции выделения, т.е. сокращении мочевого пузыря, перистальтике кишечника. Парасимпатическая нервная система регуляции является высокочастотной системой. Колебания ее деятельности образуют изменения сердечного ритма с частотой (0,15–0,4, Гц), формируя быстрые волны (HF). Для симпатотоников характерно преобладание симпатического отдела нервной системы. В целом деятельность симпатической нервной системы направлена на энергетическое обеспечение организма. Ее влияния

приводят к перераспределению кровотока, активизации обменных процессов, выделению сахара из печени в кровь и т.п. Это необходимо для поддержания нормальных жизненных условий в ситуациях, требующих значительных энергозатрат в связи с мышечной активностью, при понижении температуры окружающей среды, при эмоциональных реакциях [Ноздрачев, 2002]. Симпатическая нервная система является медленной системой регуляции соответственно, формирует медленные волны колебания (LF) с частотой 0,04-0,15 Гц. Нормотоникам характерно равновесие симпатического и парасимпатического отделов.

Возраст является основным показателем снижения уровня показателей variability сердечного ритма. Так например, влияние возраста на отношение LF/HF (индекс вегетативного баланса) не однозначно. Во многих исследованиях не было выявлено связи данного показателя с возрастом [Agelink et al., 2001]. Однако, другие авторы отмечают уменьшение показателя LF/HF с возрастом [Kuo et al., 1999].

Женщины обладают высокой частотой сердечных сокращений, чем лица мужского пола. С увеличением возраста половые различия ослабевают. Лица женского пола имеют, например, более низкое значение LF и высокое значение HF, чем мужчины [Карпенко, 2011].

1.3.4. Нервная система и variability сердечного ритма

Изменения в периферической и центральной нервной системе могут влиять на ВСР, снижение которой наблюдается при депрессии [Carney et al., 2001] и повреждении головного мозга [Lowensohn et al., 1977]. При воздействии неблагоприятных факторов (острый стресс, хроническое воздействие) частота сердечных сокращений может как увеличиваться, так и не изменяться [Lampert et al., 2002].

В ряде исследований было выявлено, что для молодых лиц с низкой функциональной подвижностью нервных процессов во время стресса

характерны более высокие значения уровня функционирования сердечно-сосудистой системы и напряженности всех регуляторных механизмов, для лиц с высокой – менее выраженное напряжение регуляторных механизмов регуляции сердечного ритма и более экономная деятельность сердечно-сосудистой системы. В результате этом в условиях стресса, как правило, наблюдается снижение парасимпатического воздействия на сердечный ритм с активацией гуморально-метаболических и симпатических влияний, что в конечном итоге может привести к срыву и перенапряжению [Макаренко, Лизогуб, 2011]. Нарушения в вегетативной нервной системе может привести к психопатогенным расстройствам. В своих исследованиях Данбаев С.У. показал, что у молодых людей отмечается гипертонус парасимпатического и симпатического отделов вегетативной нервной системы.

Глава 2. Материалы и методы исследования

В исследовании принимали участие лица женского пола в возрасте 18-22 лет (50 человек) после получения устного информированного добровольного согласия. В эксперименте участвовали практически здоровые, некурящие студенты-добровольцы. Исследование проводили при температуре 21-22° С в первой половине дня.

Эксперимент состоял из трех частей. В первой части измеряли основные физиометрических показатели, во второй – показатели variability сердечного ритма, в третьей – регистрировали адаптационные свойства кожных микрососудов.

2.1. Измерение основных физиометрических показателей

Были исследованы основные физиометрический показатель: рост, вес тела, артериальное давление.

Для измерения роста использовали ростомер, который состоял из площадки, вертикальной стойки с делениями и передвижной планшетки. Испытуемый становился на площадку ростомера спиной к вертикальной стойке, выпрямившись, прикасался к стойке затылком, межлопаточной областью, ягодицами и пятками. Скользящую горизонтальную планку прикладывали к голове без надавливания. Полученные данные фиксировали.

Для определения массы тела использовали весы. В ходе проведения исследований следили за тем, чтобы они были правильно установлены и налажены.

Индекс массы тела рассчитывали по формуле Брока (2.1):

$$\text{ИМТ} = M / H^2, \quad (2.1)$$

где M – масса тела (кг),

H – рост (м) [Ханина, Лобанов, 2008].

Значение ИМТ менее $18,50 \text{ кг/м}^2$ – отражает дефицит массы тела, от $18,50$ до $24,99 \text{ кг/м}^2$ – свидетельствует о нормальной массе тела, от $25,00$ до $29,99 \text{ кг/м}^2$ – об избыточной массе тела, показатель ИМТ свыше $30,00 \text{ кг/м}^2$ расценивается как ожирение [WHO Expert Consultation].

Для измерения артериального давления использовали методику Короткова [Яковлев, 2005]. Измерение проводили в положении пациента сидя, после 10-15-минутного отдыха. Во время измерения артериального давления (АД) исследуемый находился в состоянии покоя, без напряжения, не разговаривал. Манжету сфигмоманометра плотно накладывали на обнажённое плечо пациента. В локтевой ямке находили пульсирующую плечевую артерию и прикладывали к этому месту стетофонендоскоп. После этого нагнетали воздух в манжету выше нормы примерно на 20-30 мм рт.ст., а затем медленно выпускали воздух со скоростью 2 мм/с. При измерении АД по методу Короткова систолическое давление (САД) регистрировали при появлении первых тихих тонов над лучевой артерией, а диастолическое давление (ДАД) – в момент резкого ослабления тонов [Яковлев, 2005].

Рассчитывали пульсовое давление (2.2):

$$\text{ПД} = \text{САД} - \text{ДАД}, \quad (2.2)$$

где ПД – пульсовое давление (мм рт.ст.);

САД – систолическое давление (мм рт.ст.);

ДАД – диастолическое давление (мм рт.ст.) [Яковлев, 2005].

2.2. Метод оценки variability сердечного ритма

С помощью оборудования «Поли-Спектр» («Нейрософт», Иваново, Россия) регистрировали variability сердечного ритма. В исследовании использовали методику записи кардиоритмограмм по Р.М. Баевскому [Гурова, Станишевская, 2009], учитывали анализ спектрограммы и ритмограммы.

Для регистрации электрокардиограммы использовали прижимные электроды и кабель отведений (рис.6.).



Рис. 6. Оборудование для анализа сердечного ритма

ЭКГ регистрировали в специальном помещении, удаленном от возможных источников электрических помех. Кушетка находилась на расстоянии не менее 1,5 м от проводов электросети. Исследование проводили после 5 минут отдыха. Запись ЭКГ производили в положении лежа на спине, при спокойном дыхании. Обстановка в помещении была приближена к естественным условиям [Струтынский, 2012]. Исследования у женщин проводили в межменструальный период, так как гормональные изменения в организме влияют на кардиоритмограмму [Charkoudian, Johnson, 1999]. Электроды прикрепляли на конечности по общепринятой методике: красный электрод – на правую руку, желтый – на левую руку, зеленый – на левую ногу и черный – на правую ногу.

Запись осуществляли в течение 5 минут в состоянии покоя. После записи приступали к обработке данных.

Для того чтобы определить тонус вегетативной нервной системы применяли спектральный анализ, где выделяли LF-диапазон, отражающий состояние симпатического отдела нервной системы, и HF-диапазон, отражающий состояние парасимпатического отдела нервной системы

[Цехмистренко, Станишевская, 2006]. Согласно нормативам, соотношение LF/HF во время бодрствования в спокойном состоянии должно быть в пределах 0,5-1,5 условных единиц. Этот диапазон соответствует нормотонии, если $LF/HF < 0,5$ условных единиц – это свидетельствует о ваготонии; $LF/HF > 1,5$ условных единиц – о симпатотонии [Баевский, 2006].

Выполненный спектральный анализ и полученные результаты, отражали энергетические и регуляторные процессы в организме, которые позволили найти периодические составляющие в колебаниях сердечного ритма, а также оценить их вклад в динамику ритма [Баевский, 2001]. Кроме того, при спектральном анализе парасимпатическая и симпатическая деятельность была оценена в короткий период времени.

Согласно исследованию спектрального анализа вариабельности ритма сердца, выделяли и анализировали следующие, показатели таблица 2.

Таблица 2

Основные показатели спектрального анализа

Показатели, единицы измерения	Характеристика
TP, $мс^2$	Полная мощность спектра колебаний кардиоритма
LF, $мс^2$	Мощность спектра кардиоритма в области низких частот (0,04-0,15 Гц). Некоторые авторы считают, что они являются количественным маркером симпатического отдела нервной системы (Malliani, 1994)
LFnorm, у.е.	Мощность спектра кардиоритма в области низких частот, измеренная в нормализованных единицах
HF, $мс^2$	Мощность спектра кардиоритма в области высоких частот (0,15-0,4 Гц). Считается установленным, что они связаны с парасимпатической деятельностью и с дыханием (Агаджанян, Баевский, Берсенева, 2000)
HFnorm, у.е.	Мощность спектра кардиоритма в области высоких частот, измеренная в нормализованных единицах
LF/HF	Соотношение мощностей спектра кардиоритма в области высоких и низких частот

Продолжение табл. 2

Показатели, единицы измерения	Характеристика
LF%	Процент колебаний низкой частоты в общей мощности спектра
HF%	Процент колебаний высоких частот в общей мощности спектра

По методике Р.М. Баевского рассчитывали следующие показатели кардиоритмограммы, представленные в таблице 3.

Таблица 3

Основные показатели кардиоритмограммы

Показатели, ед. измерения	Характеристика
ЧСС, уд./мин	Средняя частота сердечных сокращений.
М, с	Среднее арифметическое значение продолжительности интервала R-R
СК, с ²	Среднеквадратичное отклонение продолжительности интервала R-R
Мо, с	Мода – наиболее часто встречающаяся величина в вариационном ряду интервалов R-R.
Ме, с	Медианное значение продолжительности интервала R-R
ВР, с	Вариационный размах – разница между максимальным и минимальным значениями продолжительности интервала R-R
ИВР	Индекс вегетативного равновесия
ПАПР	Показатель адекватности процессов регуляции
ВПР	Вегетативный показатель ритма
ИН	Индекс напряжения

4). Для анализа ритмограммы использовали следующие критерии (таблица 4).

Таблица 4

Основные показатели ритмограммы

Показатели, ед. измерения	Характеристика
R-Rmin, мс	Минимальная продолжительность интервала R-R

Показатели, ед. измерения	Характеристика
SDNN, мс	Стандартное отклонение всех NN-интервалов
RMSSD, мс	Квадратный корень из среднеарифметического значения квадрата разности длительностей последовательных «нормальных» интервалов R-R
pNN50 %	Доля соседних «нормальных» интервалов R-R, которые различаются более чем на 50 мс
Cv, %	Коэффициент вариации ряда «нормальных» интервалов R-R
R-Rmax, мс	Максимальная продолжительность интервала R-R
RRNN, мс	Средняя длительность «нормальных» интервалов R-

По результатам спектрального анализа и программной обработки, девушек разделили на две группы: нормотоники и ваготоники.

2.3. Оценка показателей микроциркуляторного русла кожи

Регистрацию показателей микроциркуляторного русла кожи проводили с помощью двухканального лазерного анализатора капиллярного кровотока ЛАКК-02 (НПП «Лазма», Россия) в красной области спектра излучения ($\lambda=632$ нм) и инфракрасной области спектра ($\lambda=810$ нм) (рис. 7).



Рис. 7. Двухканальный лазерный анализатор капиллярного кровотока ЛАКК-02 [Крупаткин, Сидоров, 2005]

Метод лазерной доплеровской флоуметрии широко применяется в области медицины [Анютин и др, 2008]. Метод ЛДФ основывается на применении коротковолнового зондирующего лазерного излучения, посредством которого возможно получить отраженный сигнал самой большой амплитуды от отдельных эритроцитов из тонкого слоя ткани, около 1 мм [Литвин, 2006], где есть субкапиллярное, артериолярное и венолярное сплетения. Обработка отраженного от ткани излучения основана на распределении от зарегистрированного сигнала изменения доплеровского сдвига частоты отраженного сигнала, пропорционального скорости движения эритроцитов. В двухканальном анализаторе применяются два одинаковых зондирующих канала для контроля состояния микроциркуляции на двух областях, контрольной и области, которая является предметом исследования [Филина, 2017].

При проведении исследования испытуемый находился в положении сидя в состоянии полного физического и психического покоя после предварительной адаптации к температуре воздуха в помещении, рука располагалась на уровне сердца. За 2 часа до визита испытуемого просили воздержаться от приема пищи, кофеин-содержащих напитков. Обследуемые были некурящими. Датчики устанавливали на дистальных фалангах II и IV пальцев правой руки [Васильева и др., 2014]. Кожа дистальной фаланги II пальца служила наилучшим объектом для исследования нейрогенной регуляции сосудов, так как богата сенсорными и вегетативными нервными волокнами.

Первоначально доплерограмму записывали в покое в течение 6 минут (рис. 8).

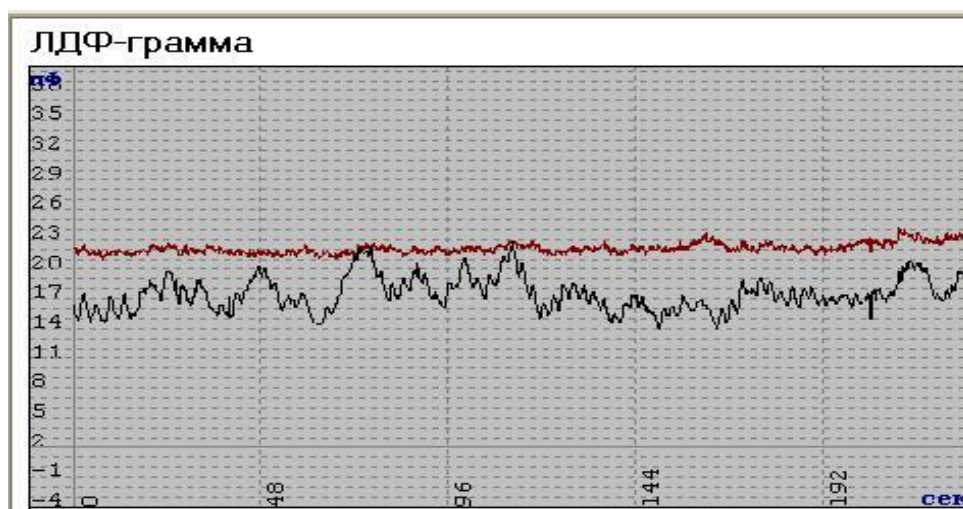


Рис. 8. ЛДФ-грамма, представлены красный и инфракрасный каналы
[Васильева, Матвеев, 2014]

Показатели микроциркуляции представлены в таблице 5.

Таблица 5

Основные показатели микроциркуляции

Показатели, единицы измерения	Характеристика
ПМ, пф.ед.	Показатель микроциркуляции, отражающий средний уровень гемоперфузии в единице объема ткани за единицу времени
σ , пф.ед.	Среднеквадратическое отклонение – среднее колебание перфузии относительно среднего значения потока крови ПМ
Кv	Коэффициент вариации тканевого кровотока, отражает выраженность вазомоторной активности сосудов МЦР

Описываемые параметры дают общую оценку состояния микроциркуляции.

В дальнейшем проводили вейвлет-анализ доплерограммы, в результате которого определяли амплитуды колебаний в различных частотах (рис. 9).

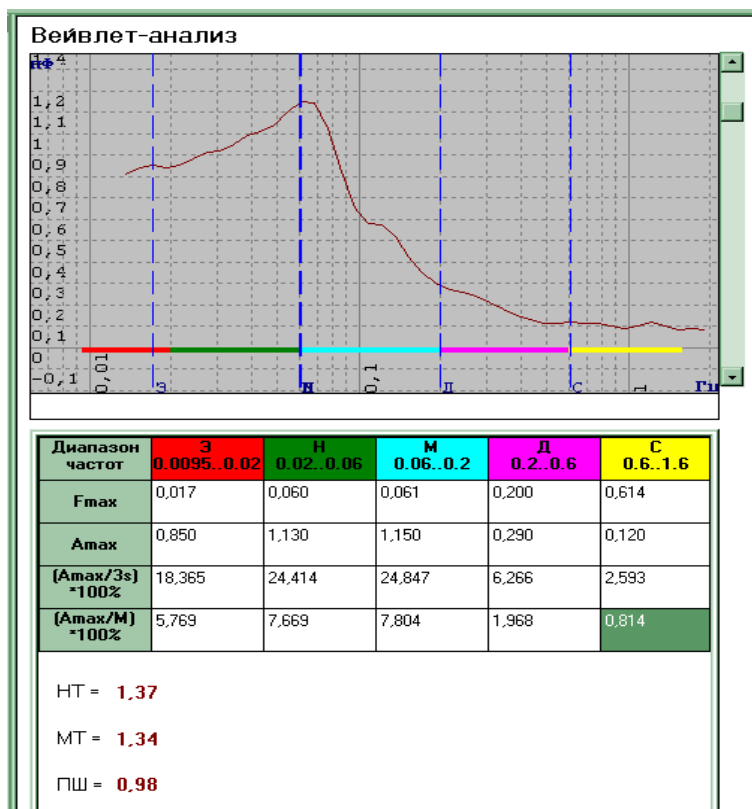


Рис. 9. Вейвлет-анализ параметров микроциркуляции.

Кроме того, в различных диапазонах оценивали амплитудные показатели, отражающие активные механизмы микроциркуляции – выраженность эндотелиальной (Аэ), нейрогенной (Ан) и миогенной (Ам) функции микрососудов.

Пассивные факторы регуляции представлены показателями венозного оттока, вызываемого дыхательными экскурсиями (Ад) и пульсовым кровотоком (Ас) (рис. 10).

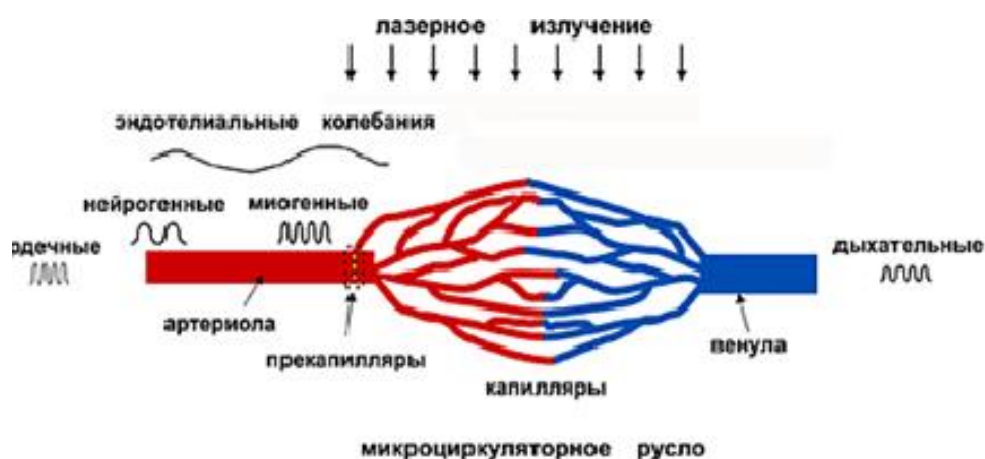


Рис. 10. Пространственная локализация воздействий на микроциркуляцию активных и пассивных факторов [Крупаткин, Сидоров, 2005]

Величину вклада амплитуд различных ритмических составляющих в общую мощность спектра рассчитывали по формуле (2.3):

$$P = (A_{\text{Э}}^2 / A_{\text{Э}}^2 + A_{\text{Н}}^2 + A_{\text{М}}^2 + A_{\text{Д}}^2 + A_{\text{С}}^2) \times 100\%, \quad (2.3)$$

где $A_{\text{Э}}$ – эндотелиальная функция микрососудов;

$A_{\text{Н}}$ – нейрогенная функция кровотока,

$A_{\text{М}}$ – миогенная функция микрососудов,

$A_{\text{Д}}$ – дыхательная функция кровотока,

$A_{\text{С}}$ – пульсовой кровотока

Анализ процессов микроциркуляции был выполнен согласно номинальным особенностям ритмов колебания по формуле [Крупаткин, Сидоров, 2005] (2.4):

$$(A_{\text{max}} / 3\sigma) \times 100\%, \quad (2.4)$$

где A_{max} – максимальные амплитуды колебаний определенной группы ритмов;

σ – среднеквадратическое отклонение колебаний перфузии, средняя модуляция кровотока (пф.ед.).

Нейрогенный тонус (НТ) определяли по формуле (2.5):

$$\text{НТ} = (\sigma \times \text{АД}_{\text{ср}}) / (\text{Ан} \times \text{ПМ}), \quad (2.5)$$

где ПМ – средне-арифметический показатель микроциркуляции;
 Ан – усредненная максимальная амплитуда нейрогенного ритма,
 АД ср – среднее артериальное давление (мм рт.ст.),
 σ – среднеквадратическое отклонение колебаний перфузии (пф.ед.).

Миогенный тонус (МТ) определяли по формуле (2.6):

$$\text{МТ} = (\sigma \times \text{АД}_{\text{ср}}) / (\text{Ам} \times \text{ПМ}), \quad (2.6)$$

где АД ср – среднее артериальное давление (мм рт.ст.),
 ПМ – средне-арифметический показатель микроциркуляции (пф.ед.),
 Ам – усредненная максимальная амплитуда миогенного ритма,
 σ – среднеквадратическое отклонение колебаний перфузии (пф.ед.).

Показатель шунтирования (ПШ) определяли по формуле (2.7):

$$\text{ПШ} = \text{МТ} / \text{НТ}, \quad (2.7)$$

где МТ – миогенный тонус,
 НТ – нейрогенный тонус.

Значение миогенного и нейрогенного тонуса обратно пропорциональны амплитудам осцилляции соответствующего диапазона. Уменьшение в амплитуде этих осцилляций связано с увеличением тонуса и наоборот, увеличение амплитуд является следствием уменьшения сосудистого тонуса [Крупаткин, Сидоров, 2005].

Проводили окклюзионную пробу. Она заключалась в том, что руку пережимали с давлением, превышающим систолическое. Давление в манжете составляло не менее 240-250 мм рт. ст. При этом поступление артериальной крови в руку прекращается [Жеребцова, 2015]. Процесс сопровождается снижением сигнала ЛДФ-граммы, регистрируемой с участков кожи, до минимального уровня, называемого биологическим нулем. Продолжительность окклюзии – 3 минуты. После того как прекращали окклюзию, в течение 6 минут регистрировали восстановление и развитие реактивной постокклюзионной гиперемии, которая проявлялась в увеличении показателя микроциркуляции (ПМ) до величины, превышающей исходный уровень с последующим спадом до исходного уровня (рис. 11) [Михайлов и др., 2011].

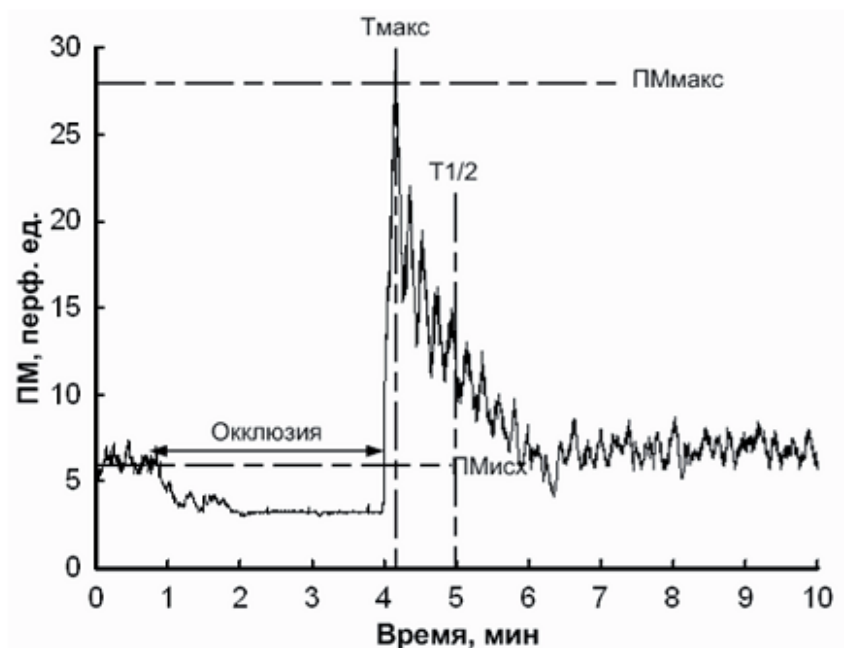


Рис. 11. Исследуемые параметры окклюзионной пробы [Тихонова и др., 2009]

В ходе окклюзионной пробы оценивали резерв капиллярного кровотока (РКК, %).

РКК, % рассчитывали по формуле (2.8):

$$\text{РКК} = \text{ПМ}_{\text{макс}} / \text{ПМ}_{\text{исх}}, \quad (2.8)$$

где $ПМ_{\text{макс}}$ – максимальное значение показателя микроциркуляции в процессе развития реактивной постокклюзионной гиперемии,

$ПМ_{\text{исх}}$ – средний уровень исходной перфузии.

Индекс флаксомии, который отражает эффективность МЦ, рассчитывали по формуле (2.9):

$$\text{ИФ} = (A_{\text{э}} + A_{\text{н}} + A_{\text{м}}) / (A_{\text{д}} + A_{\text{с}}), \quad (2.9)$$

где $A_{\text{э}}$ – эндотелиальная функция микрососудов,

$A_{\text{н}}$ – нейрогенная функция кровотока,

$A_{\text{м}}$ – миогенная функция микрососудов,

$A_{\text{д}}$ – дыхательная функция кровотока;

$A_{\text{с}}$ – пульсовой кровоток.

2.4. Методы статистической обработки числовых данных

Статистическую обработку полученных материалов и анализ результатов проводили с помощью программ Excel 7.0 и программы «Statistica 10.0». Оценивали значение средней арифметической выборочной совокупности (M) и стандартной ошибки среднего значения (m).

Глава 3. Полученные результаты и их обсуждение

3.1. Анализ соматометрических показателей и их характеристика

Полученные данные исследований физиометрических показателей девушек представлены в таблице 6.

Таблица 6

Соматометрические показатели с различным вегетативным тонусом
($M \pm m$)

Показатели, ед. измерения	Нормотоники	Ваготоники	Симпатотоники
Длина тела, см	162,66 ± 1,49	169,97 ± 1,53	168,90 ± 1,10
Масса тела, кг	55,60 ± 1,22	63,11 ± 1,53	61,30 ± 2,00
ИМТ, кг/м ²	20,01 ± 0,38	21,01 ± 0,69	21,03 ± 0,36

Примечание: ИМТ – индекс массы тела

Как видно из таблицы 6 ИМТ у ваготоников, нормотоников и симпатотоников соответствует норме и незначительно отличается. У ваготоников и симпатотоников ИМТ больше на 6,5%, чем у нормотоников.

Показатели функционирования сердечно-сосудистой системы у девушек с различным вегетативным тонусом представлены в таблице 7.

Таблица 7

Показатели функционирования сердечно-сосудистой системы в зависимости от исходного вегетативного тонуса ($M \pm m$)

Показатели, ед. измерения	Норма	Нормотоники	Ваготоники	Симпатотоники
СД, мм рт. ст	120-129	116,69 ± 2,08	113,58 ± 2,79	121,25 ± 2,94
ДД, мм рт. ст	70-75	68,91 ± 1,22	69,52 ± 1,66	72,10 ± 1,66
ПД	40-50	45,82 ± 1,87	43,57 ± 1,84	43,55 ± 2,27
ЧСС, уд./мин	70	72,13 ± 2,16	73,29 ± 1,82	75,60 ± 1,76

Примечание: СД – систолическое давление; ДД – диастолическое давление; ПД – пульсовое давление; ЧСС – число сердечных сокращений.

Полученные данные совпадают с рекомендациями экспертов Всемирной Организации Здравоохранения (ВОЗ) [WHO Expert Consultation].

Систолическое давление у ваготоников меньше на 2,7%, чем у нормотоников и на 6,7%, чем у симпатотоников. Пульсовое давление у ваготоников меньше на 5,0%, чем у нормотоников. ЧСС у ваготоников больше на 1,6%, чем у нормотоников, но меньше на 3% меньше, чем у симпатотоников. Диастолическое давление у ваготоников меньше на 3,7%, чем у симпатотоников.

3.2. Анализ вариабельности сердечного ритма девушек с разным тонусом вегетативной нервной системы

По результатам спектрального анализа девушек разделили на три группы в зависимости от влияния соответствующего отдела вегетативной нервной системы на сердечный ритм: нормотоники, ваготоники и симпатотоники (табл. 8).

Таблица 8

Показатели вариабельности ритма сердца девушек с разным тонусом вегетативной нервной системы (M±m)

Показатели, ед. измерения	Нормотоники	Ваготоники	Симпатотоники
TP, мс ²	7618,30 ± 2295,18	6495,00 ± 931,73	6417,31±951,61
LF, мс ²	3251,13 ± 650,53	1452,88 ± 235,75	5054,60±814,83
HF, мс ²	3676,82 ± 1323,25	3064,58 ± 652,99	2433,72±419,33
LF/HF	1,06 ± 0,07	0,38 ± 0,03	3,55 ± 0,19
LF%	49,71 ± 5,43	27,55 ± 75,09	75,13 ± 1,51
HF%	42,58 ± 4,61	59,30 ± 2,36	28,84 ± 2,26
LFnu, у.е.	56,66 ± 2,18	44,62 ± 1,84	63,11 ± 2,03
HFnu, у.е.	52,74 ± 2,09	77,24 ± 2,13	38,16 ± 2,69

Примечание: TP – полная мощность спектра колебаний кардиоритма; LF – мощность спектра кардиоритма в области низких частот (0,04-0,15 Гц); LFnorm – мощность спектра кардиоритма в области низких частот, измеренная в нормализованных единицах; HF – мощность спектра кардиоритма в области высоких частот (0,15-0,4 Гц); HFnorm – мощность спектра кардиоритма в области высоких частот, измеренная в нормализованных единицах; LF/HF – соотношение мощностей спектра кардиоритма

Основные показатели ритмограммы представлены в таблице 9.

Таблица 9

Показатели ритмограммы у девушек с разным тоном вегетативной нервной системы ($M \pm m$)

Показатели, единицы измерения	Нормотоники	Ваготоники	Симпатотоники
R-R _{min} , мс	590,17 ± 40,13	639,70 ± 36,69	738,80 ± 34,24
R-R _{max} , мс	1044,47 ± 41,08	1135,88 ± 33,50	905,7 ± 19,10
RRNN, мс	845,39 ± 32,11	855,94 ± 27,46	846,3 ± 30,05
SDNN, мс	82,56 ± 12,49	76,41 ± 7,41	37,5 ± 2,96
RMSSD, мс	79,95 ± 16,37	88,52 ± 11,86	24,4 ± 1,21
pNN50, %	30,07 ± 5,31	40,77 ± 4,24	22,0 ± 2,43
CV, %	8,39 ± 0,88	8,56 ± 0,76	4,77 ± 0,35

Примечание: R-R_{min} – минимальная продолжительность интервала R-R; R-R_{max} – максимальная продолжительность интервала R-R; RRNN – средняя длительность «нормальных» интервалов R-R; SDNN – стандартное отклонение всех NN-интервалов; RMSSD – квадратный корень из среднеарифметического значения квадрата разности длительностей последовательных «нормальных» интервалов R-R; pNN50% – доля соседних «нормальных» интервалов R-R, которые различаются более чем на 50 мс; Cv – коэффициент вариации ряда «нормальных» интервалов R-R.

Данные, представленные в таблице 9, свидетельствуют о том, что у ваготоников показатель RMSSD был на 10% и на 59,6% больше, чем у нормотоников и симпатотоников соответственно. Показатель RMSSD отражает активность автономного контура регуляции, свидетельствует об активности звена парасимпатической регуляции [Баевский и др., 2001]. Доля соседних «нормальных» интервалов R-R у ваготоников была больше на 26,3% и на 46,1%, чем у нормотоников и симпатотоников соответственно. Минимальная продолжительность интервалов R-R у ваготоников была на 7,7% больше, чем у нормотоников, но меньше на 15%, чем у симпатотоников. Максимальная продолжительность интервала R-R у ваготоников была на 8,1% и на 20% больше, чем у нормотоников и симпатотоников соответственно. Коэффициент вариации является показателем нормированным по частоте сердечных сокращений и

свидетельствует о состоянии механизмов регуляции сердечной деятельности. CV у ваготоников и нормотоников отличаются не значительно, но превышает на 44,2%, чем у симпатотоников. Остальные значения отличались друг от друга незначительно [Хмельницкий, Горбачев, 2016].

Основные показатели кардиоритмограммы представлены в таблице 10

Таблица 10

Показатели кардиоритмограммы у девушек с разным тонусом вегетативной нервной системы (M±m)

Показатели, единицы измерения	Нормотоники	Ваготоники	Симпатотоники
Число кардиоциклов	357,38 ± 14,84	315,36 ± 21,93	362,02 ± 28,65
M, с	0,85 ± 0,04	0,91 ± 0,06	0,98 ± 0,07
СК, с ²	0,28 ± 0,01	0,38 ± 0,01	0,08 ± 0,01
Мо, с	0,87 ± 0,04	0,87 ± 0,04	0,87 ± 0,04
Амо, с	37,54 ± 3,76	34,76 ± 2,87	35,53 ± 2,34
Ме, с	0,97 ± 0,04	0,98 ± 0,04	0,98 ± 0,04
ВР, с	0,63 ± 0,09	0,51 ± 0,05	0,49 ± 0,03
ИВР, с	111,91 ± 21,98	85,13 ± 12,87	76,51 ± 11,43
ПАПР, с	48,25 ± 5,04	40,85 ± 3,15	41,78 ± 3,09
ВПР, с	3,33 ± 0,56	2,87 ± 0,39	3,98 ± 0,32
ИН, с	71,65 ± 18,26	51,06 ± 8,16	89,08 ± 6,98

Примечание: M – среднее арифметическое значение продолжительности интервала R-R; СК – среднеквадратичное отклонение продолжительности интервала R-R; Мо – мода – наиболее часто встречающаяся величина в вариационном ряду интервалов R-R; Ме, с – медианное значение продолжительности интервала R-R; ВР – вариационный размах – разница между максимальным и минимальным значениями продолжительности интервала R-R; ИВР – индекс вегетативного равновесия; ПАПР – показатель адекватности процессов регуляции; ВПР – вегетативный показатель ритма; ИН – индекс напряжения регуляторных систем.

Число кардиоциклов у ваготоников было на 13,3% и 15% меньше, чем у нормотоников и симпатотоников соответственно. В норме при увеличении влияния парасимпатического отдела должно произойти удлинение сердечных циклов. Однако в ходе кардиобиоуправления у ваготоников длительность кардиоциклов уменьшилось, что не соответствует научной литературы

данным по биоуправлению и является, по нашему мнению, особенностью ваготоников, которая характеризуется запуском механизма оптимизации работы кардиопейсмейкеров. Видимо, данная реакция является физиологически обоснованной и представляет наиболее стереотипный ответ в условиях фоновой ваготонии [Валеева, 2013]. Среднее квадратическое отклонение является чрезвычайно чувствительным показателем состояния механизмов регуляции сердечного ритма. Увеличение СКО свидетельствует об усилении парасимпатического отдела вегетативной нервной системы [Баевский и др., 2001]. Наши исследования показали, что СКО у ваготоников больше на 35, 7% и на 47,5 %, чем у нормотоников и симпатотоников соответственно.

Индекс вегетативного равновесия у ваготоников был на 31,5% меньше, чем у нормотоников, но больше на 10,2%, чем у симпатотоников. Индекс напряжения регуляторных систем, характеризующий активность механизмов симпатической регуляции, состояние центрального контура регуляции [Баевский и др., 2001], у ваготоников был на 39,6% и 65,8% меньше, чем у нормотоников и симпатотоников. Вегетативный показатель ритма у ваготоников был на 33,7% меньше, чем у нормотоников. Это свидетельствует о том, что вегетативный баланс смещен в сторону преобладания парасимпатической регуляции [Крупаткин, Сидоров, 2005].

3.3. Анализ реактивности микрососудов кожи у девушек с разным тонусом вегетативной нервной системы

Проведено изучение микроциркуляции в коже дистальных фаланг II и IV пальцев руки с использованием каналов красного и инфракрасного диапазонов длин волн соответственно. Результаты, характеризующие особенности перфузии ткани кровью у нормотоников, ваготоников и симпатотоников, представлены в таблицах 11, 12, 13.

Параметры микроциркуляторного кровотока кожи девушек, характеризующихся уравновешенностью тонуса симпатического и парасимпатического отделов вегетативной нервной системы (нормотоники)
($M \pm m$)

Показатели, единицы измерения	Инфракрасный канал	Красный канал
$(A_{\text{эмах}}/3\sigma) \times 100 \%$	$25,21 \pm 1,37$	$17,40 \pm 1,67$
$(A_{\text{нмах}}/3\sigma) \times 100 \%$	$20,28 \pm 0,52$	$16,80 \pm 1,09$
$(A_{\text{мах}}/3\sigma) \times 100 \%$	$16,07 \pm 0,29$	$13,63 \pm 1,22$
$(A_{\text{дмах}}/3\sigma) \times 100 \%$	$3,82 \pm 0,12$	$1,55 \pm 0,78$
$(A_{\text{смах}}/3\sigma) \times 100 \%$	$3,18 \pm 0,14$	$1,79 \pm 0,48$
НТ (отн.ед)	$2,49 \pm 0,16$	$2,65 \pm 0,09$
МТ (отн.ед)	$2,90 \pm 0,25$	$3,27 \pm 0,19$
ПШ (отн.ед)	$1,17 \pm 0,09$	$1,25 \pm 0,08$
ПМ (пф.ед)	$7,99 \pm 0,71$	$9,05 \pm 1,08$
σ (пф.ед.)	$1,78 \pm 0,48$	$1,81 \pm 0,22$
$K_v \%$	$26,01 \pm 6,79$	$20,18 \pm 6,83$

Примечание: ПМ – показатель микроциркуляции; σ – среднее колебание перфузии относительно значения оттока крови ПМ; K_v – коэффициент вариации; НТ – нейрогенный тонус; МТ – миогенный тонус; ПШ – показатель шунтирования; $(A_{\text{э}}/3\sigma) \times 100\%$ – нормированная амплитуда эндотелиального ритма; $(A_{\text{н}}/3\sigma) \times 100\%$ – нормированная амплитуда нейрогенного ритма; $(A_{\text{м}}/3\sigma) \times 100\%$ – нормированная амплитуда миогенного ритма; $(A_{\text{д}}/3\sigma) \times 100\%$ – нормированная амплитуда дыхательного ритма; $(A_{\text{с}}/3\sigma) \times 100\%$ – нормированная амплитуда кардиального ритма

Выявлено, что у лиц, характеризующихся уравновешенностью тонуса симпатического и парасимпатического отделов вегетативной нервной системы, значения ряда показателей, зарегистрированных с помощью инфракрасного канала, превышали значения соответствующих показателей, зафиксированных с помощью красного канала: нормированная амплитуда эндотелиального ритма – на 30,9%, нормированная амплитуда нейрогенного ритма – на 20,7%, нормированная амплитуда миогенного ритма – на 17,9%, нормированная амплитуда дыхательного ритма – на 35,8%, нормированная амплитуда кардиального ритма – 28,3%, коэффициент вариации – на 19,3% (таблица 11). Миогенные и нейрогенные ритмы связаны с симпатическими терморегуляторными влияниями на гладкие мышцы артериол и

артериолярных участков артериоло-веноулярных анастомозов. Эндотелиальные колебания более медленные по сравнению с частотой миогенных и нейрогенных колебаний, обусловлены выбросом вазодилататора NO [Stefanovska,1999].

Значения ряда показателей, полученные при использовании инфракрасного канала, были ниже значений соответствующих показателей, зарегистрированных с помощью красного канала: нейрогенный тонус – на 6,1%, миогенный тонус – на 11,3%, показатель шунтирования – на 6,8%, показатель микроциркуляции – на 13,2%, флакс – на 1,7% (таблица 11). Это связано с тем, что датчики устанавливаются на дистальных фалангах пальцев отражение наблюдается в разных слоях по глубине на одной области ткани [Крупаткин, Сидоров, 2005].

В таблице 12 представлены показатели микроциркуляции девушек, для которых характерно преобладание тонуса парасимпатического отдела вегетативной нервной системы, зарегистрированные с использованием каналов инфракрасного и красного диапазонов длин волн.

Выявлено, что значения ряда показателей, зарегистрированных с помощью инфракрасного канала, превышали значения соответствующих показателей, зарегистрированные с использованием красного канала: нормированная амплитуда эндотелиального ритма – на 9,8%, нейрогенный тонус – на 9,4%, миогенный тонус – на 7,3%, показатель шунтирования – на 7,7%, флакс – на 10,2%. Тогда как значения ряда показателей, полученных с помощью инфракрасного канала, были ниже значений соответствующих показателей, зарегистрированные с помощью красного канала: нормированная амплитуда нейрогенного ритма – на 20,1%, нормированная амплитуда миогенного ритма – на 22,9%, нормированная амплитуда дыхательного ритма – на 27,7%, нормированная амплитуда кардиального ритма – 28,4%, показатель микроциркуляции – на 23,1%, коэффициент вариации – на 10,3% (таблица 12).

Параметры микроциркуляторного кровотока кожи девушек с преобладанием тонуса парасимпатического отдела вегетативной нервной системы (ваготоники) ($M \pm m$)

Показатели, единицы измерения	Инфракрасный канал	Красный канал
$(A_{\text{э}}/3\sigma) \times 100 \%$	21,94 ± 1,54	19,79 ± 1,41
$(A_{\text{н}}/3\sigma) \times 100 \%$	23,76 ± 1,29	21,52 ± 2,89
$(A_{\text{м}}/3\sigma) \times 100 \%$	19,25 ± 1,23	23,66 ± 2,17
$(A_{\text{д}}/3\sigma) \times 100 \%$	5,98 ± 0,76	7,64 ± 1,75
$(A_{\text{с}}/3\sigma) \times 100 \%$	4,57 ± 0,39	5,87 ± 0,82
НТ (отн.ед)	1,78 ± 0,24	1,61 ± 0,19
МТ (отн.ед)	1,91 ± 0,68	1,78 ± 0,25
ПШ (отн.ед)	1,39 ± 0,16	1,29 ± 0,07
ПМ (пф.ед)	13,56 ± 1,36	16,69 ± 3,86
σ (пф.ед.)	1,75 ± 0,29	1,58 ± 0,17
Kv %	27,76 ± 2,91	29,59 ± 1,99

Примечание: Примечание: ПМ – показатель микроциркуляции; σ – среднее колебание перфузии относительно значения оттока крови ПМ; Kv – коэффициент вариации; НТ – нейрогенный тонус; МТ – миогенный тонус; ПШ – показатель шунтирования; $(A_{\text{э}}/3\sigma) \times 100\%$ – нормированная амплитуда эндотелиального ритма; $(A_{\text{н}}/3\sigma) \times 100\%$ – нормированная амплитуда нейрогенного ритма; $(A_{\text{м}}/3\sigma) \times 100\%$ – нормированная амплитуда миогенного ритма; $(A_{\text{д}}/3\sigma) \times 100\%$ – нормированная амплитуда дыхательного ритма; $(A_{\text{с}}/3\sigma) \times 100\%$ – нормированная амплитуда кардиального ритма

В таблице 13 представлены показатели микроциркуляции девушек, характеризующихся преобладанием тонуса симпатического отдела вегетативной нервной системы, которые были зарегистрированы с использованием инфракрасного и красного каналов диапазонов длин волн.

Выявлено, что значения ряда показателей, зарегистрированные с помощью инфракрасного канала, превышали значения соответствующих показателей, зарегистрированных с использованием красного канала: нормированная амплитуда эндотелиального ритма – на 29,8%, нейрогенный тонус – на 14,4%, миогенный тонус – на 20,4%, показатель шунтирования – на 6,9%, флукс – на 8,2%. Тогда как значения ряда показателей, полученных с помощью инфракрасного канала, были ниже значений соответствующих показателей, зарегистрированных с помощью красного канала:

нормированная амплитуда нейрогенного ритма – на 13,4%, нормированная амплитуда миогенного ритма – на 20,4%, нормированная амплитуда дыхательного ритма – на 15,6%, нормированная амплитуда кардиального ритма – 13,2%, показатель микроциркуляции – на 26,9%, коэффициент вариации – на 19,7% (таблица 13).

Таблица 13

Параметры микроциркуляторного кровотока кожи девушек с преобладанием тонуса парасимпатического отдела вегетативной нервной системы (симпатотоников) ($M \pm m$)

Показатели, единицы измерения	Инфракрасный канал	Красный канал
$(A_{\text{э}}/3\sigma) \times 100 \%$	$26,71 \pm 1,39$	$26,89 \pm 1,34$
$(A_{\text{н}}/3\sigma) \times 100 \%$	$24,52 \pm 2,83$	$22,44 \pm 1,20$
$(A_{\text{м}}/3\sigma) \times 100 \%$	$17,15 \pm 1,03$	$20,65 \pm 2,07$
$(A_{\text{д}}/3\sigma) \times 100 \%$	$6,40 \pm 0,47$	$7,94 \pm 1,65$
$(A_{\text{с}}/3\sigma) \times 100 \%$	$2,57 \pm 0,39$	$3,87 \pm 0,82$
НТ (отн.ед)	$1,20 \pm 0,16$	$1,25 \pm 0,09$
МТ (отн.ед)	$1,68 \pm 0,20$	$1,91 \pm 0,13$
ПШ (отн.ед)	$1,09 \pm 0,07$	$1,05 \pm 0,12$
ПМ (пф.ед)	$17,64 \pm 3,56$	$18,51 \pm 1,29$
σ (пф.ед.)	$1,18 \pm 0,19$	$1,09 \pm 0,20$
$K_v \%$	$11,20 \pm 1,96$	$17,37 \pm 2,09$

Примечание: Примечание: ПМ – показатель микроциркуляции; σ – среднее колебание перфузии относительно значения оттока крови ПМ; K_v – коэффициент вариации; НТ – нейрогенный тонус; МТ – миогенный тонус; ПШ – показатель шунтирования; $(A_{\text{э}}/3\sigma) \times 100\%$ – нормированная амплитуда эндотелиального ритма; $(A_{\text{н}}/3\sigma) \times 100\%$ – нормированная амплитуда нейрогенного ритма; $(A_{\text{м}}/3\sigma) \times 100\%$ – нормированная амплитуда миогенного ритма; $(A_{\text{д}}/3\sigma) \times 100\%$ – нормированная амплитуда дыхательного ритма; $(A_{\text{с}}/3\sigma) \times 100\%$ – нормированная амплитуда кардиального ритма

Выявлено, что у симпатотоников в состоянии покоя значение показателя микроциркуляции превышало значение соответствующего показателя у нормотоников на 54,1%, у ваготоников на 9,8% при использовании красного канала для регистрации интенсивности кровотока в микроциркуляторном русле, на 51,7% и на 23,1% – при использовании инфракрасного канала (таблицы 11, 12, 13).

Вариабельность показателя микроциркуляции у симпатотоников была ниже по сравнению с нормотониками и ваготониками (сигма – на 66,0% и на 44,9% согласно данным, полученным при использовании красного канала, на 50,8% и на 48,3% – при использовании инфракрасного канала). Наши данные свидетельствуют, что при сравнительно одинаковом уровне перфузии вариабельность микроциркуляции у симпатотоников ниже, это связано с менее активным регуляторным влиянием по сравнению с нормотониками и ваготониками. Коэффициент вариации у симпатотоников был ниже значения соответствующего показателя у нормотоников и ваготоников – на 45,9% и на 47,6% согласно данным, полученным при использовании красного канала, на 16,6% и на 43,1% – при использовании инфракрасного канала (таблицы 11, 12, 13). Среднее колебание перфузии у нормотоников выше по сравнению с симпатотониками и ваготониками. Коэффициент вариации у ваготоников и нормотоников был выше, чем у симпатотоников. Он отражает напряженность механизмов адаптации, что свидетельствует о выраженной вазомоторной активности сосудов микроциркуляторного русла [Тенева, 2016]. Повышение данного показателя отображает улучшение состояния микроциркуляции [Бархатов, 2013].

Согласно анализу ЛДФ-грамм, зарегистрированные у девушек с разным тонусом вегетативной нервной системы с использованием красного канала во время проведения окклюзионной пробы, было выявлено, что у ваготоников исходный показатель микроциркуляции ($PM_{исх}$) до окклюзии был выше значения соответствующего показателя, зарегистрированного у нормотоников на 53,3% и ниже, чем у симпатотоников на 11,2% соответственно. Значение показателя микроциркуляции, зафиксированного в процессе развития реактивной постокклюзионной гиперемии ($PM_{макс}$), у ваготоников было на 12,3% и на 19,7% выше соответствующего значения, которое было выявлено у нормотоников и симпатотоников соответственно (таблица 14). Возрастание данного показателя наблюдается в случае нормального количества сосудов микроциркуляторного звена. С точки

зрения физиологии, реактивная постокклюзионная гиперемия считается преимущественно нейрогенной реакцией [Назарова, 2015]. Показатель микроциркуляции, характеризующий восстановление кровотока после проведения окклюзионной пробы ($ПМ_{восст}$), был выше у ваготоников на 7,7% и на 20,5%, по сравнению со значениями соответствующих показателей, зарегистрированных у нормотоников и симпатотоников соответственно, показатель, отражающий резерв кровотока – на 9,2% и на 32,6% (таблица 14).

Таблица 14

Показатели микроциркуляторного кровотока кожи девушек с разным тонусом вегетативной нервной системы, зарегистрированные с помощью красного канала при проведении окклюзионной пробы ($M \pm m$)

Показатели, единицы измерения	Нормотоники	Ваготоники	Симпатотоники
$ПМ_{исх}$, пф.ед.	$9,05 \pm 1,08$	$16,69 \pm 3,86$	$18,51 \pm 1,29$
$ПМ_{макс}$, пф.ед.	$22,32 \pm 0,97$	$25,46 \pm 1,27$	$20,43 \pm 0,86$
$ПМ_{восст}$, пф.ед.	$13,26 \pm 0,76$	$14,37 \pm 2,79$	$11,41 \pm 0,63$
РКК (%)	$198,06 \pm 10,87$	$218,26 \pm 78,09$	$146,98 \pm 8,74$

Примечание: $ПМ_{исх}$ – среднее значение показателя микроциркуляции в перфузионных единицах (пф.ед.) до окклюзии; $ПМ_{макс}$ – максимальное значение показателя микроциркуляции в процессе развития реактивной постокклюзионной гиперемии; $ПМ_{восст}$ – значение показателя микроциркуляции, характеризующее восстановление кровотока после окклюзии (пф.ед.); РКК – резерв кровотока

Функциональное состояние отдельных связей и систем регуляции капиллярного русла в покое и в процессе развития постокклюзионной реактивной гиперемии были проанализированы на основе изучения особенностей частоты амплитуды колебаний периферийного кровотока. Амплитуды колебаний в диапазонах дыхательного и кардиального ритмов несут информацию о состоянии веноулярного и артериолярного звеньев микроциркуляции, а амплитуда колебаний в диапазоне миогенного ритма свидетельствует о функционировании мышечных элементов сосудов [Тихонов и др., 2009]. Согласно экспериментальным исследованиям,

постокклюзионная реактивная гиперемия является нейрогенной реакцией, реализующейся преимущественно через высвобождение кокальцигенина и нейронального оксида азота, секретируемых афферентными ноцицептивными С-волоконками. Эти факторы индуцируют синтез NO эндотелием, который, в свою очередь, воздействуя на гладкую мускулатуру сосудов, вызывает вазодилатацию [Крупаткин, Сидоров, 2005; Станкевич, Ахапкина, Тихомирова, 2013; Подзолков и др., 2012].

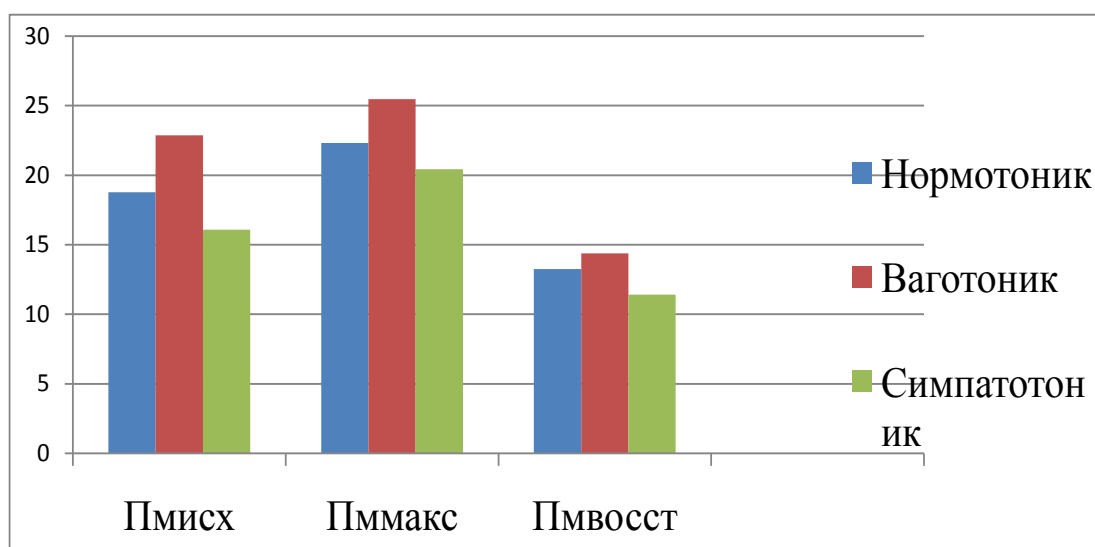


Рис. 12. Отличие зарегистрированных показателей микроциркуляции у девушек с разным тонусом вегетативной нервной системы, зарегистрированные с помощью красного канала при проведении окклюзионной пробы ($M \pm m$): $PM_{исх}$ – среднее значение показателя микроциркуляции до окклюзии; $PM_{макс}$ – максимальное значение показателя микроциркуляции в процессе развития реактивной постокклюзионной гиперемии; $PM_{восст}$ – значение показателя микроциркуляции, характеризующее восстановление кровотока после окклюзии (пф.ед.)

Согласно данным, представленным в таблице 15, амплитуды, характеризующие активные факторы регуляции кровотока, а именно: эндотелиальный, нейрогенный, миогенный факторы, зарегистрированные при использовании красного канала, были выше у ваготоников по сравнению

со значениями показателей нормотоников и симпатотоников на 30,1%, 22,2% и 26,5% и на 26,9%, 30,6%, 38,2% соответственно. Амплитуды, характеризующие пассивные факторы регуляции кровотока – дыхательный и кардиальный ритмы, зарегистрированные при использовании красного канала, были у ваготоников выше на 28,2% и на 44,5%, чем у нормотоников, а симпатотоников на 25,8% и на 43,2% (таблица 15). Это свидетельствует о том, что активные и пассивные факторы регуляции кровотока регулируются парасимпатическим отделом вегетативной нервной системы.

Таблица 15

Параметры амплитудного спектра показателя микроциркуляции у девушек с разным тонусом вегетативной нервной системы, зарегистрированные с помощью красного канала ($M \pm m$)

Показатели, единицы измерения	Нормотоники	Ваготоники	Симпатотоники
$(A_{\text{эмах}}/3\sigma) \times 100\%$	$15,68 \pm 1,28$	$22,42 \pm 2,21$	$16,37 \pm 1,31$
$(A_{\text{нмах}}/3\sigma) \times 100\%$	$11,31 \pm 0,79$	$14,54 \pm 0,78$	$10,09 \pm 0,73$
$(A_{\text{ммах}}/3\sigma) \times 100\%$	$6,99 \pm 0,78$	$9,51 \pm 1,72$	$5,87 \pm 0,69$
$(A_{\text{дмах}}/3\sigma) \times 100\%$	$3,23 \pm 0,52$	$4,49 \pm 0,91$	$3,33 \pm 0,72$
$(A_{\text{смах}}/3\sigma) \times 100\%$	$2,13 \pm 0,26$	$3,84 \pm 0,87$	$2,18 \pm 0,64$
НТ (отн.ед.)	$3,48 \pm 0,56$	$2,36 \pm 0,32$	$2,57 \pm 0,43$
МТ (отн.ед.)	$5,86 \pm 0,84$	$6,43 \pm 1,19$	$9,01 \pm 1,86$
ПШ (отн.ед.)	$1,79 \pm 0,38$	$2,56 \pm 0,65$	$1,98 \pm 0,42$

Примечание: $(A_{\text{эмах}}/3\sigma) \times 100\%$ – вклад эндотелия в общий уровень тканевой перфузии; $(A_{\text{нмах}}/3\sigma) \times 100\%$ – нейрогенная регуляция тканевой перфузии; $(A_{\text{ммах}}/3\sigma) \times 100\%$ – миогенная регуляция тканевой перфузии; $(A_{\text{дмах}}/3\sigma) \times 100\%$ – вклад дыхательного компонента в регуляцию периферического кровотока; НТ – нейрогенный тонус; МТ – миогенный тонус; ПШ – показатель шунтирования.

В таблицах 16, 17 представлены данные, характеризующие изменение показателей микроциркуляции при проведении окклюзионной пробы, которые были получены с помощью инфракрасного канала.

Согласно анализу ЛДФ-грамм, зарегистрированных у девушек с разным тонусом вегетативной нервной системы с использованием инфракрасного канала во время проведения окклюзионной пробы, было

выявлено, что у ваготоников исходный показатель микроциркуляции ($ПМ_{исх}$) до окклюзии был ниже значения соответствующего показателя, зарегистрированного у симпатотоников на 23,1% соответственно и выше на 41,1%, чем у нормотоников соответственно. Значение показателя микроциркуляции, зафиксированного в процессе развития реактивной постокклюзионной гиперемии ($ПМ_{макс}$), у ваготоников было на 8,0% и на 10,9% выше соответствующего значения, которое было выявлено у нормотоников и симпатотоников (таблица 16). Показатель микроциркуляции, характеризующий восстановление кровотока после проведения окклюзионной пробы ($ПМ_{восст}$), был ниже у ваготоников на 4,5% по сравнению со значением соответствующего показателя, зарегистрированного у нормотоников и выше на 8,9%, чем у симпатотоников, показатель, отражающий резерв кровотока – на 9,2% и на 32,6% (таблица 16).

Таблица 16

Показатели микроциркуляторного кровотока кожи девушек с разным тонусом вегетативной нервной системы, зарегистрированные с помощью инфракрасного канала при проведении окклюзионной пробы ($M \pm m$)

Показатели, единицы измерения	Нормотоники	Ваготоники	Симпатотоники
$ПМ_{исх}$, пф.ед.	$7,99 \pm 0,71$	$13,56 \pm 1,36$	$17,64 \pm 3,56$
$ПМ_{макс}$, пф.ед.	$16,19 \pm 1,21$	$17,49 \pm 1,19$	$15,79 \pm 1,11$
$ПМ_{восст}$, пф.ед.	$12,34 \pm 1,26$	$11,79 \pm 1,29$	$10,74 \pm 1,17$
РКК (%)	$171,83 \pm 29,32$	$152,83 \pm 37,36$	$134,98 \pm 7,64$

Примечание: $ПМ_{исх}$ – среднее значение показателя микроциркуляции в перфузионных единицах (пф.ед.) до окклюзии; $ПМ_{макс}$ – максимальное значение показателя микроциркуляции в процессе развития реактивной постокклюзионной гиперемии; $ПМ_{восст}$ – значение показателя микроциркуляции, характеризующее восстановление кровотока после окклюзии (пф.ед.); РКК – резерв кровотока

Установлено, что исходный показатель микроциркуляции ($ПМ_{исх}$) до окклюзии у ваготоников превышал значение соответствующего показателя нормотоников 41,1% и был ниже на 23,1%, чем у симпатотоников.

Максимальное значение показателя микроциркуляции, зарегистрированное в процессе развития реактивной постокклюзионной гиперемии, у ваготоников было выше значения соответствующего показателя нормотоников на 12,3% и на 19,7% симпатотоников (рис. 13).

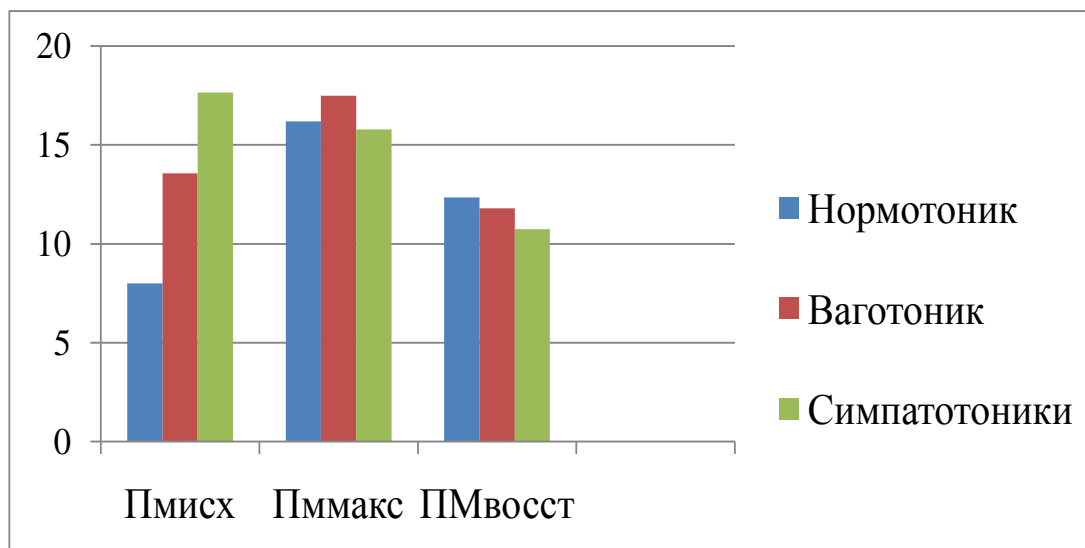


Рис. 13. Отличие зарегистрированных показателей микроциркуляции у девушек с разным тонусом вегетативной нервной системы, зарегистрированные с помощью инфракрасного канала при проведении окклюзионной пробы ($M \pm m$): $PM_{исх}$ – среднее значение показателя микроциркуляции до окклюзии; $PM_{макс}$ – максимальное значение показателя микроциркуляции в процессе развития реактивной постокклюзионной гиперемии; $PM_{восст}$ – значение показателя микроциркуляции, характеризующее восстановление кровотока после окклюзии (пф.ед.)

В таблице 16 представлены данные, свидетельствующие о том, что амплитуды, характеризующие эндотелиальный, нейрогенный, миогенный факторы регуляции кровотока, зарегистрированные при использовании инфракрасного канала, были выше у ваготоников по сравнению со значениями показателей, полученных при изучении нормотоников, на 10,1%, 26,1% и 6,7% соответственно. Амплитуды, характеризующие дыхательный и кардиальный факторы регуляции кровотока, зарегистрированные при использовании инфракрасного канала, были у ваготоников выше на 3,0% и

ниже на 8,9%, по сравнению со значениями соответствующих показателей, полученных при изучении нормотоников (таблица 16). По сравнению с симпатотониками у ваготоников преобладали эндотелиальный, нейрогенный, миогенный факторы регуляции кровотока, зарегистрированные при использовании инфракрасного канала на 31,5%, 36,3%, 42,5%. Амплитуды, характеризующие дыхательный и кардиальный факторы регуляции кровотока, зарегистрированные при использовании инфракрасного канала, были у ваготоников выше на 25,9% и на 46,7% по сравнению со значениями соответствующих показателей, полученных при изучении симпатотоников.

Снижение амплитуд колебаний в процессе развития постокклюзионной реактивной гиперемии может свидетельствовать об уменьшении кровотока в артериолярном и веноулярном звеньях микроциркуляторного русла, а также о снижении активности миогенного компонента регуляции сосудов [Тихонов и др., 2009].

В таблице 17 представлены данные, свидетельствующие о том, что амплитуды, характеризующие эндотелиальный, нейрогенный, миогенный факторы регуляции кровотока, зарегистрированные при использовании инфракрасного канала, были выше у ваготоников по сравнению со значениями показателей, полученных при изучении нормотоников, на 10,1%, 26,1% и 6,7% соответственно. Амплитуды, характеризующие дыхательный и кардиальный факторы регуляции кровотока, зарегистрированные при использовании инфракрасного канала, были у ваготоников выше на 3,0% и ниже на 8,9%, по сравнению со значениями соответствующих показателей, полученных при изучении нормотоников (таблица 16). По сравнению с симпатотониками у ваготоников преобладали эндотелиальный, нейрогенный, миогенный факторы регуляции кровотока, зарегистрированные при использовании инфракрасного канала на 31,5%, 36,3%, 42,5%. Амплитуды, характеризующие дыхательный и кардиальный факторы регуляции кровотока, зарегистрированные при использовании инфракрасного канала,

были у ваготоников выше на 25,9% и на 46,7% по сравнению со значениями соответствующих показателей, полученных при изучении симпатотоников.

Таблица 17

Параметры амплитудного спектра показателя микроциркуляции у девушек с разным тонусом вегетативной нервной системы, зарегистрированные с помощью инфракрасного канала ($M \pm m$)

Показатели, единицы измерения	Нормотоники	Ваготоники	Симпатотоники
$(A_{\max}/3\sigma) \times 100 \%$	$14,07 \pm 1,92$	$20,13 \pm 1,71$	$13,79 \pm 1,67$
$(A_{n\max}/3\sigma) \times 100 \%$	$9,82 \pm 0,94$	$13,09 \pm 1,20$	$8,34 \pm 0,87$
$(A_{m\max}/3\sigma) \times 100 \%$	$6,86 \pm 0,44$	$8,86 \pm 0,78$	$5,09 \pm 0,31$
$(A_{d\max}/3\sigma) \times 100 \%$	$2,93 \pm 0,35$	$4,09 \pm 0,56$	$3,03 \pm 0,46$
$(A_{s\max}/3\sigma) \times 100 \%$	$2,01 \pm 0,19$	$3,92 \pm 0,69$	$2,09 \pm 0,25$
НТ (отн.ед)	$3,67 \pm 0,34$	$2,64 \pm 0,28$	$2,67 \pm 0,32$
МТ (отн.ед)	$5,94 \pm 0,48$	$5,85 \pm 0,52$	$8,76 \pm 1,04$
ПШ (отн.ед)	$1,87 \pm 0,23$	$2,25 \pm 0,36$	$1,76 \pm 0,21$

Примечание: $(A_{\max}/3\sigma) \times 100\%$ – вклад эндотелия в общий уровень тканевой перфузии; $(A_{n\max}/3\sigma) \times 100\%$ – нейрогенная регуляция тканевой перфузии; $(A_{m\max}/3\sigma) \times 100\%$ – миогенная регуляция тканевой перфузии; $(A_{d\max}/3\sigma) \times 100\%$ – вклад дыхательного компонента в регуляцию периферического кровотока; $(A_{s\max}/3\sigma) \times 100\%$ – влияние пульсовых колебаний на микроциркуляцию; НТ – нейрогенный тонус; МТ – миогенный тонус; ПШ – показатель шунтирования.

Установлено, что при проведении окклюзионной пробы у ваготоников нейрогенный тонус был ниже значений соответствующих показателей нормотоников на 32,1%, при регистрации с использованием красного канала, на 28,1% – с использованием инфракрасного канала, миогенный тонус был выше на 8,8%, при записи с помощью красного канала, и ниже на 1,5% – с помощью инфракрасного канала. Показатель шунтирования у ваготоников был выше соответствующих значений показателя нормотоников на 43,0%, при регистрации с использованием красного канала, на 20,3% – с использованием инфракрасного канала.

Установлено, что при проведении окклюзионной пробы у ваготоников нейрогенный тонус ниже значений соответствующих показателей

симпатотоников на 8,2%, при регистрации с использованием красного канала, на 1,1% – с использованием инфракрасного канала, миогенный тонус был ниже на 28,6%, при записи с помощью красного канала, 33,2% – с помощью инфракрасного канала. Показатель шунтирования у ваготоников был выше соответствующих значений показателя симпатотоников на 22,6%, при регистрации с использованием красного канала, на 21,7% – с использованием инфракрасного канала.

Проведенные исследования показали, что у симпатотоников, нормотоников и ваготоников в состоянии покоя при использовании красного и инфракрасного канала преобладали активные и пассивные факторы регуляции кровотока. Эти факторы индуцируют синтез NO эндотелием, который, в свою очередь, воздействуя на гладкую мускулатуру сосудов, вызывает вазодилатацию [Станкевич, 2013].

После проведения функциональной пробы (окклюзии) при регистрации с использованием красного и инфракрасного каналов преобладали нейрогенный тонус, миогенный тонус и показатель шунтирования. Возросший показатель шунтирования указывает на повышение мышечного тонуса прекапилляров, регистрирующие приток крови в нутритивное русло, что свидетельствует о снижении объема крови, поступающего в обменное звено. Повышение миогенного и нейрогенного тонуса, свидетельствует об улучшении циркуляции крови в зоне прекапилляров.

Выводы

1. Установлено, что использование как красного, так и инфракрасного диапазонов длин волн позволяет выявить особенности перфузии ткани кровью, характерные для девушек с различным тонусом вегетативной нервной системы, при проведении изучения микроциркуляции в коже дистальных фаланг II и IV пальцев правой руки.

2. Выявлено, что у симпатотоников в состоянии покоя значение показателя микроциркуляции превышало значение соответствующего показателя у нормотоников на 54,1%, у ваготоников на 9,8% при использовании красного канала для регистрации интенсивности кровотока в микроциркуляторном русле, на 51,7% и на 23,1% – при использовании инфракрасного канала.

3. Выявлено, что у симпатотоников коэффициент вариации был ниже значения соответствующего показателя у нормотоников и ваготоников – на 45,9% и на 47,6% согласно данным, полученным при использовании красного канала, на 16,6% и на 43,1% – при использовании инфракрасного канала.

4. В результате проведения окклюзионной пробы выявили, что при использовании красного канала у ваготоников резерв кровотока является больше, чем у нормотоников и симпатотоников на 9,2% и на 32,6%, и на 12,3% и на 19,7% при использовании инфракрасного канала.

Список использованной литературы

1. Абрамович С. Г., Машанская А. В., Дробышев В. А., Долбилкин А. Ю. Микроциркуляция у здоровых людей // Медицина и здравоохранения. 2015. № 2. С. 2–7.
2. Агаджанян Н. А. Учение о здоровье и проблемы адаптации. С.: Изд-во СГУ, 2000. 204 с.
3. Аитова Е. Н. Лечебные грязи в косметическом кабинете // Экспериментальная и клиническая дерматокосметология. 2004. № 5. С.41–45.
4. Анализатор лазерный микроциркуляции крови компьютеризированный ЛАКК-02. Инструкция. М.: НПП «Лазма». 2005. 32 с.
5. Анютин Р. Г. Нормотивные значения параметров микроциркуляции крови в слизистой оболочке полости носа и ротоглотки по данным лазерной доплеровской флуометрии // Физиология человека. 2008. Т. 27, №3. С 23–27.
6. Ахмедова Э. Б. Определение нарушений вегетативной нервной системы в кардиологической практике: фокус на анализ variability сердечного ритма // Рациональная фармакотерапия и кардиологии. 2015. Т.11, № 4. С. 426–429.
7. Бабошина Н. В. Особенности системы микроциркуляции у лиц подросткового и юношеского возраста // Медицина и здравоохранения. Ярославль. 2017. № 7. С. 4–7.
8. Баевский Р. М. Variability сердечного ритма: теоретические аспекты и возможности клинического применения // Ультразвуковая и функциональная диагностика. 2001. № 3. С. 108.
9. Баевский Р. М. Анализ variability сердечного ритма при использовании различных электрокардиографических систем (методические рекомендации) // Вестник аритмологии. 2001. № 24. С. 65–87.

10. Баевский Р. М. Проблема оценки и прогнозирования функционального состояния организма и ее развития в космической медицине // Успехи физиологических наук. 2006. Т. 37, №3. С.42–57.

11. Баевский Р. М., Черникова А. П. Анализ variability сердечного ритма: физиологические основы и основные методы проведения // Институт медико-биологических проблем Российской академии наук. Москва. 2017. Выпуск 10. С. 65 – 80.

12. Бархатов И. В. Оценка системы микроциркуляции крови методом лазерной доплеровской флоуметрии // Клиническая медицина. 2015. № 13. С. 21–27.

13. Бойцов С. А., Белозерцева И. В., Кучмин А. Н. Возрастные особенности изменения показателей variability сердечного ритма у практически здоровых лиц // Вестник аритмологии. 2000. № 26. С. 57– 60.

14. Валеева А. М., Утюпина К. Ю., Сорокин О. В. Динамика изменения длительности сердечного цикла у ваготоников в ходе кардиобиоуправления // Материалы ежегодной конкурс-конф. студентов и молодых учёных «Авиценна-2013». Новосибирск : Сибмедиздат НГМУ. 2013. С. 262.

15. Васильев А. П., Стрельцова Н. Н. Возрастные особенности микрогемодициркуляции // Регионарное кровообращение и микроциркуляция. 2012. Т. 11, № 4. С 23– 26.

16. Васильева Л. В., Матвеев В. Ю., Онегова Н. В. Анализ травматизма и профессиональной заболеваемости работников Нижегородской области // Фундаментальные исследования. 2014. № 6. С. 34–42.

17. Воронин И. М., Бирюкова Е. В. Variability сердечного ритма у здоровых людей во время ночного сна // Физиология человека. 2006. Т.32, №3. С. 258– 263.

18. Вчерашний Д. Б., Ерофеев Н. П., Новосельцев С. В. Возможности и ограничения метода лазерной доплеровской флоуметрии // Научные ведомости. Фармация. 2014. № 24. С. 35–41.
19. Глазачев О. С., Классина С. Я., Орлова М. А. Особенности реакции микроциркуляторного русла здорового человека на моделируемое психоэмоциональное напряжение // Физиология человека. 2015. Т. 33, № 4. С. 33–40.
20. Грибанов А. В., Гудков А. Б., Попова О. Н., Крайнова И. Н. Кровообращение и дыхание у школьников в циркумполярных условиях: монография. Сев. (Арктич.) федер. Ун-т им. М.В. Ломоносова. Архангельск: САФУ, 2016. 270 с.
21. Гурова О. А., Станишевская Т. И. Реактивность системы микроциркуляции у девушек при тепловой пробе // Регионарное кровообращение и микроциркуляция. 2006. Т.5, №1. С.58– 63.
22. Давыдова А. В., Морисов А. В., Утц С. Р., Меглинский И. В., Лычагов В. В. Оценка состояния микроциркуляторного русла кожи лица методом лазерной доплеровской флоуметрии // Саратовский научно-медицинский журнал. 2012. №2. С. 615–621.
23. Данбаев С. У. Особенности вегетативной нервной системы у лиц с суицидальным поведением // Фундаментальные исследования. 2008. №10. С. 37– 39.
24. Дмитриев Д. А., Карпенко Ю. Д., Дмитриев А. Д. Исследование показателей функционального состояния вегетативной нервной системы в разных психоэмоциональных условиях в зависимости от индекса массы тела // Фундаментальные исследования. 2012. №11. С. 1329–1333.
25. Жеребцова А. И. Оценка взаимосвязи параметров микроциркуляции крови и накожной температуры при окклюзионной пробе // Теория и практика биомедицины. 2015. №2. С. 15–21.
26. Зайчик А. Ш. Основы патохимии (Учебник для студентов медицинских вузов) СПб.: ЭЛБИ-СПб. 2001. С. 17–21.

27. Казарина Л. Н., Болсуновский С. М. Влияние статинов на микроциркуляцию тканей пародонта у больных метаболическим синдромом // Медицина. 2016. № 2. С. 43–50.

28. Карпенко Ю. Д. Особенности функционального состояния сердечно-сосудистой системы у студентов в разных психоэмоциональных условиях в зависимости от их антропометрических показателей // Фундаментальные исследования. 2011. № 9. С. 335–338.

29. Кирилина Т. В. Исследование физиологических механизмов формирования колебаний кровотока в микроциркуляторном русле кожи человека: автореф. дис. канд. биол. наук (03.03.01). Ярославль, 2010. 18 с.

30. Кирилина Т. В., Красников Г. В., Танканаг А. В. и соавт. Респираторно-зависимые колебания кровотока в системе микроциркуляции кожи человека // Регионарное кровообращение и микроциркуляция. 2014. № 2(30). С. 58–62.

31. Коровкина А. Н. Оценка взаимосвязи функционально – динамического состояния вегетативной нервной системы с регуляцией тонуса периферического отдела сосудов верхних конечностей // Естественные и медицинские науки. 2016. № 4. С. 39–45.

32. Козлов В. И. Система микроциркуляции крови: клинимоρφологические аспекты изучения // Регионарное кровообращение и микроциркуляция. 2006. Т. 5, № 17. С. 84–101.

33. Козлов В. И., Гурова О. А. Динамика микроциркуляторных реакций при тепловой пробе // Материалы третьего всеросс. симп. «Применение лазерной доплеровской флоуметрии в медицинской практике». Москва. 2000. С. 77–78.

34. Козлов В. И., Азизов Г. А., Гурова О. А., Литвин Ф. Б. Лазерная доплеровская флоуметрия в оценке состояния и расстройств микроциркуляции крови // Методическое пособие для врачей. Москва. 2012. С. 5–30.

35. Куприянов В. В., Караганов Я. Л., Козлов В. И. Микроциркуляторное русло. М.: Медицина, 1975. 45 с.
36. Крупаткин А. И. Влияние симпатической иннервации на тонус микрососудов и колебания кровотока кожи // Физиология человека. 2006. Т. 32, № 5. С. 95–104.
37. Лазерная доплеровская флоуметрия микроциркуляции крови // Под ред. Крупаткин А. И., Сидоров В. В. М: Медицина, 2005. 123 с.
38. Литвин Ф. Б. Морфофункциональная перестройка системы микроциркуляции у детей, подростков и юношей, проживающих в местах с разными радиоэкологическими условиями: дис. докт. биол. наук (03.00.13, 14.00.02). Москва. 2006. 320 с.
39. Макаренко Н. В., Лизогуб В. С. Профессиональный психофизиологический отбор и Высшая нервная деятельность // Материалы III съезда физиологов СНГ. Ялта. 2011. С. 96.
40. Михайлов П. В., Осетров И. А., Афанасьев В. В., Муравьев А. А., Ахапкина А. А. Возрастные особенности изменений микроциркуляторных характеристик в ответ на дозированную физическую нагрузку // Фундаментальные исследования. 2012. Т. 3, № 2. С. 119–123.
41. Михайлов В. М. Вариабельность ритма сердца: опыт практического применения // Иваново: Иван. гос. мед. академия., 2002. 290 с.
42. Муравьев А. В., Михайлов П. В., Тихомирова И. А. Микроциркуляция и гемореология: точки взаимодействия // Фундаментальные исследования. 2017. Т 16, №2. С. 90–100.
43. Назарова А. В. Характеристика микроциркуляторных расстройств при гипертонической болезни во взаимосвязи с поражением органов-мишеней и сопутствующей ишемической болезни сердца // Медицина. Иванова. 2015. 176 с.
44. Наумова В. В., Земцова Е. С. Особенности медленных колебаний гемодинамики у мужчин и женщин // Физиология человека. 2009. Т. 35, №5. С. 47–53.

45. Начала физиологии / Под ред. Ноздрачев А. Д. М: Медицина, 2002. 1088 с.
46. Ослякова А. О., Терехин С. С., Тихомирова И. А. Оценка состояния микроциркуляции у лиц с разным уровнем тренированности // Материалы IX съезда физиологов. Ярославль. 2010. С. 33.
47. Орасмяэ Т. Т., Глаголева Е. Н. Улучшение микроциркуляции кожи как часть эстетической корреляции внешних проявлений старения // «Экспериментальная и клиническая дерматология». Санкт-Петербург. 2011. №3. С. 52–53.
48. Орешников Е. В., Тихонов В. Ф., Агафонкина Т. В. Вариабельность сердечного ритма спортсменов // Физиология человека. 2014. Т. 35, № 4. С. 139–141.
49. Орлова Н. И. Нарушение микроциркуляции у пациентов с дисплазией соединительной ткани: механизмы формирования, клиническое значение // Современные проблемы науки и образования. 2016. № 6. С. 1–7.
50. Подзолков В. И., Васильева Л. В., Матвеев В. В., Колесниченко Н. А. Гендерные особенности микроциркуляции у здоровых лиц и пациентов с начальной стадией артериальной гипертензии // Рациональная фармакотерапия в кардиологии. 2012. Т. 6, №8. С. 746–751.
51. Покровский В. М. Иерархическая организация формирования ритма сердца в целом организме // Клинич. физиология кровообращения. 2006. № 1. С. 22–27.
52. Покровский В. М. Формирование ритма сердца в организме человека и животных. Краснодар: Кубань-книга. 2007. 144 с.
53. Поленов С. А. Основы микроциркуляции // Регионарное кровообращение и микроциркуляция. 2008. Т. 7, № 1(25). С. 5–19.
54. Родионов И. М., Тарасова О. С., Кошелев В. Б. Адаптация резистивных сосудов к уровню трансмурального давления // Рос. физиолог. журн. им. И.М. Сеченова. 2001. Т. 87, №11. С. 1477–1487.

55. Рябыкина Г. В. Вариабельность ритма сердца. М.: Оверлей. 2000. 200 с.
56. Сиротин Б. З., Жмеренецкий К. В. Микроциркуляция при сердечно-сосудистых заболеваниях: монография. Хабаровск: Изд-во ДВГМУ, 2008. 156 с.
57. Сорокин О. В., Хаданов А. И., Коротков К. Г., Куликов В. Ю. Фотоэлектронная (ГРВ) эмиссия как отражение микроциркуляторных флуктуаций // Медицина и образование: сетевое научное издание Новосибирского государственного медицинского университета. 2010. № 1. С. 58.
58. Станкевич А. В., Ахапкина А. А., Тихомирова И. А. Функциональные пробы в оценке резервных возможностей кровотока у спортсменов // Ярославский педагогический вестник. 2013. Т. 3, №4. С. 190–194.
59. Струтынский А. В. Электрокардиограмма. Анализ и интерпретация // 14-е изд. М.: МЕДпресс-информ, 2012. 224 с.
60. Тенева Е. В. Синдром ускоренного старения у ветеранов боевых действий, страдающих артериальной гипертонией. Дис ... канд. мед. наук. Самара, 2016. 175 с.
61. Терехин С. С., Станкевич А. В., Тихомирова И. А., Муравьев А. В. Возможности метода лазерной доплеровской флоуметрии в оценке половых отличий и возрастных изменений гемомикроциркуляции // Ярославский педагогический вестник. 2013. Т.2, № 1. С. 100–106.
62. Тихонова И. В., Косякова Н. И., Чемерис Н. К. Оценка возрастных изменений регуляции периферического кровотока у человека // Рос.физиол. журн. им. И.М. Сеченова. 2005. Т. 9, № 11. С. 1305–1311.
63. Тихонова И. В., Танканаг А. В., Чемерис Н. К. Динамика амплитуд колебаний периферического кровотока в процессе развития постокклюзионной реактивной гиперемии у условно-здоровых добровольцев // Регионарное кровообращение и микроциркуляция. 2009. № 8. С. 31–35.

64. Трибрат Н. С., Чуюн Е. Н. Миогенные реакции микроциркуляторного русла кожи при действии низкоинтенсивного электромагнитного излучения крайне высокой частоты // Учебные записки Таврического национального университета им. В. Н. Вернадского. 2014. Т. 27, № 1. С. 197–206.

65. Филина М. А., Потапова Е. В., Маковик И. Н., Жарких Е. В. Функциональные измерения микроциркуляции крови в коже стопы при тепловых пробах у пациентов с сахарным диабетом // Физиология человека. 2017. Т. 43, №. 6. С. 95–102.

66. Ханина Ю. С., Лобанов С. Л., Герасимов А. А. Особенности течения послеоперационного периода у женщин в зависимости от индекса массы тела после лапароскопической холецистэктомии // Медицина и здравоохранение. 2008. №4. С. 131–132.

67. Цехмистренко Т. А., Станишевская Т. И. Индивидуально-типологические особенности состояния микроциркуляции крови у девушек // Регионарное кровообращение и микроциркуляция. 2006. № 1 (17). С. 51–57.

68. Шишко В. И. Вегетативная регуляция сердечной деятельности // Медицина и здравоохранение. 2009. №3 (27). С. 6–8.

69. Шурубей В. А., Ткаченко С. Б., Теплюк Н. П. Исследование микроциркуляции кожи лица и век у больных розацеа методом лазерной доплеровской флоуметрии // Регионарное кровообращения и микроциркуляция. 2016. Т.15, № 2. С. 40–44.

70. Щуров В. А., Сазонова Н. В. Возрастные изменения показателей периферического кровотока нижних конечностей // Гений ортопедии. 2009. № 1. С.62–64.

71. Хмельницкий И. В., Горбачев В. И. Вариабельность ритма сердца при проведении анестезиологического пособия // Клиническая электрофизиология. Иркутск. 2016. Т. 13, № 2. С. 96–102.

72. Хугаева В. К. Реальные закономерности микроциркуляции // «НИИ общей патологии и патофизиологии». 2013. Т. 11, № 2. С. 32–41.

73. Яблучанский Н. И., Мартыненко А. В. Вариабельность сердечного ритма. В помощь практическому врачу. Харьков: КНУ, 2010. С. 1–31.
74. Яковлев Г. М. Звуковой метод измерения артериального давления Н.С. Короткова и взгляды Н.Н. Савицкого // Медицина и здравоохранение. 2005. Т. 11, №2. С. 79–82.
75. Agelink M. W., Malessa R., Baumann B., Majewski T., Akila F., Seit T., Ziegler D. Standardized tests of heart rate variability: Normal ranges obtained from 309 healthy humans, and effects of age, gender, and heart rate / M. W. Agelink, // *Clinical Autonomic Research*. 2001. №11(2). P. 99–108.
76. Bernardi L., Salvucci F., Suardi R. et al. Evidence for an intrinsic mechanism regulating heart rate variability in the transplanted and the intact heart during submaximal dynamic exercise // *Cardiovasc. Res*. 1990. №24. P. 969–981.
77. Carney R. M., Blumenthal J. A., Stein P. K., Catellier L. D., Berkman L. F., Czajkowski S. M., Connor C. O., Stone P. H., Freedland K. E. Watkins Depression, heart rate variability, and acute myocardial infarction // *Circulation*. 2001. Vol. 104. P. 2024.
78. Charkoudian N. Reflex control of cutaneous vasoconstrictor system is reset by exogenous female reproductive hormones // *J. Appl. Physiol*. 1999. Vol. 87. P. 381–385.
79. Kuo T. B., Lin T., Yang C. C., Li C. L., Chen C. F., P. Chou Effect of aging on gender differences in neural control of heart rate // *Am. J. Physiol*. 1999. Vol. 227 (6 Pt 2),N 12. P. 2233–2239.
80. Kvandal P. A. Stefanovska M., Veber M. Regulation of human cutaneous circulation evaluated by laser Doppler flowmetry, iontophoresis, and spectral analysis: importance of nitric oxide and prostaglandines // *Microvasc. Res*. 2003. Vol. 65. P. 160–171.
81. Lampert R. S., Baron J., McPherson C. A. & Lee F. A. Heart rate variability during the week of September 11, 2001 // *Journal of the American Medical Association*. 288. P. 575.

82. Lowensohn R. I. Hon E.H. Heart-rate variability in brain-damaged adults // *Lancet*. 1977. Vol. 1. P. 626–628.
83. Meyer M., Jeffrey F., Robert F. Fall Ainina and Sarah T. Beaton. 2003.
84. Serné E. H. Microvascular dysfunction: a potential pathophysiological role in the metabolic syndrome // *Hypertension*. 2007. Vol. 50. № 1. P. 204– 211.
85. Stefanovska A., Bracic M. Physics of the human cardiovascular system // *Contemporary Physics*. 1999. Vol. 40, №1. P. 31–35.
86. Tabara Y. et al. Effects of obesity and smoking on mental stress-induced blood pressure and augmentation index responses in normotensive young males: the J-SHIP study // *Hypertens. Res*. 2008. Vol. 31. P. 1219–1224.
87. WHO Expert Consultation. Appropriate Body-mass Index for Asian Populations and its Implications for Policy and Intervention Strategies // *Lancet*. V. 363. P. 157–163.