

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«СЕВЕРНЫЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ МЕДИЦИНСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
МИНИСТЕРСТВА ЗДРАВООХРАНЕНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

На правах рукописи

Коробицына

Коробицына Елена Владимировна

**ФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ РЕАКЦИИ СЕРДЕЧНО-СОСУДИСТОЙ
СИСТЕМЫ НА ЛОКАЛЬНОЕ ОХЛАЖДЕНИЕ КОЖИ КИСТИ И
СТОПЫ**

1.5.5. – Физиология человека и животных

ДИССЕРТАЦИЯ

на соискание ученой степени
кандидата биологических наук

Научный руководитель:
доктор медицинских наук,
профессор А.Б. Гудков

Архангельск - 2022

СОДЕРЖАНИЕ

СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ И УСЛОВНЫХ ОБОЗНАЧЕНИЙ	3
ВВЕДЕНИЕ	5
Глава 1. ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ	13
1.1. Холод как ведущий природно-климатический фактор Севера.....	13
1.2. Физиологические реакции организма человека на локальное холодное воздействие.....	31
Глава 2. МЕТОДОЛОГИЯ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ	45
2.1. Организация исследования	45
2.2. Методы исследования	48
2.3. Статистическая обработка результатов	57
Глава 3. РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ	58
3.1. Реакция показателей центральной гемодинамики на локальное охлаждение кожи кисти и стопы	58
3.2. Изменение периферической гемодинамики при локальном охлаждении кисти и стопы	77
3.3. Реакция интегральных показателей гемодинамики на локальное охлаждение кисти и стопы.....	83
3.4. Сравнительные исследования реакции системы кровообращения у юношей и девушек	90
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	92
ВЫВОДЫ.....	96
ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ.....	98
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ	99

СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ И УСЛОВНЫХ ОБОЗНАЧЕНИЙ

- АД – артериальное давление, мм рт.ст.
- АДд – диастолическое артериальное давление, мм рт. ст.
- АДс – систолическое артериальное давление, мм рт. ст.
- АДср – среднее артериальное давление, мм рт. ст.
- АР – адаптационный резерв, у.е.
- ВОЛ – отклонение от нормы волемиического статуса, %
- ДЗЛА – давление заклинивания легочной артерии, мм рт.ст.
- ИБ – интегральный баланс, %
- ИНО – отклонение от нормы сократимости левого желудочка, %
- ИСИ – индекс состояния инотропии, 1/сек²
- ИСМ – индекс сократимости миокарда, 1/сек
- КДИ – конечный диастолический индекс левого желудочка, мл/м²
- КДО – конечный диастолический объем, мл
- КСО – конечный систолический объем, мл
- КНМ – коэффициент напряжения миокарда, у.е.
- КР – кардиальный резерв, у.е.
- МИРЛЖ – минутный индекс работы левого желудочка, кг×м/мин/м²
- МОК – минутный объем кровообращения, л/мин
- МТ – масса тела, кг
- ОПСС – общее периферическое сопротивление сосудов, дин×с⁻¹×см⁻⁵
- ПД – пульсовое давление, мм рт.ст.
- ПИПСС – пульсовой индекс периферического сосудистого сопротивления,
10⁻³ × дин × сек/см⁵/м²
- ППТ – площадь поверхности тела, м²
- ПО₂ – потребление кислорода, мл/мин
- Р – длина тела, см
- СИ – сердечный индекс, л/мин/м²
- УИ – ударный индекс, мл/уд./м²

УИРЛЖ – ударный индекс работы левого желудочка, $\text{г}\times\text{м}/\text{уд}/\text{м}^2$

УО – ударный объем сердца, мл/уд.

ФВ – фракция выброса левого желудочка, %

ЦВД – центральное венозное давление, мм рт.ст

ЧСС – частота сердечных сокращений, уд./мин.

CaO_2 – содержание кислорода в артериальной крови, мл/100мл

DO_2I – индекс доставки кислорода, мл/мин/ м^2

Hb – гемоглобин артериальной крови, г/л

LVET – период изгнания левого желудочка (Left Ventricular Ejection Time),
мсек

PaO_2 – парциальное давление кислорода в плазме артериальной крови, мм
рт.ст

PEP – время электрической систолы левого желудочка (Pre Ejection Period),
мсек

SpO_2 – насыщение кислородом артериальной крови (сатурация), %

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность исследования

Россия – самая большая по площади и самая холодная страна в мире [190]. К сухопутным территориям Арктической зоны Российской Федерации относятся почти 4,8 млн. км², что составляет 28% площади страны [235]. Ведущим фактором, определяющим специфику Севера, является холод [9, 82, 186, 336]. По мнению Чащина (1998) холодовой фактор следует считать национальной проблемой России.

Система кровообращения одна из первых включается в компенсаторно-адаптационные реакции, направленные на приспособление организма к природноклиматогеографическим факторам окружающей среды, включая и влияние холода, что имеет важное значение в поддержании постоянства внутренней среды организма [41, 114, 236, 322, 316, 343].

В естественных природно-климатических условиях Севера, а также в условиях производственной среды у человека влиянию локального холодового воздействия подвержены не только верхние дыхательные пути и лицо, но и кисти рук и стопы, что определяет состояние кардиореспираторной системы, и, в конечном итоге, отражается на уровне физической работоспособности [11, 50, 80, 295, 310].

Степень разработанности

В настоящее время в литературе имеются сведения о влиянии локального охлаждения кожи рук и стоп на показатели функции внешнего дыхания [78, 132, 182, 259, 281, 321], а также межлопаточной области на биоэлектрическую активность головного мозга [83, 178]. В то же время, работы по влиянию локального охлаждения кожи на сердечно-сосудистую систему носят единичный характер [64, 151, 197, 201, 300], кроме того, результаты обследования сердечно-сосудистой системы в условиях локального охлаждения кожи кисти получены только у мужчин [84, 92, 115,

226], в то время как, сведения о реакции сердечно-сосудистой системы на локальное охлаждение кожи рук у женщин, а также сведения о влиянии на сердечно-сосудистую систему локального охлаждения кожи стопы практически отсутствуют.

Также следует подчеркнуть, что современная аппаратура позволяет регистрировать целый комплекс разнообразных показателей, характеризующих состояние сердечно-сосудистой системы (центральная и периферическая гемодинамика, интегральные показатели гемодинамики), что расширяет возможности в получении новых сведений для анализа и обобщения.

Исходя из этого изучение физиологических реакций сердечно-сосудистой системы на локальное охлаждение кожи кистей и стоп имеет важное как научное, так и практическое значение, что и побудило провести настоящее исследование.

Цель и задачи исследования. Цель работы – выявить характерные особенности реакций сердечно-сосудистой системы при локальном холодом воздействии различной температуры (24, 15 и 8°C) на кожу кисти и стопы.

Для реализации поставленной цели решались следующие задачи:

1. Исследовать реакции центральной гемодинамики на локальное охлаждение кисти и стопы при различной температуре у юношей и девушек.
2. Определить реакции периферической гемодинамики на локальное охлаждение кожи кисти и стопы различной температурой.
3. Выявить реакции интегральных показателей гемодинамики на локальное охлаждение кисти и стопы при различной температуре у обследуемого контингента.
4. Провести сравнительные исследования реакции системы кровообращения у юношей и девушек на локальное охлаждение кисти и стопы.

Научная новизна исследования

Получены новые данные о характерных особенностях центральной гемодинамики, периферического кровообращения, а также интегральных показателей гемодинамики юношей и девушек, родившихся и проживающих на территории Европейского Севера в условиях локального охлаждения кожи кисти и стопы. Впервые выявлены различия в физиологических реакциях сердечно-сосудистой системы на локальное охлаждение кожи кисти и стопы между юношам и девушками: у девушек происходят более выраженные изменения показателей центральной и периферической гемодинамики, а также интегральных показателей. Впервые установлено, что локальное охлаждение кожи кисти и стопы приводит к снижению сократимости миокарда (отрицательный инотропный эффект) и постнагрузки (сосудистого тонуса), и как следствие, снижению насосной функции сердца. Впервые выявлено, что холодовая стимуляция периферических терморепцепторов кожи кисти и стопы вызывает отрицательный хронотропный эффект. Впервые установлено, что у юношей и девушек при воздействии низких температур на кожу кисти статистически значимо увеличиваются показатели кардиального и адаптационного резерва.

Теоретическая и практическая значимость исследования

Данная работа позволила расширить представление о компенсаторно-приспособительных реакциях организма при локальном холодовом воздействии, а также дополнить сведения в рамках экологической физиологии человека. Результаты исследования, представленные в работе, имеют важное значение для теоретических основ медицины.

Сведения о воздействии на систему кровообращения локального охлаждения кожи кистей и стоп могут быть использованы в качестве научного материала в учебном процессе на кафедрах нормальной физиологии и гигиены, терапевтических кафедрах медицинских вузов для

обучения студентов, а также врачей на факультетах последипломного образования (усовершенствование, специализация).

Полученные данные о реакциях сердечно-сосудистой системы на локальное охлаждение кисти и стопы в зависимости от интенсивности холодового воздействия могут использоваться в работе ряда научно-исследовательских институтов, в педагогическом процессе в вузах, а также для разработки рекомендаций по рациональному режиму труда и отдыха. Сведения о влиянии на сердечно-сосудистую систему локального охлаждения кистей и стоп могут учитываться в технических заданиях на разработку новых образцов спецодежды для работающих в северных регионах, а также для подбора кадров для работы на Крайнем Севере и территориях, приравненных к Крайнему Северу.

Методология и методы исследования

Диссертационное исследование базировалось на трудах отечественных и зарубежных ученых по теории адаптации [5, 118, 161, 204], теории функциональных систем [220]. В работе использовалась тетраполярная трансторакальная реокардиография по методу Кубичека в модификации Шрамека-Бернштейна [271]. Кроме того, стрессорное воздействие климатогеографических условий Севера моделировалось при помощи одноминутного локального холодового воздействия при различной температуре [296].

Положения, выносимые на защиту:

1. Локальное холодовое воздействие на кожу кисти и стопы приводит к выраженным изменениям центральной и периферической гемодинамики, а также интегральных показателей гемодинамики.
2. Наибольшие изменения наблюдаются при охлаждении стоп.

3. При локальном охлаждении кистей и стоп у девушек происходят более значительные изменения в деятельности сердечно-сосудистой системы по сравнению с юношами.

Внедрение

Материалы исследования внедрены в учебный процесс и используются в рамках преподавания темы «Влияние факторов окружающей среды на организм человека в экстремальных экологических условиях» на кафедре физиологии для студентов лечебного факультета медицинского института при ГБОУ ВПО «Сургутский государственный университет Ханты-Мансийского автономного округа – Югры» (акт внедрения от 3 октября 2016 года). Результаты исследования включены в учебный процесс (лекции, практические занятия) студентов и аспирантов БУ ВО Ханты-Мансийского автономного округа Югры «Ханты-Мансийская медицинская академия» в преподавании дисциплин «физиология», «патофизиология, клиническая патофизиология» (акт внедрения от 10 октября 2016 г.). Материалы диссертационной работы внедрены в учебный процесс кафедры гигиены и медицинской экологии ФГБОУ ВО «Северного государственного медицинского университета» для студентов 3 курса лечебного факультета и факультета медицинской профилактики в рамках изучения темы «Акклиматизация человека на Севере» (акт внедрения 10 ноября 2016 г.). Полученные данные используются в научно-исследовательской работе Института медико-биологических исследований ФГАОУ ВО «Северный (Арктический) федеральный университет имени М.В. Ломоносова» для сравнительной оценки результатов, полученных в других работах (акт внедрения от 27 октября 2016 г.).

Степень достоверности и апробация работы

Достоверность результатов исследования подтверждается объемом фактического материала, и использованием современных

сертифицированных методов исследования и статистической обработки данных. Результаты работы докладывались и обсуждались на научно-практической конференции «Адаптация и здоровье человека на Севере», секция «Адаптация организма человека и здоровьесберегающие технологии в условиях Севера и Арктики» (г. Архангельск, 2014); Молодежном медицинском научно-образовательном форуме «Медицина будущего – Арктике» VII Архангельской международной медицинской научной конференции молодых ученых и студентов (г. Архангельск, 2014); Международной научно-практической конференции «Теоретические и практические аспекты развития научной мысли в современном мире» (г. Уфа, 2015); научно-практической конференции «Физиология человека на Севере» в рамках месяца молодежной науки в САФУ (г. Архангельск, 2015); II Международном молодежном медицинском форуме «Медицина будущего – Арктике» (VIII Архангельской международной медицинской научной конференции молодых ученых и студентов) (г. Архангельск, 2015); Международной научно-практической конференция «Новая наука: теоретический и практический взгляд» (г. Стерлитамак, 2015); научно-практической конференции «Адаптация и здоровье человека на Севере» в рамках месяца молодежной науки в САФУ им. М.В. Ломоносова (г. Архангельск, Институт медико-биологических исследований САФУ, 2016); III Международном молодежном медицинском форуме «Медицина будущего – Арктике» (IX Архангельская международная медицинская научная конференция молодых ученых и студентов) (г. Архангельск, СГМУ, 2016); XLV Ломоносовские чтения (Итоговая научная сессия Северного государственного медицинского университета «М.В. Ломоносов и традиции Арктической медицины, посвященная 305-летию со дня рождения М.В. Ломоносова») (г. Архангельск, СГМУ, 2016); научно-практической конференции «Физиологические особенности развития человека в циркумполярных условиях» в рамках Дней российской науки (г. Архангельск, Институт медико-биологических исследований САФУ, 2017); IV

Международном молодежном медицинском форуме «Медицина будущего – Арктике» (X Архангельская международная медицинская научная конференция молодых ученых и студентов) (г. Архангельск, СГМУ, 2017); II Всероссийской научно-практической конференции «Агаджаньяновские чтения = Aghajanian's reading», (Москва, 2018); V Международном молодежном медицинском форуме «Медицина будущего – Арктике» (XI Архангельская международная медицинская научная конференция молодых ученых и студентов) (г. Архангельск, СГМУ, 2018); L Ломоносовские чтения, посвященные 310-летию со дня рождения М.В. Ломоносова (Итоговая научная сессия Северного государственного медицинского университета «От идей М.В. Ломоносова к современным инновациям: новые технологии в медицине») (г. Архангельск, СГМУ, 2021).

Апробация диссертации состоялась 16.05.2022 (протокол № 3) на расширенном заседании кафедры гигиены и медицинской экологии ФГБОУ ВО СГМУ Минздрава России (г. Архангельск).

Личное участие автора в получении результатов

Автором определена проблема, поставлены цель и задачи исследования. Освоены методы, проведен сбор материала, составлены базы данных, выполнена статистическая обработка результатов. Написаны тексты научных публикаций, диссертации и автореферата.

По материалам диссертации опубликовано 13 научных работ, из них 5 статей включено в перечень ВАК и/или в наукометрические базы Scopus.

Соответствие диссертации паспорту научной специальности

Диссертация соответствует следующим областям паспорта специальности «Физиология»:

п. 3 – исследование закономерностей функционирования основных систем организма (нервной, иммунной, сенсорной, двигательной, крови,

кровообращения, лимфообращения, дыхания, выделения, пищеварения, размножения, внутренней секреции и др.);

п. 8 – изучение физиологических механизмов адаптации человека к различным географическим, экологическим, трудовым и социальным условиям.

Легитимность исследования

Дизайн обследования одобрен Локальным этическим комитетом Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Северный государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации (протокол № 9/12 - 13 от 11.12.2013 г.).

Структура и объем диссертации

Диссертация изложена на 138 страницах машинописного текста и состоит из введения, трех глав (обзор литературы, организация, объем и методы исследования, результаты собственных исследований и их обсуждение), заключения, выводов, практических рекомендаций и списка литературы. Библиографический указатель литературы включает 346 источников, из которых 263 отечественных и 83 зарубежных публикаций. Работа содержит 17 таблиц и иллюстрирована 11 рисунками.

Глава 1. ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

1.1. Холод как ведущий природно-климатический фактор Севера

Север России является территорией с дискомфортными и экстремальными природно-климатическими условиями для проживания и осуществления трудовой деятельности. На территории Российской Федерации в климатогеографическом отношении выделяют Азиатский Север (Тюменская, Томская, Камчатская, Магаданская, Сахалинская области) и Европейский Север (Мурманская, Архангельская и отчасти Вологодская области, а также Республика Карелия и Республика Коми) [84]. Европейский Север занимает более 1 млн. кв. км, или 8,1 % всей территории России, значительную часть которого (около 40%) составляет Архангельская область и Ненецкий автономный округ (587,3 тыс. кв. км) [154, 228].

Три фактора формируют климат Севера: радиационный (приход и рассеивание солнечной тепловой энергии на поверхности Земли и в атмосфере), циркуляционный (движение масс воздуха морского или континентального происхождения), а также вертикальный тепло- и влагообмен (в атмосфере, верхнем слое почвы, воды, снежном и ледяном покрове, а также между ними [34, 96].

В научной литературе природно-климатические факторы Севера подразделяют на специфические, свойственные исключительно северным территориям, и неспецифические [233, 234]. К факторам, неспецифическим для северных территорий, которые встречаются и в других районах Земли, относятся холод, низкая абсолютная и высокая относительная влажность воздуха, тяжелый аэродинамический режим. Специфические факторы Севера – это изменение фотопериодизма, значительные и быстрые во времени колебания атмосферного давления и электромагнитных излучений [6, 57, 76, 83, 243, 290, 292, 320, 346]. Негативное влияние факторов этой группы

практически не могут быть блокированы социальными и другими методами защиты. По этой причине проживание в условиях Севера, предъявляя к организму человека повышенные требования, вынуждает его применять специальные способы защиты от отрицательного воздействия этих факторов [126, 158, 236, 242, 246, 248, 274, 324, 330, 331]. Адаптация человека к этим условиям происходит за счет напряжения и комплексной перестройки систем гомеостаза организма [3, 8, 10, 12, 32, 71, 157, 175, 241].

На современном этапе получено достаточно много сведений, характеризующих природно-климатические особенности Севера, способные оказывать влияние на состояние здоровья и работоспособность человека [14, 18, 23, 58, 59, 72, 77, 137, 167, 190, 209, 242, 294, 299].

Ведущую роль в условиях Севера играет холод [21, 38, 74, 119, 251], под которым понимают комплекс погодных условий, влияние которых на организм человека сопровождается опасностью развития различных нарушений теплового гомеостаза или холодовой травмы [219, 247, 250].

Холод определяется не только абсолютными значениями низких температур, но в большей степени охлаждающим влиянием окружающей среды на организм [4, 48, 150]. Охлаждающий фактор на Севере проявляется в слабости солнечного тепла, в температурном и ветровом режимах [9, 122, 150, 184, 240, 241, 318].

В зимнее время года температурный статус северных территорий детерминируется Атлантическим переносом тепла, в связи с чем температура воздуха падает с запада на восток (средняя температура января находится в пределах от $-9\text{ }^{\circ}\text{C}$ до $-21\text{ }^{\circ}\text{C}$). Влажные атлантические циклоны и теплое течение Гольфстрим, несущие дожди и туманы, оказывают существенное влияние на климатический режим Европейского Севера, при этом относительная влажность воздуха может достигать 99 %. Совместное воздействие холода и влаги является одной из климатических особенностей высоких широт Европейского Севера России [34, 188, 229]. На Азиатском Севере России высокоэкстремальная зимняя погода обусловлена тем, что

здесь сказывается близость мощной области повышенного давления над Якутией, где формируются зоны со стабильным антициклоном и предельно низкими температурами воздуха (азиатский полюс холода).

В Архангельске продолжительность периода с устойчивыми морозами в среднем составляет 138 дней [223], на Кольском полуострове – 152 дня, в центральных районах Западной и Восточной Сибири – 210-270 дней, на арктическом побережье Крайнего Севера – 345 дней [126].

Применение человеком социальных мер защиты значительно уменьшает влияние холода на Севере. Однако холодовой фактор сохраняет ведущее значение для лиц, работающих зимой на открытом воздухе. Класс условий труда при работе на открытом воздухе для холодного времени года в руководстве по гигиенической оценке факторов рабочей среды и трудового процесса (2005) имеет три градации (при отсутствии регламентированных перерывов на обогрев): допустимый ($-15,1\text{ }^{\circ}\text{C}$), вредный ($-17,3 \dots -27,5\text{ }^{\circ}\text{C}$) и опасный (экстремальный) (ниже $-27,5\text{ }^{\circ}\text{C}$). Если предусмотрены регламентированные перерывы на обогрев (не более чем через 2 часа пребывания на открытой площадке), то класс условий труда также имеет три градации: допустимый ($-18,1\text{ }^{\circ}\text{C}$), вредный ($-21,3 \dots -35,5\text{ }^{\circ}\text{C}$) и опасный (экстремальный) (ниже $-35,5\text{ }^{\circ}\text{C}$) [194].

Выраженная экстремальность и субэкстремальность условий окружающей среды является общей чертой всей территории Европейского Севера России [3, 73, 242]. Циклические изменения природно-климатических факторов внешней среды приводят к существенным перестройкам жизнедеятельности организма, и потому влияют на интенсивность физиологических процессов и поведенческие реакции человека [5, 16, 94, 95, 120, 122].

Преобладающими природно-климатическими факторами Севера являются температурный режим, влажность воздуха, перепады атмосферного давления, характер движения воздушных масс, связанный с циклональной активностью, электромагнитное излучение, изменчивость весового

содержания кислорода в воздухе. Многочисленные исследования указывают на то, что своеобразный режим светового дня в условиях Севера играет главную роль в нарушении работы системы кровообращения и возникновении гормональной нестабильности [31, 38, 103, 229, 287, 308].

В настоящее время исследование воздействия низких температур на организм человека – главнейшая задача физиологии и практической медицины [125, 153, 182, 185, 197, 206, 227, 257, 260, 262, 278, 332, 337, 338, 339]. Так, в литературе имеются сведения о влиянии локального охлаждения на показатели внешнего дыхания [75, 143, 181]. Приобретенная в ходе филогенеза способность некоторых организмов поддерживать постоянную температуру тела (система терморегуляция), позволила расширить ареал их обитания в широких пределах изменения температуры окружающей среды. Составляющими системы терморегуляции являются: 1) специфические рецепторы; 2) центральное звено – структуры нейрогуморальной регуляции на разных уровнях центральной нервной системы; 3) исполнительное звено – эффекторные органы [239]. Ранее считалось, что система терморегуляции не имеет собственных эффекторных органов и использует для сохранения температурного гомеостаза эффекторные механизмы других систем – кровообращения, дыхания, выделения, обмена веществ и других [213]. В организме человека выявлены специфические рецепторы, которые отвечают за чувствительность тканей к низкой температуре [266, 286, 307, 325, 337, 340]: белок TRPM8 одновременно является рецептором холода и ментола. Возможно, этим объясняется обезболивающий эффект низких температур [266, 267, 268]. Под воздействием холода и ментола TRPM8 вызывает ток ионов кальция извне внутрь клетки, формируя разность потенциалов. По данным лабораторных испытаний, у человека белок TRPM8 активируется, когда температура окружающей среды опускается ниже -27°C [65].

В настоящее время механизмы, определяющие температурную чувствительность человека и животных изучены недостаточно. Система

температурного гомеостаза, поддерживая температурный баланс всех биохимических превращений, протекающих в живом организме, как и любая другая гомеостатическая система, подразделяется на афферентное и эфферентное звенья. Исследования организма в условиях действия холодого фактора, позволили установить совокупность адаптивных изменений в функционировании эффекторных органов и тканей, направленных на сохранение и увеличение выработки тепла (рис. 1).

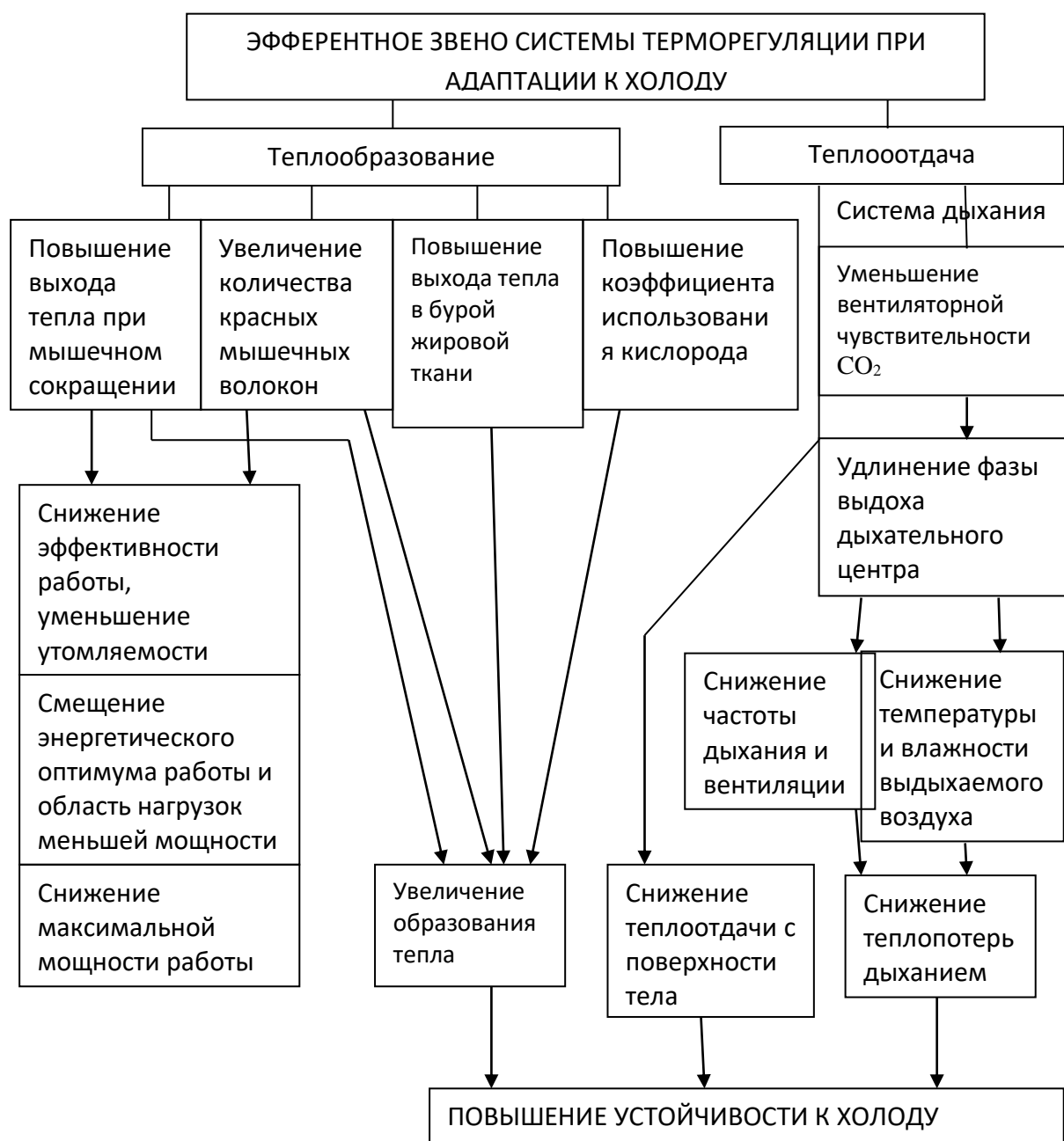


Рисунок 1 – Функциональные и морфологические изменения некоторых эффекторных органов при длительной холодной адаптации [133].

Сохранению тепла в организме при адаптации к холоду способствует, прежде всего, уменьшение теплоотдачи с поверхности тела, что может достигаться разными способами: увеличением подкожного жира, снижением средневзвешенной температуры тела у человека [35, 125, 133]. Холодовая адаптация, а также повторные холодовые экспозиции вызывают сдвиги порогов терморегуляторных реакций. Температурные пороги для возникновения дрожи и метаболической реакции повышаются [273].

Показано, что на первой стадии адаптации к интенсивным внешним воздействиям реализуется срочный, но несовершенный набор защитно-компенсаторных реакций, который позволяет поддерживать жизнедеятельность за счет усиления использования функциональных резервов, так называемая «незавершенная адаптация» [141].

Согласно исследованиям некоторых ученых [131], длительное холодовое воздействие приводит к адаптивным изменениям теплообразования в скелетных мышцах. При этом возрастает количество тонических медленно сокращающихся мышечных волокон, обладающих повышенной теплообразовательной способностью, и увеличивается выход тепла при мышечном сокращении, что позволяет при сниженном уровне дрожи и терморегуляторного тонуса увеличивать теплопродукцию на холоде [135].

Афферентный сигнал периферических и центральных терморцепторов обуславливает способ взаимодействия различных функциональных систем друг с другом, и, соответственно, отношение целого организма к изменению температуры окружающей среды [11, 71]. В случае действия на организм внешнего холодового фактора периферические термочувствительные рецепторы кожи (окончания центростремительных нейронов) являются исходной точкой афферентной информации [135, 302, 344].

Различают два вида активности терморцепторов в коже: статическая активность – постоянная импульсация при постоянной температуре кожи (каждой температуре соответствует определенный уровень активности) и

динамическая активность – непродолжительное увеличение частоты разрядов при быстром охлаждении [129, 133].

Поток сенсорной информации от периферических терморепторов обуславливается количеством работающих в этот момент рецепторов, их импульсной активностью, зависящей от абсолютного значения температуры и скорости её изменения [135]. Ввиду точечного распределения кожной температурной чувствительности человека, по числу холодных точек можно определить количество работающих на данный момент холодных рецепторов [112, 285]. Известно, что один терморептор иннервирует каждую холодную или тепловую точку диаметром 1 мм [319]. Следовательно, уровень функциональной активности терморепторов и температурная чувствительность определяется количеством чувствительных холодных или тепловых точек [305, 306].

Итак, адаптация организма к холоду приводит к уменьшению чувствительности нейронов гипоталамуса к низким температурам, а также к снижению динамической и статистической активности холодных рецепторов кожи, с чем связано и уменьшение количества функционирующих холодных рецепторов и снижение количества холодных точек. Это может являться причиной повышения порогов холодных ощущений и холодозащитных эффекторных реакций, снижения теплоотдачи с дыханием и повышения коэффициента использования кислорода [133].

В основе адаптивных изменений функционирования температурных рецепторов при адаптации организма к холоду может лежать влияние биологически активных веществ на центральные и периферические холодные рецепторы [345]. Так, медиатор симпатической нервной системы – норадреналин оказывает модулирующее влияние на импульсную активность термочувствительных нейронов гипоталамуса и холодных рецепторов кожи, а также на количество холодных точек у человека [130, 306]. Чувствительность кожных холодных рецепторов к норадреналину

возрастает после длительного действия холода на организм, чувствительность же центральных термосенсоров к норадреналину, наоборот, уменьшается. Изменение концентрации ионов кальция может приводить к изменению чувствительности адренергических рецепторов [312].

Таким образом, возбуждение холодовых рецепторов приводит к активации центров терморегуляции, что в свою очередь активизирует эрготропную активность симпатической нервной системы [65]. Возбуждение симпатической нервной системы и выброс катехоламинов приводят к снижению периферического кровотока [48, 283] и, как следствие, к уменьшению теплоотдачи с поверхности кожи. Симпатический контроль термогенеза имеет преимущественно β -адренергическую природу, и повышение чувствительности к катехоламинам при адаптации к холоду определяется в основном перестройками механизмов β -адренергического сопряжения [133].

В обобщенном виде механизм адаптивных перестроек на холоде для гомойотермного организма можно представить следующим образом. В процессе адаптации к низким температурам среды под влиянием первоначального действия холода на терморепторы происходит повышение концентрации норадреналина в крови, что в свою очередь может приводить к снижению в крови уровня ионов кальция. Результатом этого является изменение чувствительности к норадреналину ряда периферических тканей, включая эффекторные органы и рецепторные структуры. В результате адаптации к холоду происходят изменения функциональных характеристик терморепторов: уменьшается чувствительность нейронов гипоталамуса в области низких температур, значительно снижается динамическая и статическая активность холодовых рецепторов кожи, что может приводить к снижению количества холодовых точек. Следствием этого является повышение пороговых холодовых ощущений и холодозащитных эффекторных реакций организма. С адаптивными

изменениями в афферентном звене системы терморегуляции согласуются и перестройки в работе дыхательной системы, активно вовлекаемой в реакцию на холод. Изменение функции симпато-адреналовой системы, влияющей на уровень ионов кальция, приводит к изменению чувствительности как периферических и центральных рецепторов, так и эффекторных органов и тканей к норадреналину, а, следовательно, и к их функциональным изменениям, в частности к изменению чувствительности терморцепторных структур и повышению теплообразовательной функции мышц и бурой жировой ткани [128].

Таким образом, накопленные к настоящему времени факты дают основание считать, что центральные и периферические терморцепторы играют важную роль в становлении и поддержании адаптационных перестроек. Эта роль терморцепторов обусловлена, по-видимому, их прямой и обратной связью с нейро-гормональными системами организма. Прямая связь дает возможность осуществления широкого спектра эффекторных реакций в ответ на температурное раздражение, а обратная связь – возможность разнообразной модуляции терморцепторов, являющихся входным звеном системы терморегуляции [133, 335].

Физиологические механизмы адаптации к рассматриваемым компонентам климата включают всевозможные реакции и активацию энергообеспечивающих систем для поддержания постоянной температуры [2, 108, 116, 144, 147, 191, 303, 304]. Реакции на холодое воздействие могут носить как функциональный, так и патологический характер: заболевание, поражение, смерть. Воздействие холода провоцирует возникновение болей и нервнопсихических расстройств у 19 % мужчин и 45 % женщин [293]. Охлаждение лица и органов дыхания вызывает сокращение артериальных сосудов не только в циркуляторной системе конечностей, но также в коронарных сосудах, в результате чего повышается кровяное давление [279, 288]. Холод является фактором риска ухудшения здоровья лиц, в том числе страдающих заболеваниями сосудов и хроническими легочными

заболеваниями, фактором риска понижения порога стенокардии и стенокардии напряжения [174, 212]. Развитие у пришлого населения Севера заболеваний сердца и сосудов, а также «омоложение» гипертонической болезни некоторые исследователи считают следствием длительного воздействия холодного фактора [20, 31, 33, 242]. Уровень артериального давления у жителей Европейского Севера и его возрастной прирост по десятилетиям жизни выше, чем у жителей более комфортных климатических зон. Более высокое артериальное давления у людей на Севере может являться комплексом адаптивных реакций к условиям холодного климата, и увеличивать риск сердечно-сосудистых заболеваний [45, 55, 172, 218].

При воздействии холода сердечно-сосудистая система начинает испытывать значительное напряжение [97, 98, 121, 152]. Многочисленные исследования свидетельствуют о значительных морфофункциональных изменениях в сердечно-сосудистой системе организма человека при воздействии низких температур [20, 92, 105, 117, 164, 244, 249]. Так, повышается систолическое артериальное давление, как за счет спазма периферических сосудов, так и увеличения ударного объема сердца, увеличивается частота сердечных сокращений и потребление кислорода миокардом [36, 102, 151, 166, 195, 329].

Частота сердечных сокращений изменяется по сезонам года, так летом отмечено повышение ЧСС, причем повышение ритма сокращений происходит за счет сокращения общей паузы при уменьшении объема систолического выброса [138]. Установленные изменения могут означать снижение эффективности работы миокарда.

Существует некоторая зависимость реакций системы кровообращения от силы, метода охлаждения и величины развивающейся гипотермии организма. Общее незначительное воздействие низкой температуры приводит к повышению кровяного давления, сердечного выброса и частоты сердечных сокращений, что определяется возрастанием активности симпатического отдела вегетативной нервной системы и спазмом

периферических сосудов. Реакция сосудов внутренних органов на холод совсем иная. Установлено, что перераспределение кровотока от периферии к внутренним органам и мышцам при охлаждении организма направлено на уменьшение потерь тепла с поверхности тела, а также на повышение теплопроизводства и согревание жизненно необходимых органов. При многократном воздействии холода ответные реакции системной гемодинамики ослабевают, снижается и холодовой сосудосуживающий эффект. В случае же продолжительного общего охлаждения организма наблюдается уменьшение ЧСС, сильное понижение сердечного выброса, минутного объема крови, артериального давления крови и развивающееся повышение периферического сосудистого сопротивления [43, 275].

Следовательно, в случае умеренной гипотермии главные отклонения в сердечно-сосудистой системе проявляются в увеличении циркуляции крови, и за счет повышения тонуса сосудов на периферии тела и его понижения в сосудах внутренних органов происходит перемещение крови в центральное звено системы кровообращения при постоянстве гемодинамики в головном мозге. Этот механизм регуляции кровообращения в данных условиях играет важную роль в терморегуляции, приводя к уменьшению подведения тепла к периферии за счет переноса тепла с кровью и, соответственно, снижению потерь тепла термоконвекцией с поверхности тела, а также увеличению согревания и теплопроизводительности жизненно необходимых органов, в первую очередь печени и сердца. В условиях общего охлаждения тела ослабевает функция кровообращения, а вместе с ней и процессы эффективной терморегуляции организма. Имеются данные, что приспособление к холодному фактору среды ведет к снижению скорости ответа сердечно-сосудистой системы на умеренное воздействие холода [48, 282, 294].

Холодовой фактор, предъявляет повышенные требования к работе системы кровообращения. В то же самое время, длительностью проживания человека в условиях Севера определяется ответ системы кровообращения. У

коренных жителей Севера многие адаптационные реакции закрепились на генетическом уровне, тогда как у приезжего населения они формируются в течение всего времени пребывания на Севере. Так, при адаптации к дискомфортным факторам северных территорий кровообращение как компонент температурного гомеостаза испытывает существенные изменения [12, 79, 106, 169, 211, 216, 272, 284, 298].

В период кратковременного пребывания человека на Севере выявляется мобилизация приспособительных реакций системы кровообращения, характеризующихся учащением ритма сердечных сокращений, повышением артериального давления, систолического объема (СО), ударного объема (УО), минутного объема кровообращения (МОК), периферического сосудистого сопротивления (ПСС), объема циркулирующей крови (ОЦК), содержания гемоглобина в крови и ускорением кровотока (фаза мобилизации). Такая адаптивная реакция системы кровообращения, направленная на нейтрализацию отрицательных воздействий комплекса неблагоприятных факторов среды характерна для первых 2-2,5 лет проживания человека на Севере. При длительном пребывании человека в этих условиях (3-9 лет) развиваются разнонаправленные изменения в функционировании системы кровообращения. В этот период адаптация характеризуется нарастанием процессов метаболического распада, как детерминированный ответ организма на деструктивные внешние влияния [5, 38, 176, 215]. Наступает переходная фаза, характеризующаяся нарушением нормальных физиологических взаимоотношений между отдельными показателями функционального состояния сердечно-сосудистой системы, которые выражаются, с одной стороны, умеренным урежением пульса, уменьшением систолического объема, минутного объема кровообращения, то есть снижением сократительной функции сердца, с другой, – умеренным повышением уровня артериального давления, периферического сосудистого сопротивления и гемоглобина в крови. В условиях длительного пребывания на Севере увеличивается количество людей с явлениями гиподинамии и гипофункции

системы кровообращения, что выражается в снижении сердечного выброса, мощности сокращений желудочков при больших энергетических затратах, явной легочной гипертензии в условиях высокого сопротивления сосудов. В случае полярного пребывания от 10 до 15 лет, то есть при длительном воздействии на организм человека комплекса факторов Севера, преобладает активность парасимпатической вегетативной нервной системы, что с низким уровнем сократимости левого желудочка миокарда можно рассматривать как явление истощения ресурсов саморегуляции [215]. В эту фазу наступает дальнейшая перестройка уровня функционирования системы кровообращения, которая характеризуется склонностью к брадикардии, снижением сократительной функции сердца, дальнейшим уменьшением объема циркулирующей крови, замедлением скорости кровотока и компенсаторным повышением уровня артериального давления, периферического сосудистого сопротивления и содержания гемоглобина в крови (фаза истощения). Именно в эту фазу адаптации отмечается «всплеск» сердечно-сосудистых заболеваний [118, 120].

Во всей совокупности функциональных показателей коренные жители Севера отличаются от жителей средних широт. В связи с проживанием в более экстремальных условиях среды у них в меньшей степени развита регуляция сердечной деятельности в покое и при функциональных пробах, а также снижено физическое здоровье [217]. У аборигенов Севера по сравнению с жителями средней полосы отмечается уменьшение линейных параметров сердца, снижение УО и МОК, что может свидетельствовать о снижении производительности, сократительной функции сердца, ухудшении экономичности и эффективности сердечных сокращений и увеличении дизадаптации сердца [68, 237]. Имеются сведения [1, 142], что пониженная работоспособность сердца у аборигенов Крайнего Севера является признаком развития высоких значений артериального давления, а в основе гипертрофии миокарда, при выраженных гипертонических состояниях,

лежит увеличение толщины межжелудочковой перегородки с формированием концентрического типа гипертрофии.

Приспособительные изменения системы кровообращения, связанные с процессами экономии тепла в организме определяют сосудистые реакции на периферии тела, которые обладают фазовостью в случае повышения упругости стенки сосудов, отражающей констрикцию сосудистого просвета и возрастание артериального давления [93, 117].

Многие исследования по воздействию холода на кровообращение у здоровых людей проводились в состоянии покоя. Большинство исследователей отмечают напряжение приспособительных реакций системы кровообращения в условиях холода [28, 29, 51, 69, 91]. При этом повышается среднее артериальное давление, несущественные изменения претерпевает ЧСС и сердечный выброс [66, 101, 115, 222]. Рефлекторное урежение ЧСС, как физиологический ответ на возрастание артериального давления, не происходит. Это определяется тем, что вазоактивные вещества действуют напрямую на атриовентрикулярный узел, что ведет к увеличению производительности сердечной мышцы [264]. Некоторые исследователи отмечают урежение ЧСС [87, 140, 198, 252]. Так как при этом сердечный выброс меняется несущественно, то артериальное давление повышается при увеличении периферического артериального сопротивления. Работа сердца, а, следовательно, и его потребность в кислороде повышены [264]. Обнаружено, что повышение потребности в кислороде под влиянием холодного стресса может сопровождаться увеличением сердечного выброса, большим поглощением кислорода или комбинацией обоих механизмов. Увеличение сердечного выброса является первичным и является причиной увеличения минутного объема кровообращения [269, 297].

Возрастание сопротивления периферических артерий служит явлением саморегуляции, способствующим поддержанию температурного гомеостаза. Это является причиной уменьшения притока крови к коже и мышечной ткани. Повышение периферического сосудистого сопротивления

определяется локальной активацией вегетативной нервной системы, воздействием афферентной импульсации с области охлаждения на гипоталамус, увеличением в кровеносном русле концентрации норадреналина и других вазоактивных веществ, высвобождающихся в результате действия холода [22, 49, 161, 326].

Функциональное состояние сердечно-сосудистой системы человека определяется фазой ежегодных циклов естественной сезонной акклиматизации и температурных условий окружающей среды [81, 104, 165, 200, 214, 238, 249, 314, 342]. Наиболее напряженными периодами для деятельности сердечно-сосудистой системы человека на Европейском Севере являются переходные периоды года – осенний и весенний [89, 100, 187, 195, 253], тогда как, у жителей Северо-Востока России наибольшее напряжение в регуляции системы кровообращения выражено зимой. Особенности функционального состояния их сердечно-сосудистой системы являются высокие значения системного артериального давления и общего периферического сосудистого сопротивления с наибольшими значениями в зимний период [163, 183, 309].

Отмечается выраженная сезонность возникновения обострений хронических заболеваний системы кровообращения с максимальной частотой в осенне-зимнее время [39, 85, 90, 148]. В условиях холода происходит возрастание активности симпатической нервной системы. В это время приспособительные реакции системы кровообращения направлены на увеличение МОК, чему сопутствует повышение ЧСС, систолического артериального давления и увеличение напряжения сердечной мышцы. Повышенные показатели частоты сердечных сокращений и индекса напряжения миокарда отражают максимальное напряжение в работе системы кровообращения осенью [221]. Усиление симпатических механизмов вегетативной регуляции в условиях Севера, возможно, является приспособительной реакцией на эти условия и в дальнейшем может привести к формированию патологических изменений в сердечно-сосудистой системе

[168, 203]. В зимний период сердечная мышца функционирует с повышенной интенсивностью, что возможно связано с компенсаторной реакцией сердечно-сосудистой системы на холодовой стресс [254].

Следовательно, функциональное состояние сердечно-сосудистой системы человека зависит в большинстве случаев от природно-климатических условий окружающей среды и времени года [13, 15, 160, 188, 328]. В холодные периоды года возрастает напряжение в деятельности системы кровообращения, уменьшаются ее функциональные возможности. В начальный момент приспособительных изменений к холодному времени года (октябрь-ноябрь) у жителей Европейского Севера снижены физическая работоспособность, увеличены систолическое артериальное давление и частота сердечных сокращений; наблюдаются признаки гиперфункции правых отделов сердца [104, 149, 156]. В связи с тем, что в данный период года наблюдается существенное увеличение вклада как сердечного, так и сосудистого компонентов в обеспечение работы системы кровообращения, возможно истощение ее функциональных запасов [111]. В начальный период приспособительных перестроек к теплему периоду года (март-апрель) у жителей Европейского Севера уменьшены ударный и минутный объемы кровообращения, увеличены диастолическое артериальное давление, в течение холодного сезона года функциональные резервы системы кровообращения у жителей Севера постепенно понижаются [37, 140, 193].

В весенние месяцы активность парасимпатической нервной системы повышается. В зимне-весенний период выше интенсивность энергетического обмена [7, 67, 113]. При переходе к более холодным сезонам года в условиях северных широт изменяется степень активности центрального и периферического звеньев сердечно-сосудистой системы: в осенний период по сравнению с летним увеличивается систолическое давление, фракция пульсового кровотока, интенсивность быстрого кровенаполнения сосудов конечности кисти; затем зимой поддерживается высокое значение АД_с и возрастает диастолическое давление, фракция пульсового кровотока,

интенсивность полного кровенаполнения сосудов кисти. В это же время уменьшается частота сердечных сокращений, минутный объем кровообращения и объемный кровоток на периферии [115].

В зимний период усиливается активность атрио-вентрикулярного узла и возбуждение желудочков сердца, при явном росте деполяризации правого предсердия и базальных сегментов сердечной мышцы. Предполагается, что длительное холодное воздействие на организм даже относительно здорового человека на Севере приводит к выраженной перестройке в работе сердца, определяя возрастание функциональной мобильности механизмов миогенной саморегуляции к понижению венозного возврата [48].

Адаптация к проживанию в условиях Севера осуществляется системными перестройками нейро-эндокринной регуляции и метаболизма, где главную роль играет повышение участия адренергических механизмов и изменение тиреоидного статуса организма [38, 311].

Состояние организма людей, проживающих в неблагоприятных условиях Севера, характеризуется перенапряжением приспособительных реакций и уменьшением функциональных возможностей организма к восстановлению сбоя саморегуляции, это определяет высокую заболеваемость населения в этих регионах [29, 62, 276, 280, 315]. Это определяется множеством факторов, среди которых ведущая роль отводится повышенной активности симпатoadреналовой системы [159], результатом чего является хронический спазм периферических сосудов, развитие артериальной гипертензии, вызывающей в последующем гипертрофию миокарда, нарушения структуры интерстериального матрикса, активацию фетальных генных программ, нарушения круговорота Ca^{2+} в кардиомиоцитах, индуцируя и способствуя прогрессированию дисфункции сердца [333, 341]. Немаловажная роль в развитии холодной гипертензии и гипертрофии сердца принадлежит тиреоидным гормонам [159], выработка которых усиливается в условиях приспособления к холоду, вызывая тахикардию, аритмию, увеличение производительности сердца и

систолического артериального давления крови [205].

Характерно, что даже у относительно здоровых людей зимой на Севере России изменяются биоэлектрические процессы сердца в ответ на разные функциональные нагрузки [46, 49, 54, 139, 289]. Исследование функционального состояния системы кровообращения жителей Севера выявило, что характеристики электрокардиограммы у северян отличаются от таковых у жителей средних широт наличием признаков физиологического варианта гипертрофии правых отделов сердца, отклонением электрической оси сердца влево, уменьшением амплитуды зубцов R, T, сегмента ST, увеличением длительности интервалов P-Q, R-R, Q-T и сегмента S-T, а также уширением зубца P, комплекса QRS. Результаты фазового анализа сердечного цикла по показателям поликардиограмм свидетельствуют о развитии изменений, присущих фазовому синдрому гиподинамии миокарда, который характеризуется удлинением периода напряжения за счет фазы изометрического сокращения, укорочением периода изгнания крови, уменьшением систолического показателя, с увеличением полярного стажа [52, 54, 120, 251].

Таким образом, холод является ведущим природно-климатическим фактором северных территорий, который оказывает существенное воздействие на организм человека, вызывая значительные изменения в деятельности многих функциональных систем.

1.2. Физиологические реакции организма человека на локальное холодовое воздействие

В настоящее время получены сведения о различных аспектах влияния локальной и общей гипотермии на функциональное состояние организма человека [17, 22, 63, 83, 136, 180, 199, 225, 301, 334].

Так, в исследованиях О.Н. Поповой (2009), посвященных изучению влияния локального охлаждения на функциональное состояние системы внешнего дыхания, показано, что локальное гипотермическое воздействие на кожу кисти и стопы приводит к изменениям статистических, динамических легочных объемов и показателей форсированного выдоха: возрастает величина дыхательного объема, минутного объема дыхания у женщин, изменяется структура жизненной емкости легких, снижаются скоростные показатели форсированного выдоха. При этом наибольшие изменения выявлены в группе женщин и при охлаждении стопы. Кроме того, как у мужчин, так и у женщин при охлаждении кисти и стопы происходит усиление легочного газообмена (возрастает величина PO_2 потребление кислорода).

В работах А.В. Пащенко (2002) по исследованию влияния локального охлаждения межлопаточной области на биоэлектрическую активность головного мозга человека, описано, что локальное охлаждение межлопаточной области у мужчин сопровождается увеличением полной мощности тета- и бета-высокой активности, снижением альфа- и бета-низкой активности, а у женщин изменения биоэлектрической активности головного мозга в течение холодной пробы проявляется в виде уменьшения полной мощности альфа- и бета-низкой активности и повышением бета-высокой активности. Холодовое воздействие на межлопаточную область приводит к сглаживанию межполушарной асимметрии биоэлектрической активности в дельта-, бета-низком, бета-высоком диапазонах у мужчин и дельта-диапазоне у женщин [177]. После устранения холодового воздействия отмечается

восстановление полной мощности в дельта-, альфа-, бета-низком, бета-высоком диапазонах у женщин и в тета-, бета-высоком диапазонах у мужчин [179].

Показано, что локальное охлаждение кисти в водной среде вызывает изменения уровня постоянного потенциала головного мозга у девушек. При одноминутной холодной пробе было зафиксировано возрастание значений уровня постоянного потенциала по всем отведениям в среднем на 1 мВ. Наибольшее изменение потенциала произошло в затылочной области на 1,7 мВ. Далее на протяжении всего десяти минутного восстановительного периода регистрировалось непрерывное увеличение значений уровня постоянного потенциала по всем отделам коры головного мозга. Исключение составила лишь правая височная доля. Изменение уровня постоянного потенциала в отведении Td при охлаждении произошло на минимальное значение – 0,6 мВ, и уже на первой минуте восстановления стало уменьшаться. На десятой минуте значения уровня постоянного потенциала в данном отделе не превышали начального уровня. Анализ межэлектродной разности уровня постоянного потенциала выявил на протяжении всего исследования преобладание значений правого полушария в лобных и центральных отведениях и левого полушария в теменной части. При использовании метода регистрации уровня постоянного потенциала межполушарную асимметрию принято анализировать по значению разности височных отведений. У студенток-северянок в фоновых значениях доминирует правое полушарие, при охлаждении происходит смена доминанты и к десятой минуте уровень потенциала в левом височном отведении превышает правосторонний [24].

Холодовая нагрузка оказывает влияние на гемодинамику головного мозга. При локальном холодом воздействии частота сердечных сокращений увеличивается. Также наблюдается увеличение времени быстрого и медленного кровенаполнения, дикротического индекса при одновременном снижении времени распространения пульсовой волны,

реографического индекса, снижение диастолического индекса в окципито-мастоидальном отведении справа. Показатель венозного оттока во фронто-мастоидальном отведении слева уменьшился, а в окципито-мастоидальном отведении с обеих сторон и во фронто-мастоидальном отведении справа увеличился. У обследуемого контингента при тахикардии выявлено снижение пульсового кровенаполнения. Снижение кровенаполнения сочетается с повышением тонуса мелких, крупных и магистральных артерий, а также артериол в правом и левом полушарии. Одновременно происходят разнонаправленные изменения в венозной системе: в правых отведениях снижается тонус вен и затрудняется венозный отток. Таким образом, при проведении холодной пробы при анализе церебрального кровотока определяется тенденция к спастической реакции сосудов головного мозга на локальное холодное воздействие, которая проявляется тенденцией к спазмам артерий, как в бассейне внутренней сонной артерии, так и в вертебро-базилярном, с одновременным затруднением венозного оттока в правом полушарии [19].

Вместе с тем особое внимание исследователей привлекает сердечно-сосудистая система [3, 48, 84, 110, 197, 207]. Ее приспособляемость к холодным нагрузкам является одной из важнейших проблем адаптации в условиях Севера, так как она нередко становится звеном, лимитирующим интенсивность и длительность протекания приспособительных реакций целостного организма [86, 162, 201, 202, 232].

В частности, установлено, что изменение системного артериального давления [56, 90, 102] и дополнительная нагрузка на сердце [53] приходилась на холодные месяцы года, а локальное воздействие низких температур на человека понижало его работоспособность на тот же уровень, что и при охлаждении всего тела, вызывая функциональные изменения интракраниальной гемодинамики, производительности сердца, периферической и системной гемоциркуляции [43, 197, 208, 255].

Так, в исследованиях Б.Ф. Дернового (2016) по влиянию температур окружающей среды на различные звенья сердечно-сосудистой системы показано, что кратковременная локальная гипотермия вызывает разнонаправленные изменения кардиогемодинамики и системного кровообращения северян в контрастные по температуре сезоны года. Обнаружено, что реакция организма на холодовую пробу летом характеризовалась снижением систоло-диастолического артериального давления, повышением частоты сердечных сокращений и кратковременным понижением кардиогемодинамики. Зимой в период низкой температуры воздушной среды локальное охлаждение организма вызывало вначале повышение систоло-диастолического артериального давления, а в последующий период наблюдения замечено понижение систолического артериального давления относительно исходных значений. При этом изменений кардиогемодинамики и хронотропной функции сердца не обнаружено. Полученные результаты свидетельствуют о сниженном тоне периферических сосудов, меньшем венозном возврате к сердцу с понижением кардиогемодинамики и производительности миокарда человека в холодное время года. Реакция сердечно-сосудистой системы на локальное охлаждение организма более выражена летом и сопровождалась положительным хронотропным эффектом, понижением интракардиальной и системной гемодинамики в период гомеостаза кровообращения организма после пробы.

В работах Р.И. Рэйляну (2008), посвященных исследованию особенностей реакций центральной гемодинамики и регионарных систем кровотока человека на локальные холодовые воздействия разной мощности, показано, что водная иммерсия руки вызывает, в зависимости от степени холодового воздействия, начальное (к 15 с) повышение систолического и диастолического артериального давления крови; при продолжающемся воздействии 18 и 10°C систолическое артериальное давление приходит к исходному уровню (к 135 с) и остается повышенным в условиях 3°C, а

диастолическое артериальное давление понижается при 18°C и восстанавливается при 10 и 3°C. Локальное термовоздействие 18 и 10°C в начальный период не вызывает изменений общего сопротивления сосудов, а при 3°C – оно повышается; продолжающиеся воздействия 18 и 10°C сопровождаются его уменьшением, при 3°C периферическое сопротивление нормализуется. Ударный объем крови увеличивается в отдаленный период при воздействии 18°C, не изменяется при 10°C и поддерживается всегда высоким при 3°C. При всех режимах локальных температурных воздействий регионарный кровоток охлаждаемой конечности изменяется в наибольшей степени в дистальном (кисть), чем в проксимальном (предплечье) отделе: в начальный период воздействий 18, 10, 3°C уменьшение артериального кровенаполнения в обоих отделах охлаждаемой конечности прямо зависит от силы раздражения, венозное кровенаполнение кисти имеет такую же зависимость, а в предплечье оно уменьшается на относительно равную величину; при продолжающихся воздействиях 10 и 3°C артериальное кровенаполнение кисти остается пониженным, а венозное только в условиях 18 и 3°C; в предплечье артериальное кровенаполнение поддерживается на низком уровне при 3°C, а венозное – при 10 и 3°C; при воздействии 10 и 3°C в охлаждаемой кисти уменьшается тонус артериальных сосудов среднего и мелкого калибра, а в предплечье при 18 и 10°C увеличивается тонус крупных артериальных сосудов. В интактном предплечье артериальное и венозное кровенаполнение постепенно увеличивается по мере длительности термовоздействий: больший прирост артериального происходит при 10 и 3°C, а венозного – при 3°C; все термовоздействия вызывают уменьшение тонуса артериальных сосудов крупного калибра. Локальные охлаждения конечности (10 и 3°C) сопровождаются начальным увеличением артериального и венозного внутричерепного кровенаполнения лобно-височного отдела мозга, при продолжающихся воздействиях 18 и 10°C оно нарастает, а при 3°C – поддерживается на высоком уровне, в сочетании с увеличением тонуса артериол данного отдела мозга [196, 256, 327].

Функциональный ответ центральной и периферической гемодинамики на острые локальные охлаждения определяется возрастными особенностями организма человека [151]. Так, у мужчин адаптивная реакция к локальному охлаждению в 18-29 лет сопровождается высокой реактивностью центральной гемодинамики: существенно нарастает частота сердечных сокращений, диастолическое артериальное давление и понижаются – ударный объём крови и минутный объём кровообращения. В этих условиях увеличивается количество внутрисистемных функциональных связей при доминирующей роли фактора – "производительность деятельности сердца". У мужчин 30-39 лет при локальном охлаждении на фоне снижения реактивности центральной гемодинамики существенно нарастает реакция периферической гемодинамики, с наибольшим приростом фракции пульсового кровотока и снижением временных параметров кровенаполнения артериальных сосудов охлаждаемой конечности. Гемодинамический ответ характеризуется понижением мобильности изменения фактора – "напряженности центральной гемодинамики". Функциональный ответ системы кровообращения на холодовое воздействие у мужчин 40-55 лет сопровождается значительным нарастанием систолического артериального давления и относительно большим снижением интенсивности объёмного кровотока в охлаждаемой кисти, при усилении функциональных внутрисистемных связей с доминированием фактора "эффективность работы сердца". После холодового воздействия у мужчин старших групп понижена интенсивность восстановления систолического артериального давления и объёмного кровотока охлаждаемой конечности. Ведущими факторами процесса восстановления являются: для мужчин 18-29 лет – "эффективность центрального кровообращения"; 30-39 лет – "тонус периферических сосудов"; 40-55 лет – "интенсивность периферического кровотока". С увеличением возраста от 18 к 55 годам у мужчин при локальном охлаждении изменяется структура периферических вазомоторных реакций с удлинением периода констрикции, укорочением длительности периода "холодовой

вазодилатации" и понижением их терморегуляторного эффекта в старших возрастных группах [84, 151].

Результаты исследований Л.Б. Ким (2015), посвященные изучению влияния локального охлаждения (при погружении кистей рук в воду температурой 10°C) на микроциркуляцию по кожной температуре и кардиоваскулярный ответ при приеме токоферола у северян, показали, что существуют различия в реакциях микроциркуляции и кардиоваскулярном ответе на локальное холодное воздействие в зависимости от полярного стажа. Так, было установлено, что тенденция к восстановлению температуры кожи при охлаждении наиболее четко представлена в группе людей, более адаптированных к низким температурам с более длительным стажем полярного пребывания (более 3 лет). Вместе с этим прием токоферола перед холодной нагрузкой предупреждает резкое снижение температуры кожи и сокращает время восстановления исходной температуры кожи охлаждаемой конечности. Очевидно, что под влиянием токоферола смягчаются спастические реакции микрососудов кожи на холод и, поэтому, ускоряется восстановление исходной температуры кожи. Другими словами, реакция сужения периферических сосудов на локальное охлаждение под действием токоферола становилась менее выраженной. Таким образом, для профилактики холодовых повреждений в зимнее время можно рекомендовать прием токоферола, который можно рассматривать как регулятор микроциркуляции и адаптоген к низким температурам окружающей среды. Локальное охлаждение не ограничивалось местной реакцией микрососудов. Результаты свидетельствуют, что у северян различная по интенсивности реакция сосудов эластического типа на холод зависит от полярного стажа, так наблюдается повышение систолического и диастолического давления. То есть локальное охлаждение вызывает прессорный эффект, у северян с небольшим сроком проживания на Севере. В то время как с увеличением полярного стажа прессорный эффект быстро гасится. Кроме того отмечается учащение пульса. Прием токоферола перед

охлаждением предупреждает прессорный эффект и учащение пульса и переводит работу сердечно-сосудистой системы в целом на более экономичный режим.

В соответствии с литературными источниками, организация периферической части вазомоторных реакций на кратковременные острые локальные холодовые воздействия на разные участки тела, а также структуры нейрогуморальных и местных механизмов регуляции тонуса сосудов хорошо исследованы [45, 60, 84, 115, 151, 198].

Так, запуск специфических терморегуляторных реакций, противодействующих переохлаждению, происходит в ответ на резкое охлаждение организма по типу стрессовой реакции [203] в результате возбуждения и активизации нервной и эндокринной системы.

Известно, что температура кожи определяется интенсивностью кровотока. В покое в зоне термического комфорта кровотоков человека составляет 5–10 % от минутного кровообращения сердца, или, примерно, 200–500 мл/мин при массе кожи среднего человека 5 кг, что значительно превышает ее собственные нутритивные потребности. Это объясняется тем, что важнейшая функция кожи – участие в терморегуляции – определяется не активностью метаболических процессов в коже, а теплопереносящей функцией кровотока. Динамическое равновесие между вазоконстрикторными и вазодилатирующими механизмами, обеспечивающими региональное кровообращение в поверхностных тканях, позволяет осуществить терморегуляцию организма и обеспечить нутритивный кровоток, препятствующий развитию температурных повреждений [61, 170].

При холодном стрессе, вызывающем снижение температуры кожи, адекватной реакцией, направленной на сохранение тепла в организме, опосредованной центральными терморегуляторными механизмами, является рефлекторное повышение вазоконстрикторного тонуса, приводящего к снижению кровотока в коже и ограничению теплопотерь [47, 151, 171, 224, 226]. Непродолжительное локальное холодовое воздействие на заднюю

поверхность кисти вызывает возрастание тонуса периферийных артериальных сосудов крупного и среднего диаметра. В случае же кратковременного локального охлаждения переносицы выявляется достоверная вазоконстрикция микрососудов соединительной оболочки глаза [17, 110], что вызывает увеличение системного артериального давления, частоты сердечных сокращений и минутного объема кровообращения. Причем воздействие холодого фактора на лицо вызывает большую реакцию миокарда, а на руки или туловище – меньшую. Так, погружение лица в сосуд с ледяной водой приводит к урежению ЧСС, при этом в большей степени нарастает артериальное давление, чем при точно таком же охлаждении кисти, что в первом случае объясняется нарастанием активности симпатической и парасимпатической нервной системы [48, 99].

Вазоконстрикторная реакция сосудов под действием холода, ограничивающая теплопотери организма, регулируется центральной нервной системой. Активация деятельности симпатической нервной системы определяет вазоконстрикторный эффект периферических крупных и мелких артерий при охлаждении [265]. Не исключается также возможность сокращения коллагена кожи при ее охлаждении, что обеспечивает непроходимость мелких периферических сосудов и капилляров, ограничивающих доставку крови к охлаждаемой части тела [107].

Существует положительная корреляция между морфофункциональной структурой микроциркуляторного русла и реактивностью капилляров у человека с продолжительностью воздействия холодого фактора [127]. Непродолжительное холодое воздействие приводит к срочной адаптации системы микроциркуляции, основанной на изменении сократимости гладких мышечных клеток. При контролируемом охлаждении тела было обнаружено, что среднее артериальное давление повышается, сердечный индекс не меняется, увеличивается ЧСС и потребление кислорода миокардом, в то время как ударный объем и минутный объем кровообращения наоборот снижается [36, 151, 166, 195, 264].

Функционально-морфологические изменения микрососудистого русла происходят в результате длительного приспособления к холоду, и приводит к изменению реактивности системы микроциркуляции. При этом у лиц, имеющих высокую степень адаптации к холодному фактору, обнаруживается минимальная скорость снижения температуры кожи при охлаждении, что определяется более ранним включением механизмов вазодилатации [313], увеличением его продолжительности и «индекса холодной компенсации» [42, 44]. В зимний период по сравнению с летним при длительном влиянии холода на организм изменение структуры периферических вазомоторных реакций на холод ведет к нарастанию времени «холодовой вазодилатации», обуславливая снижение скорости понижения температуры охлаждаемой конечности. Поверхностная вазодилатация может возникнуть при существенном охлаждении (кожа при этом имеет здоровый вид). Под действием холодного фактора на капилляры сначала наблюдается их вазоконстрикция, а затем вазодилатация, но их венозная часть всегда остается расширенной [48, 115]. У большинства лиц по окончании воздействия холода эти изменения имеют тенденцию к возвращению к исходным величинам [197]. В результате локального охлаждения может происходить снижение индекса симпатической активности (ИСА) и сатурации кислорода крови [166]. На Севере в зимний период времени трансформируются взаимодействия между центральной и периферической частями кровеносной системы, где в адаптивной реакции к дополнительной локальной холодной стимуляции возрастает роль внутрисистемного перераспределения крови, увеличения ее объема и скорости течения на периферии [115].

Расширение просвета кровеносных сосудов как защитная реакция от переохлаждения поверхностных тканей и тканей, лежащие глубоко, известна давно, но до сих пор не имеют однозначного трактования физиологические механизмы ее возникновения. Так, флюктуацию кровотока в пальце руки, помещенной в ледяную воду, можно связать с аксон-рефлекторными

механизмами. При значительном охлаждении поверхности тела понижается восприимчивость большинства сосудов к адреномиметикам непрямого действия. При этом, понижение содержания катехоламинов в плазме крови при охлаждении является одним из факторов, приводящих к холодовой вазодилатации [48].

В организме человека различают гомойотермное «ядро» и гетерогенную «оболочку». Между ними имеется градиент температуры, величина которого зависит от условий жизнедеятельности и температуры среды. В обычных условиях реакции в «оболочке» удерживают оптимальную температуру в тканях «ядра» тела [112]. Расширение просвета кровеносных сосудов под действием холода часто связывают с абсолютным значением температуры кожи, разностью температур в «оболочке» тела и «ядре» [112], эмоциональным состоянием человека [210] или с общим состоянием обмена веществ [317]. В настоящее время хорошо подтвержден факт о том, что центральная нервная система регулирует вазодилатацию. Так, острое охлаждение одной кисти вызывает ответную вазомоторную реакцию в другой [61, 109, 189], что сопровождается ростом артериального давления. Последний факт, по принципу обратной связи [263], угнетает симпатический и возбуждает парасимпатический отделы нервной системы, что возможно приводит к расширению просвета мелких артерий.

Показано, что местные механизмы регуляции движения крови по сосудам в направлении метаболизма в тканях упраздняют дистантные влияния нервной системы [245]. Механизмы вазодилатации в условиях холодого воздействия основываются на подавлении холодом работы гладких миоцитов кожных сосудов и снижении базального тонуса, который незначительно изменяется под действием симпатического отдела нервной системы, но имеет автономную миогенную активность, изменяющуюся под действием метаболитов, катехоламинов и температуры; понижении чувствительности сосудов под влиянием симпатического отдела нервной системы; выбросе веществ, способных расширять либо сокращать

кровеносные сосуды, в результате нарушения целостности ткани [230]. Изменение импульсации рецепторов холода играет ведущую роль в механизмах вазоактивных реакций, в связи с тем, что при активации терморепцепторов происходит вазоконстрикция, а при уменьшении их активности – вазодилатация периферических сосудов [134]. Одним из возможных охлаждающих эффектов может служить увеличения вязкости крови, которое вызывает снижение скорости движения крови через сосочковые петли, приводя к повышению давления в артерио-венозных анастомозах, и их раскрытию. Данный циклический процесс может возобновляться пропорционально нагреванию крови в капиллярах посредством передачи теплоты через ткани [48].

В зависимости от скорости охлаждения терморегуляторные реакции формируются по-разному. В условиях быстрого охлаждения динамическая активность рецепторов в коже, реагирующих на холод, существенно модифицирует природу терморегуляторных реакций в ответ на холодное воздействие. Самая первая стадия повышения кислородопотребления в начале быстрого охлаждения, связана с динамичной активностью кожных терморепцепторов и определяемой ею активацией симпатического отдела нервной системы. Увеличению обмена веществ и энергии на первой стадии сопутствует усилением несократительного термогенеза с активацией обмена углеводов, в то время как усиление обмена веществ и энергии во время второй стадии быстрого охлаждения и в период медленного охлаждения вызывает усиление сократительного термогенеза, и переход на липидный обмен. Показано, что более эффективная регуляции температуры тела происходит при быстром охлаждении [231].

Болевые ощущения холода у человека с явной фазностью реакций сосудов на периферии на охлаждение снижается как в процессе воздействия холода, так и в период пассивного разогревания [30, 65]. Болевая чувствительность на холод базируется на автономной регуляции уменьшения периферического кровообращения, которая осуществляется в условиях

прямого воздействия холода на сосудистые нейроны, или при продолжительном спазме сосудов, происходящем в условиях длительного действия низкой температуры [65, 170, 173]. Болевые ощущения, связанные с действием холода при погружении кисти в холодную воду, тесно связаны с повышением системного давления крови [170].

Известно, что общее и локальное гипотермическое воздействие оказывает влияние на функциональное состояние системы кровообращения, что в конечном итоге может привести к различным отклонениям в работе и, в конечном итоге, вызвать различные заболевания сердечно-сосудистой системы [123, 124, 155]. Как уже было описано выше, в условиях действия холодового фактора у человека наблюдается повышение артериального давления крови, что при определенных условиях может привести к артериальной гипертонии, которая часто сопровождает одно из наиболее распространенных сердечно-сосудистых заболеваний – ишемическую болезнь сердца. В частности, в работах Г.Н. Окуновой с соавторами (2008), описывающих особенности периферических и сердечно-сосудистых реакций у пациентов с ишемической болезнью сердца, показано, что локальное холодовое воздействие вызывает резкое падение микроциркуляторного кровотока и снижение температуры на охлаждаемой конечности. При этом отмечается гипертонический тип реакции со стороны сердечно-сосудистой системы (повышено систолическое и диастолическое артериальное давление и частота сердечных сокращений). У пациентов с ишемической болезнью сердца выявлена повышенная ответная реакция на не прямое действие холодового раздражителя на контралатеральной конечности, которая состояла в значительном снижении микроциркуляторного кровотока в охлаждаемой конечности. Также установлено, что во время охлаждения выраженность положительной хронотропной реакции сердца (увеличение частоты сердечных сокращений) находится в обратной зависимости от массы тела ($r=-0,58$). В фазу быстрого восстановления (1-я мин) повышались периферические показатели (температура кисти, температура пальца и

микроциркуляторный кровоток), и снижались показатели сердечно-сосудистой системы (систолическое и диастолическое артериальное давление и частота сердечных сокращений). При этом показано, что чем старше пациенты, тем медленнее восстанавливается ЧСС ($r=0,56$). В фазу медленного восстановления (14-я мин) после локальной холодовой пробы температура кисти, температура пальца и микроциркуляторный кровоток продолжали увеличиваться, а показатели сердечно-сосудистой системы артериальное давление и частота сердечных сокращений продолжали снижаться. Следовательно, у пациентов с ИБС более выражены вазоконстрикторные реакции на контралатеральной конечности, чем у здоровых испытуемых, и характерен гипертонический тип реакции на локальную холодовую пробу.

Таким образом, в естественных условиях Севера локальному охлаждению у человека могут подвергаться не только верхние дыхательные пути и лицо, но и кисти, а также нередко стопы [85, 250]. По этой причине исследование изменений в системе кровообращения при локальном холодом воздействии на периферические терморецепторы кожи кисти и стопы, а также оценка их физиологического значения продолжает оставаться важной научной проблемой.

Глава 2. МЕТОДОЛОГИЯ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

2.1. Организация исследования

В исследовании приняли участие 57 человек из них 27 юношей в возрасте от 17 до 20 лет (средний возраст 18,0 (17,0-20,0)) и 30 девушек в возрасте от 17 до 20 лет (средний возраст 18,0 (18,0-19,0)), родившиеся и постоянно проживающие в условиях Европейского Севера. Обследовались только здоровые лица, которых отбирали по официальным критериям ВОЗ, согласно которым здоровыми считаются те, кто не имеет хронических заболеваний, освобождения от работы по острому заболеванию, жалоб в день обследования и у кого при обследовании не обнаружили скрытую патологию сердечно-сосудистой системы. Исследование проводилось с соблюдением этических норм, изложенных в Хельсинской декларации и Директивах Европейского сообщества (8/609 ЕС). Исследование осуществлялось на базе лаборатории функциональных резервов организма Института медико-биологических исследований Северного (Арктического) федерального университета имени М.В. Ломоносова в период обучения в аспирантуре, в первой половине дня, через 1,5-2 часа после приема пищи, в помещении с температурой воздуха 20-22°C, после 15 минутного отдыха. Все испытуемые дали письменное согласие на обследование.

Оценка функционального состояния сердечно-сосудистой системы осуществлялась с помощью аппаратно-программного комплекса «Система интегрального мониторинга «СИМОНА 111»» (рис. 2, 3). Данный прибор предназначен для неинвазивного безнагрузочного измерения основных жизнеобеспечивающих функций организма человека с помощью следующих методик: реокардиография, электрокардиография, фотоплетизмография, пульсоксиметрия и сфигмоманометрия.

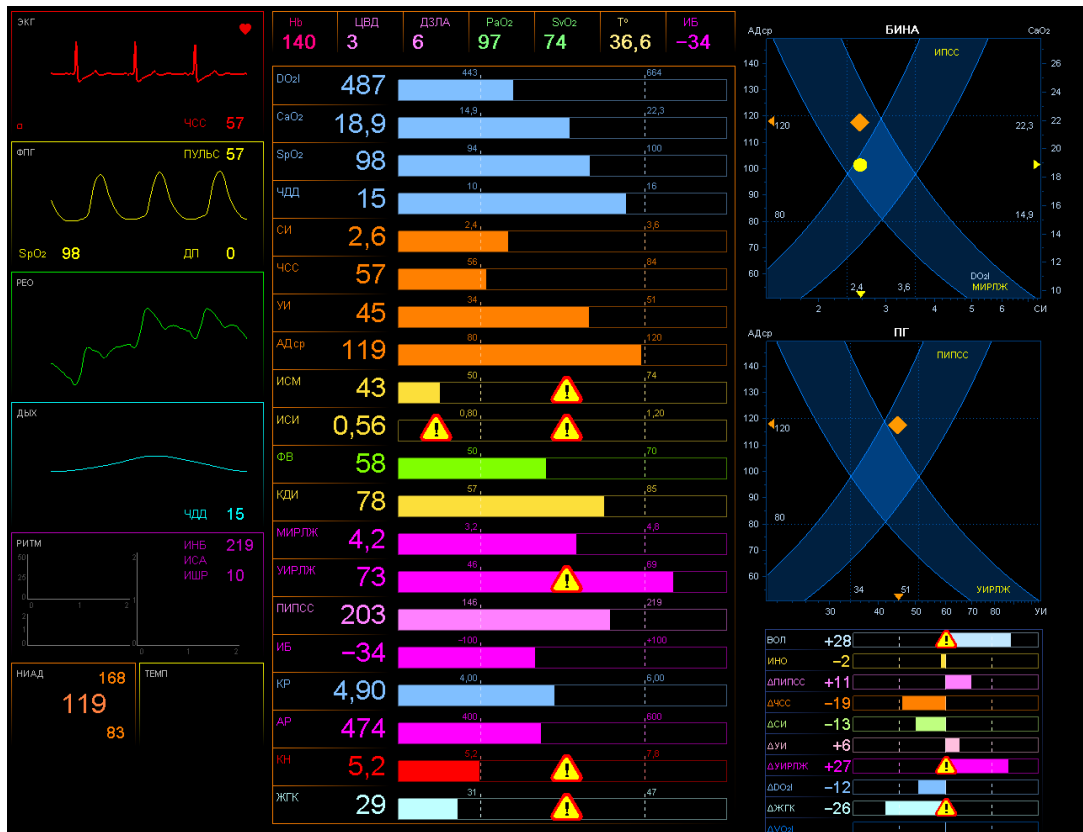


Рисунок 2 – Экран мониторинга гемодинамических показателей «Системы интегрального мониторинга «Симона 111».

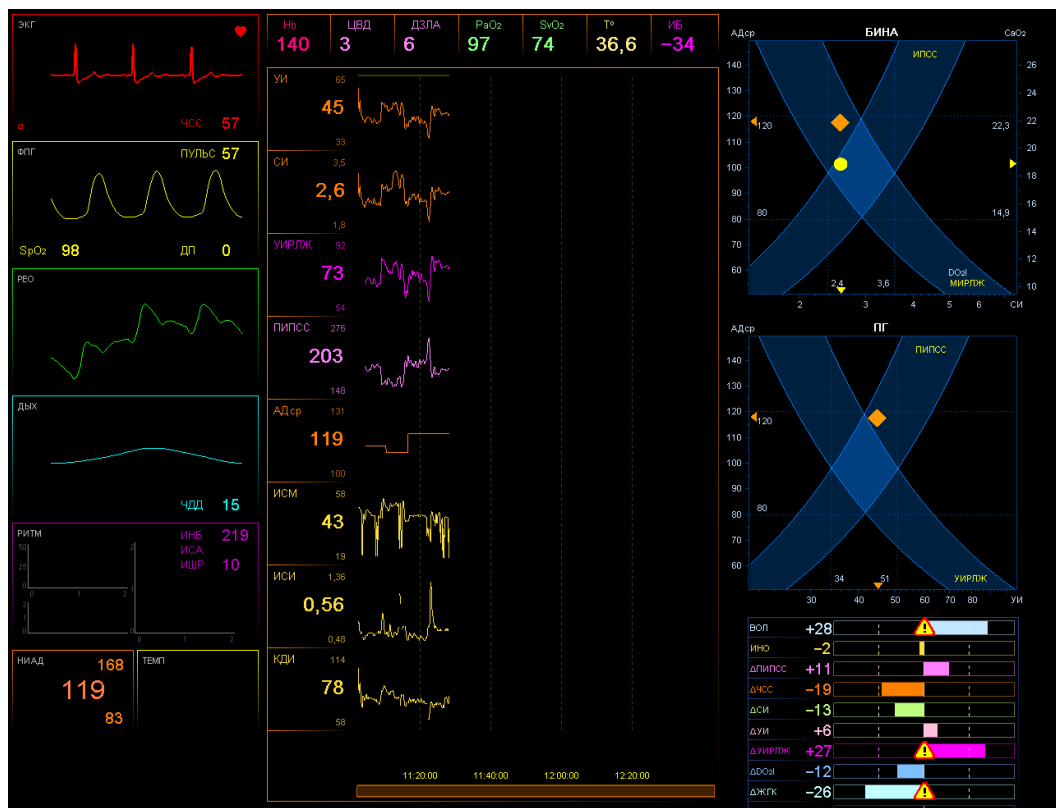


Рисунок 3 – Экран отображения трендов «Системы интегрального мониторинга «Симона 111».

Кроме непосредственно измеренных данных система позволяет провести оценку параметров, индексированных к площади поверхности тела и интегральных показателей, что в свою очередь повышает точность диагностики текущего функционального состояния обследуемого.

В качестве модельной нагрузки использовалась холодовая проба с локальной гипотермией кисти и стопы в воде в течение 1 минуты с температурной градацией 24°, 15° и 8°C, которая вызывает соответственно легкое, умеренное и сильное напряжение организма [296]. После каждой из проб период восстановления составлял 25 минут, так как полное восстановление кровообращения после холодовой пробы происходит спустя 20-25 мин [173].

2.2. Методы исследования

Для расчета относительных величин у обследуемых определялись антропометрические показатели в начале исследования измеряли длину тела в положении стоя (см) и массу тела (кг) по общепринятой методике (табл. 1).

Таблица 1 – Антропометрические показатели обследованных групп, (M (Q₁; Q₂))

Показатель	Девушки (n=30)	Юноши (n=27)
Длина тела, см	164,0 (157,0; 168,5)	176,0 (171,0; 182,0)
Масса тела, кг	52,0 (49,0; 60,0)	72,0 (63,0; 85,0)

Данные показатели использовались для расчета площади поверхности тела (ППТ) по формуле Дю Буа с целью нивелирования индивидуальных различий, связанных с полом, длиной и массой тела.

$$\text{ППТ} = \text{МТ}^{0,425} \times \text{Р}^{0,725} \times 71,84 \times 10^{-4} (\text{м}^2), \text{ где}$$

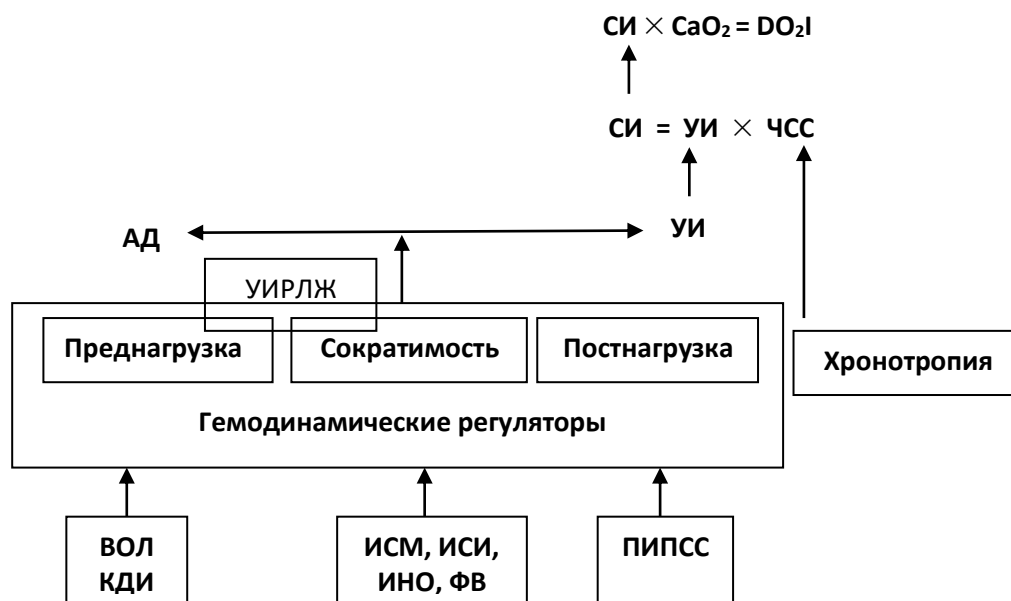
МТ – масса тела в кг, Р – длина тела в см [323].

Для оценки реакции системы кровообращения на локальное охлаждение анализировались показатели центральной и периферической гемодинамики, а также некоторые интегральные показатели. Всего проведено 2850 исследований, проанализировано более 12000 показателей (табл. 2).

Таблица 2 – Методы и общий объем проведенных исследований

Цель обследования	Метод исследования	Количество обследованных	Количество исследований	Количество полученных показателей одного исследования, в т.ч. расчетных	Всего показателей
Определение длины и массы тела	Антропометрия	57	57	3	171
Определение показателей центральной гемодинамики	Реография	57	399	12	4788
	Сфигмоманометрия	57	399	5	1995
	Пульсоксиметрия	57	399	2	798
	Электрокардиография	57	399	2	798
Определение показателей периферической гемодинамики	Реография	57	399	2	798
	Фотоплетизмография	57	399	4	1596
Определение интегральных показателей гемодинамики	Реография Сфигмоманометрия Фотоплетизмография Электрокардиография Пульсоксиметрия	57	399	3	1197
Итого		57	2850	33	12141

Современный системный подход в изучении гемодинамики основан на одновременном и непрерывном измерении и оценке взаимовлияния гемодинамических регуляторов, а именно, преднагрузки, сократимости и постнагрузки, которые формируют артериальное давление и перфузионный кровоток (сердечный индекс – СИ). Последний, в свою очередь, обеспечивает доставку кислорода (DO₂I) в соответствии с метаболическими потребностями организма (рис. 4) [26].



Примечание: ВОЛ – отклонение от нормы волемического статуса (%), КДИ – конечный диастолический индекс левого желудочка (мл/м²), ИСМ – индекс сократимости миокарда (1/сек), ИСИ – индекс состояния инотропии (1/сек²), ИНО – отклонение от нормы сократимости левого желудочка (%), ФВ – фракция выброса левого желудочка (%), ПИПСС – пульсовой индекс периферического сосудистого сопротивления (10⁻³ × дин × сек/см⁵/м²), АД – артериальное давление (мм рт.ст.), ЧСС – частота сердечных сокращений (уд/мин), УИ – ударный индекс (мл/уд./м²), СИ – сердечный индекс (л/мин/м²), CaO₂ – содержание кислорода в артериальной крови (мл/100мл), DO₂I – индекс доставки кислорода (мл/мин/м²).

Рисунок 4 – Схема системной гемодинамики и характеризующих её показателей [26].

В работе использовалась тетраполярная трансторакальная реокардиография по методу Кубичека в модификации Шрамека-Бернштейна [271]. С помощью этого метода определяли основные гемодинамические показатели: ударный объем сердца (УО, мл/уд.), ударный индекс (УИ, мл/уд./м²), минутный объем кровотока (МОК, л/мин), сердечный индекс (СИ,

л/мин/м²), конечный диастолический объем (КДО, мл), частоту сердечных сокращений (ЧСС, уд./мин). Показатели УО, ЧСС измерялись системой «СИМОНА 111», остальные рассчитывались.

Сердечный индекс (СИ, л/мин/м²) и ударный индекс предназначены для нивелирования индивидуальных различий, связанных с полом, длиной тела и весом. Величина СИ вычислялась как отношение МОК к площади поверхности тела:

$$\text{СИ} = \text{МОК} / \text{ППТ} \text{ (л/мин/м}^2\text{)}, \text{ где}$$

МОК – минутный объем крови (л/мин), ППТ – площадь поверхности тела (м²).

Сердечный индекс в условиях основного обмена у здоровых людей в среднем равен $3,2 \pm 0,3$ л/мин/ м².

Минутный объем кровотока (МОК, л/мин) рассчитывался умножением ударного объема (УО, мл/уд) на частоту сердечных сокращений (ЧСС, уд./мин):

$$\text{МОК} = \text{УО} \times \text{ЧСС} \text{ (л/мин)}$$

Ударный индекс (УИ, мл/уд./м²) вычисляется по формуле:

$$\text{УИ} = \text{УО} / \text{ППТ} \text{ (мл/уд./м}^2\text{)}, \text{ где}$$

УО – ударный объем (мл/уд.), ППТ – площадь поверхности тела (м²).

Величина ударного индекса в норме равна примерно 41 мл/м² у взрослого человека.

Конечно-диастолический объем (КДО, мл) складывается из конечно-систолического и ударного (систолического) объема и рассчитывается по формуле:

$$\text{КДО} = \text{КСО} + \text{УО} \text{ (мл)}, \text{ где}$$

КСО – конечный систолический объем (мл), УО – ударный объем (мл/уд.).

Конечно-диастолический объем, индексированный на площадь поверхности тела, называется конечно-диастолический индекс левого желудочка (КДИ, мл/м²), вычислялся по формуле:

$КДИ = КДО/ППТ \text{ (мл/м}^2\text{)}, \text{ где}$

КДО – конечный диастолический объем (мл), ППТ – площадь поверхности тела (м^2).

Показатель КДИ характеризует уровень преднагрузки (волемии). К этой же группе относится и волемический статус (ВОЛ, %), отражающий процент отклонения от нормы объема циркулирующей крови (за середину нормы принято нулевое отклонение). В норме он равен $0\pm 20\%$. При снижении объема циркулирующей крови (гиповолемии) $ВОЛ < -20\%$. При повышении объема циркулирующей крови (гиперволемии) $ВОЛ > 20\%$. Таким образом, интервал нормы от -20% до 20% .

В каждом сердечном цикле при помощи аппарата «СИМОНА 111» продолжительное время измеряли неинвазивные показатели сократимости миокарда:

- Индекс состояния инотропии (ИСИ, $1/\text{сек}^2$), который отражает максимальное ускорение крови при выбросе из левого желудочка в аорту. при повышении сократимости миокарда ИСИ увеличивается, и наоборот при понижении сократимости – улучшается.

- Индекс сократимости миокарда (ИСМ, $1/\text{сек}$), отражающий максимальную скорость выброса крови из левого желудочка в аорту. Он увеличивается при улучшении и снижается при ухудшении сократимости миокарда.

- Инотропия (ИНО, $\pm\Delta\%$) показывает процентное отклонение от среднего значения нормы объёма крови, выбрасываемой из левого желудочка в аорту, называется ИНО – инотропия – сократимость левого желудочка (в норме величина ИНО равняется $0\pm 20\%$). Величина ИНО увеличивается при улучшении и снижается при ухудшении сократимости миокарда.

Величина фракции выброса (ФВ, %) измерялась на основании совместного анализа реографического и ЭКГ сигнала и рассчитывалась по формуле:

$$ФВ = 0,84 - 0,64 \times (PEP/LVET) (\%), \text{ где}$$

ФВ – фракция выброса левого желудочка (%), PEP – период предизгнания левого желудочка (мсек), LVET – период изгнания левого желудочка (мсек) [277].

Фракция выброса левого желудочка отражает % объема крови, выбрасываемой левым желудочком в аорту. Среднее значение нормы 60%. У здоровых людей ФВ может колебаться на $\pm 2\%$ от индивидуальной нормы, которая составляет 58-67%.

Артериальное давление измерялось с помощью встроенного в аппаратный комплекс электронно-измерительного блока методом сфигмоманометрии.

Среднее артериальное давление (АД_{ср}, мм рт. ст.) рассчитывалось по формуле Хикема [27].

$$\text{АД}_{\text{ср}} = \text{АД}_{\text{д}} + 0,42 \times \text{ПД} \text{ (мм рт.ст.)}, \text{ где}$$

АД_д – диастолическое артериальное давление (мм рт.ст.), ПД – пульсовое давление (мм рт.ст.).

Мощность сердечного насоса измеряется минутным индексом работы левого желудочка (МИРЛЖ, кг·м/мин/м²), который показывает количество физической работы левого желудочка за одну минуту по поднятию давления крови от уровня ДЗЛА до АД_{ср}. из расчета на единицу ППТ:

$$\text{МИРЛЖ} = 0,0144 \times (\text{АД}_{\text{ср}} - \text{ДЗЛА}) \times \text{СИ} \text{ (кг·м/мин/м}^2\text{)}, \text{ где}$$

АД_{ср} – среднее артериальное давление (мм рт.ст.), ДЗЛА – давление заклинивания легочной артерии (мм рт.ст.), СИ – сердечный индекс (л/мин/м²).

Величина минутного индекса работы левого желудочка (МИРЛЖ) наиболее информативный показатель центральной гемодинамики, отражающий суммарный баланс волеми и инотропии. Физиологически МИРЛЖ показывает способность миокарда совершать определенный объем работы за одну минуту и, тем самым, усваивать кислород за этот же период времени. Другими словами, если потребление кислорода миокардом

находится на нормальном уровне, то насосная функция сердца тоже нормальная.

Снижение МИРЛЖ наблюдается при сердечной недостаточности, пониженной сократимости, низком МОК и/или СИ. Положительные инотропные препараты повышают МИРЛЖ. У здоровых людей при физической нагрузке вместе с повышением потребления кислорода сердечной мышцей возрастает и величина МИРЛЖ.

Еще одним показателем, характеризующим работу левого желудочка является ударный индекс работы левого желудочка (УИРЛЖ, г·м/уд/м²), который показывает количество физической работы левого желудочка за период одной систолы по поднятию давления крови от уровня ДЗЛА до АДср из расчета на единицу ППТ и определяется как:

$$\text{УИРЛЖ} = 0,0144 \times (\text{АДср} - \text{ДЗЛА}) \times \text{УИ} \text{ (г·м/уд/м}^2\text{)}, \text{ где}$$

АДср – среднее артериальное давление (мм рт.ст.), ДЗЛА – давление заклинивания легочной артерии (мм рт.ст.), УИ – ударный индекс (мл/уд/м²).

При нормоволемии УИРЛЖ отражает способность миокарда усваивать кислород за один сердечный цикл.

Известно, что по уровню насыщенности крови кислородом можно судить о метаболизме в тканях и функции основных систем органов [99, 258]. Для измерения этого показателя используют, в том числе неинвазивный способ пульсоксиметрии – методика определения количества кислорода, связанного с гемоглобином, в артериальной крови. К каждой молекуле гемоглобина может присоединиться до четырех молекул кислорода. Средний процент насыщения молекул гемоглобина является кислородной сатурацией крови (SpO₂, %). Величина 100% сатурации означает, что каждая молекула гемоглобина в исследуемом объеме крови переносит четыре молекулы кислорода.

Компонентом, характеризующим периферический кровоток, является концентрация кислорода в артериальной крови (CaO₂, мл/100мл):

$$\text{CaO}_2 = 1,34 \times \text{Hb}/10 \times \text{SpO}_2 / 100 + \text{PaO}_2 \times 0,0031 \text{ (мл/100мл)}, \text{ где}$$

SpO_2 – сатурация артериальной крови (%), Hb – гемоглобин артериальной крови (г/л), PaO_2 – парциальное давление кислорода в плазме артериальной крови (мм рт.ст).

С показателем содержание кислорода в артериальной крови непосредственно связан и может быть через него рассчитан индекс доставки кислорода (DO_2I , мл/мин/ m^2):

$$DO_2I = CI \times CaO_2 \times 10 \text{ (мл/мин/м}^2\text{)}, \text{ где}$$

CI – сердечный индекс (л/мин/ m^2), CaO_2 – содержание кислорода в артериальной крови (мл/100мл).

Методом фотоплетизмографии, основанном на регистрации оптической плотности исследуемой ткани (датчик накладывался на палец руки), регистрировали пульсовой индекс периферического сосудистого сопротивления (ПИПСС, $10^{-3} \times \text{дин} \times \text{сек/см}^5/\text{м}^2$). Показатель ПИПСС является важнейшим показателем периферической гемодинамики, количественно отражающим постнагрузку (системное сосудистое сопротивление за период одной систолы, сосудистый тонус) на левый желудочек сердца. Этот показатель важен для оценки изменения тонуса сосудов при различных физиологических состояниях.

Величины показателя ПИПСС ($10^{-3} \times \text{дин} \times \text{сек/см}^5/\text{м}^2$) рассчитывалась системой «СИМОНА 111» по формуле:

$$\text{ПИПСС} = 80 \times (\text{АДср.} - \text{ЦВД})/\text{УИ} \text{ (} 10^{-3} \times \text{дин} \times \text{с/см}^5/\text{м}^2\text{)}, \text{ где}$$

АДср – среднее артериальное давление (мм рт.ст.), ЦВД – центральное венозное давление (мм рт.ст.), УИ – ударный индекс (мл/уд./ m^2).

Вышеуказанные показатели гемодинамики характеризуют 3 традиционные группы функциональных показателей сердечно-сосудистой системы:

1. Центральная гемодинамика:

- гемодинамические регуляторы: преднагрузка (ВОЛ, КДИ), сократимость миокарда (ИСИ, ИСМ, ИНО, ФВ, КНМ).
- перфузионный кровоток (СИ и его регулятор – ЧСС).

- работа левого желудочка (УИРЛЖ, МИРЛЖ).
- гемодинамический статус (АДср и УИ).

2. Периферическая гемодинамика:

- постнагрузка (ПИПСС).
- транспорт кислорода (DO_2I).
- сатурация артериальной крови (SpO_2).
- содержание кислорода в артериальной крови (CaO_2)).

3. Интегральные показатели, которые отражают общий уровень функционирования сердечно-сосудистой системы:

- интегральный баланс (ИБ),
- кардиальный резерв (КР),
- адаптационный резерв (АР).

Интегральный баланс (ИБ, %) – сумма процентных отклонений от нормы значений всех вышеуказанных показателей центральной и периферической гемодинамики, в норме его значение составляет $0\pm 100\%$.

Кардиальный резерв (КР, у.е.) отражает соотношение продолжительности фаз сердечного цикла: время диастолы, электрической и механической систол, в норме 5 ± 1 у.е.

Адаптационный резерв (АР, у.е.) отражает суммарный баланс ИБ и КР, в норме его значения составляют 500 ± 100 у.е.

При анализе результатов исследования производилось усреднение всех полученных показателей за 5-минутный отрезок времени.

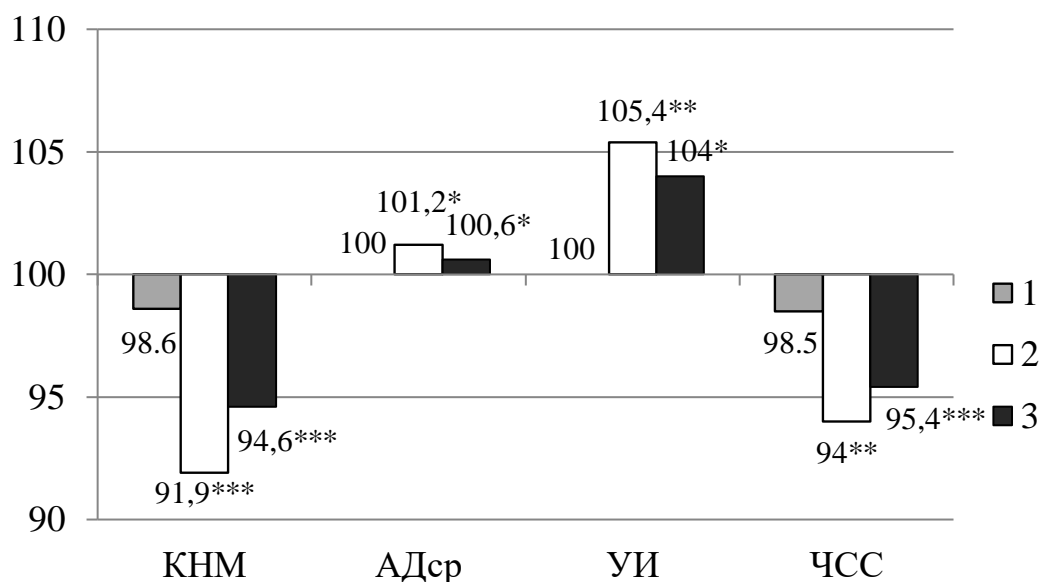
2.3. Статистическая обработка результатов

Полученные данные подвергались комплексной математической и статистической обработке с использованием прикладных пакетов программ “SPSS 20 for Windows”, Microsoft Excel MC OFFICE 2003. Непрерывные данные проверялись на нормальность распределения при помощи критерия Шапиро-Уилка (для выборок до 50 наблюдений). Так как данные не подчинялись закону нормального распределения, то результаты описательной статистики для них представлялись в виде медианы (Me), первого и третьего (Q_1 и Q_3) квартилей. Для сравнения групп применялся непараметрический критерий Фридмана, для попарных сравнений – одновыборочный критерий Вилкоксона для зависимых выборок с поправкой Бонферрони. Критический уровень значимости (p) при проверке статистических гипотез принимался равным 0,05.

Глава 3. РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

3.1. Реакция показателей центральной гемодинамики на локальное охлаждение кожи кисти и стопы

У юношей локальное холодное воздействие на кожу кисти вызывает ответные физиологические реакции со стороны центральной гемодинамики (табл. 3). Если показатели, характеризующие преднагрузку (ВОЛ, КДИ), сократимость миокарда (ИСИ, ИСМ, ИНО, ФВ) и работу левого желудочка (УИРЛЖ, МИРЛЖ), в ответ на холодные пробы практически не изменились, то с показателями гемодинамического статуса и перфузии произошли статистически значимые изменения. Величины показателей, отражающих гемодинамический статус, возросли по сравнению с фоном: АДср – на 1,2% ($p=0,014$) и на 0,6% ($p=0,041$), УИ на 5,4% ($p=0,005$) и на 4,0% ($p=0,028$). Обращает внимание, что из показателей сократимости миокарда отмечалось снижение только КНМ на 8,1% ($p<0,001$) и на 5,4% ($p<0,001$), характеризующего эффективность сердечных сокращений. Кроме того, отмечалось снижение перфузионного кровотока вследствие снижения ЧСС на 6,0% ($p=0,002$) и на 4,6% ($p=0,001$) соответственно. Следует подчеркнуть, что указанные выше изменения в деятельности центральной гемодинамики произошли в ответ на локальное холодное воздействие только температурой 15°C и 8°C (рис. 5).



Примечание: За 100 % принята исходная величина до холодового воздействия; значимость различий реакций на локальное охлаждение относительно фона * - $p \leq 0,05$; ** - $p \leq 0,01$; *** - $p \leq 0,001$ (критерий Т-Вилкоксона с поправкой Бонферрони); КНМ – коэффициент напряжения миокарда, у.е.; АДср – среднее артериальное давление, мм рт. ст.; УИ – ударный индекс, мл/уд./м²; ЧСС – частота сердечных сокращений, уд/мин.

Рисунок 5 – Изменение показателей центральной гемодинамики после локального охлаждения кожи кисти у юношей при температуре 24°C (1), 15°C (2) и 8°C (3).

Таблица 3 – Изменение показателей центральной гемодинамики у юношей (n =27) в ответ на локальное охлаждение кожи кисти, Me (Q1; Q3)

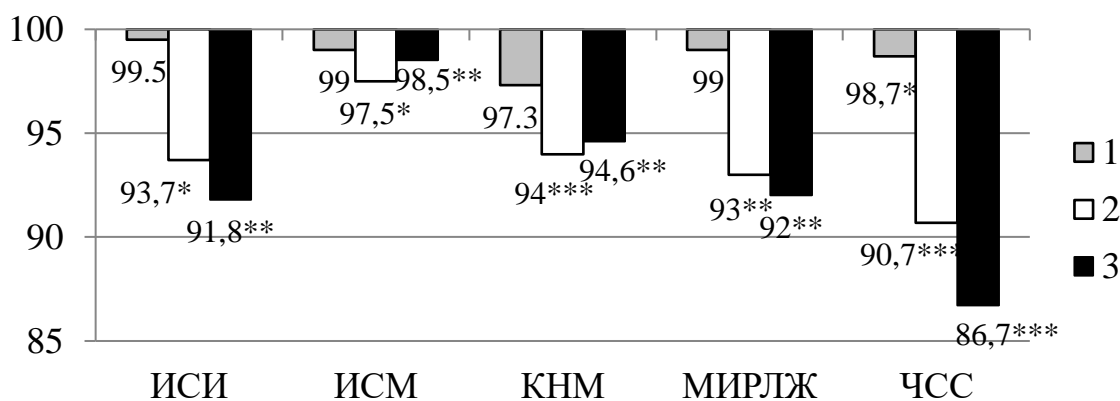
Показатели	Этап исследования				p	p 1-2	p 1-3	p 1-4	p 2-3	p 2-4	p 3-4
	1	2	3	4							
Отклонение от нормы волемического статуса, %	8,00 (-2,004; 23,00)	10,00 (-2,00; 21,00)	9,00 (-4,00; 17,00)	9,00 (-6,00; 18,00)	0,754						
Конечный диастолический индекс левого желудочка, мл/м ²	119,00 (95,00; 129,00)	120,00 (97,00; 130,00)	124,00 (112,00; 133,00)	120,00 (104,00; 133,00)	0,139						
Индекс состояния инотропии, 1/сек ²	1,75 (1,38; 2,15)	1,79 (1,33; 2,18)	1,69 (1,56; 1,94)	1,67 (1,35; 1,92)	0,175						
Индекс сократимости миокарда, 1/сек	90,00 (75,00; 114,00)	88,00 (75,00; 105,00)	97,00 (80,00; 112,00)	96,00 (82,00; 105,00)	0,390						
Отклонение от нормы сократимости левого желудочка, %	40,00 (7,00; 55,00)	42,00 (4,00; 55,00)	41,00 (27,00; 53,00)	39,00 (17,00; 52,00)	0,504						
Фракция выброса левого желудочка, %	62,00 (60,00; 63,00)	61,00 (60,00; 63,00)	62,00 (61,00; 63,00)	62,00 (60,00; 63,00)	0,152						
Коэффициент напряжения миокарда, у.е.	74,00 (67,00; 84,00)	73,00 (67,00; 84,00)	68,00 (59,00; 81,00)	70,00 (62,00; 77,00)	<0,001	0,237	<0,001	<0,001	0,001	0,001	0,360

Продолжение таблицы 3

Показатели	Этап исследования				p	p 1-2	p 1-3	p 1-4	p 2-3	p 2-4	p 3-4
	1	2	3	4							
Ударный индекс работы левого желудочка, г×м/уд/м ²	77,00 (67,00; 96,00)	80,00 (67,00; 99,00)	84,00 (76,00; 93,00)	83,00 (70,00; 93,00)	0,506						
Минутный индекс работы левого желудочка, кг×м/мин/м ²	5,20 (4,40; 6,00)	5,50 (4,30; 6,70)	5,10 (4,60; 6,30)	5,20 (4,60; 6,00)	0,690						
Ударный индекс, мл/уд./м ²	74,00 (59,00; 81,00)	74,00 (60,00; 82,00)	78,00 (68,00; 81,00)	77,00 (66,00; 80,00)	0,004	0,506	0,005	0,028	0,011	0,127	0,018
Среднее артериальное давление, мм рт.ст.	83,00 (80,00-93,00)	83,00 (80,00-92,00)	84,00 (80,00-89,00)	83,50 (78,00-88,00)	0,027	0,918	0,014	0,041	0,043	0,135	0,727
Сердечный индекс, л/мин/м ²	4,60 (3,50; 5,60)	5,00 (3,40; 5,80)	4,90 (3,90; 5,30)	4,70 (4,10; 5,20)	0,237						
Частота сердечных сокращений, уд/мин	66,00 (60,00; 74,00)	70,00 (61,00; 76,00)	62,00 (59,00; 73,00)	63,00 (58,00; 69,00)	<0,001	0,920	0,002	0,001	0,001	<0,001	0,586

Примечание: 1 – исходное состояние до охлаждения, 2 – охлаждение при 24°C, 3 – охлаждение при 15°C, 4 – охлаждение при 8°C; p – значимость различий при сравнении групп (непараметрический критерий Фридмана для k-связанных групп). Сравнение зависимых выборок осуществлялось непараметрическим критерием Т-Вилкоксона с поправкой Бонферрони: p 1-2, p 1-3, p 1-4 – значимость различий реакций на локальное охлаждение (2, 3, 4) относительно фона (1); p 2-3, p 2-4, p 3-4 – значимость различий между соответствующими холодowymi пробами (2, 3, 4).

Анализ полученных результатов показал, что локальное охлаждение кожи кисти у девушек так же, как и у юношей, приводит к изменениям показателей центральной гемодинамики (табл. 4). При этом статистически значимые изменения происходят только с показателями, характеризующими сократимость миокарда (ИСИ, ИСМ, КНМ), работу левого желудочка (МИРЛЖ) и перфузионный кровоток (ЧСС), а показатели преднагрузки (ВОЛ, КДИ) не претерпевают существенных изменений. Так, при температуре 15 и 8°С отмечается понижение ИСИ на 6,3% ($p=0,012$) и на 8,2% ($p=0,007$), ИСМ на 2,5% ($p=0,033$) и на 1,5% ($p=0,010$), КНМ на 6% ($p<0,001$) и на 5,4% ($p=0,002$), МИРЛЖ на 7,0% ($p=0,003$) и на 8,0% ($p=0,002$), а при температуре 24, 15 и 8°С снижается ЧСС на 1,3% ($p=0,013$), на 9,3% ($p=0,001$) и на 13,3% ($p<0,001$) соответственно (рис. 6).



Примечание: За 100 % принята исходная величина до холодового воздействия; значимость различий реакций на локальное охлаждение относительно фона * - $p\leq 0,05$; ** - $p\leq 0,01$; *** - $p\leq 0,001$ (критерий Т-Вилкоксона с поправкой Бонферрони); ИСИ – индекс состояния инотропии, $1/\text{сек}^2$; ИСМ – индекс сократимости миокарда, $1/\text{сек}$; КНМ – коэффициент напряжения миокарда, у.е.; МИРЛЖ – минутный индекс работы левого желудочка, $\text{кг}\times\text{м}/\text{мин}/\text{м}^2$; ЧСС – частота сердечных сокращений, $\text{уд}/\text{мин}$.

Рисунок 6 – Изменение показателей центральной гемодинамики после локального охлаждения кожи кисти у девушек при температуре 24°С (1), 15°С (2) и 8°С (3).

Таблица 4 – Изменение показателей центральной гемодинамики у девушек (n =30) в ответ на локальное охлаждение кожи кисти, Me (Q1; Q3)

Показатели	Этап исследования				p	p 1-2	p 1-3	p 1-4	p 2-3	p 2-4	p 3-4
	1	2	3	4							
Отклонение от нормы волемического статуса, %	8,50 (-12,75; 18,50)	3,50 (-6,75; 17,00)	2,50 (-7,00; 19,25)	2,50 (-10,00; 15,00)	0,947						
Конечный диастолический индекс левого желудочка, мл/м ²	120,50 (86,50; 148,75)	118,50 (92,75; 144,00)	123,00 (91,00; 142,25)	126,00 (87,75; 140,25)	0,545						
Индекс состояния инотропии, 1/сек ²	1,90 (1,47; 2,34)	1,89 (1,49; 2,46)	1,78 (1,43; 2,09)	1,74 (1,32; 2,09)	<0,001	0,143	0,012	0,007	0,007	0,002	0,414
Индекс сократимости миокарда, 1/сек	98,50 (86,00; 116,50)	97,50 (87,25; 119,25)	96,00 (78,00; 108,25)	97,00 (70,50; 107,75)	0,001	0,096	0,033	0,010	0,002	<0,001	0,290
Отклонение от нормы сократимости левого желудочка, %	52,00 (18,50; 99,25)	50,50 (22,75; 89,25)	54,00 (17,00; 82,75)	55,50 (22,50; 79,75)	0,274						
Фракция выброса левого желудочка, %	62,50 (61,00; 64,00)	62,00 (62,00; 64,00)	63,00 (62,00; 64,00)	63,00 (62,00; 64,00)	0,354						
Коэффициент напряжения миокарда, у.е.	74,50 (66,75; 86,25)	72,50 (62,50; 82,25)	70,00 (60,00; 75,50)	70,50 (60,75; 77,50)	<0,001	0,069	<0,001	0,002	0,005	0,031	0,873

Продолжение таблицы 4

Показатели	Этап исследования				p	p 1-2	p 1-3	p 1-4	p 2-3	p 2-4	p 3-4
	1	2	3	4							
Ударный индекс работы левого желудочка, г×м/уд/м ²	84,50 (62,50; 105,75)	79,50 (63,00; 106,25)	75,50 (60,75; 104,25)	79,00 (62,75; 98,75)	0,122						
Минутный индекс работы левого желудочка, кг×м/мин/м ²	5,70 (4,35; 7,72)	5,60 (4,25; 7,55)	5,30 (4,00; 6,95)	5,25 (3,95; 6,45)	0,028	0,298	0,003	0,002	0,006	0,007	0,530
Среднее артериальное давление, мм рт. ст.	83,00 (77,00-89,00)	82,50 (78,00-88,00)	81,00 (74,75-87,00)	81,50 (75,00-86,25)	0,095						
Ударный индекс, мл/уд./м ²	73,50 (55,75; 91,00)	73,00 (59,75; 89,25)	76,50 (59,25; 88,75)	76,50 (57,25; 89,25)	0,462						
Сердечный индекс, л/мин/м ²	5,25 (3,80; 7,18)	5,20 (3,88; 6,50)	5,10 (3,95; 6,32)	5,30 (3,50; 5,70)	0,061						
Частота сердечных сокращений, уд/мин	75,00 (66,25; 77,50)	71,50 (62,25; 78,00)	68,00 (62,00; 74,20)	65,00 (60,75; 77,00)	<0,001	0,013	0,001	<0,001	0,041	0,067	0,618

Примечание: 1 – исходное состояние до охлаждения, 2 – охлаждение при 24°C, 3 – охлаждение при 15°C, 4 – охлаждение при 8°C; p – значимость различий при сравнении групп (непараметрический критерий Фридмана для k-связанных групп). Сравнение зависимых выборок осуществлялось непараметрическим критерием Т-Вилкоксона с поправкой Бонферрони: p 1-2, p 1-3, p 1-4 – значимость различий реакций на локальное охлаждение (2, 3, 4) относительно фона (1); p 2-3, p 2-4, p 3-4 – значимость различий между соответствующими холодowymi пробами (2, 3, 4).

В целом следует отметить, что при локальном охлаждении кожи кисти у девушек происходят более выраженные изменения показателей центральной гемодинамики, чем у юношей (табл. 5).

Таблица 5 – Изменения показателей центральной гемодинамики в ответ на локальное охлаждение кожи кисти температурой 24°C (1), 15°C (2), 8°C (3) (в % к исходному)

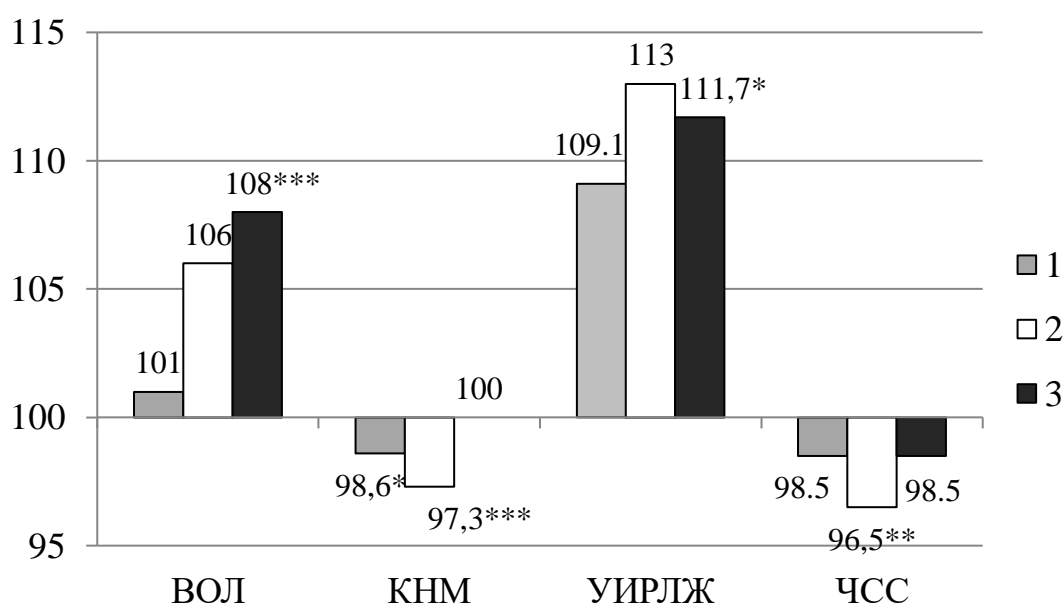
Показатели	Юноши (n =27)			Девушки (n =30)		
	1	2	3	1	2	3
Отклонение от нормы волемического статуса, %	2,0	1,0	1,0	-5,0	-6,0	-6,0
Конечный диастолический индекс левого желудочка, мл/м ²	0,8	4,2	0,8	-1,7	2,1	4,6
Индекс состояния инотропии, 1/сек ²	2,3	-3,4	-4,6	0,5	-6,3*	-8,2**
Индекс сократимости миокарда, 1/сек	-2,2	7,8	6,7	3,0	-2,5*	-1,5**
Отклонение от нормы сократимости левого желудочка, %	2,0	1,0	-1,0	-1,5	2,0	3,5
Фракция выброса левого желудочка, %	1,6	0	0	-0,8	0,8	0,8
Коэффициент напряжения миокарда, у.е.	-1,4	-8,1***	-5,4***	-2,7	-6,0***	-5,4**
Ударный индекс работы левого желудочка, г×м/уд/м ²	3,9	9,1	7,8	-5,9	-10,6	-6,5

Продолжение таблицы 5

Показатели	Юноши (n =27)			Девушки (n =30)		
	1	2	1	2	1	2
Минутный индекс работы левого желудочка, кг×м/мин/м ²	5,8	-1,9	0	-1,0	-7,0**	-8,0**
Среднее артериальное давление, мм рт. ст.	1,2	1,2*	0,6*	-0,6	-2,4	-1,8
Ударный индекс, мл/уд./м ²	0	5,4**	4,0*	-0,7	4,8	4,8
Сердечный индекс, л/мин/м ²	8,7	6,5	2,1	-1,0	-3,0	1,0
Частота сердечных сокращений, уд/мин	-1,5	-6,0**	-4,6***	-1,3*	-9,3***	-13,3***

Примечание: Изменения по сравнению с исходным состоянием статистически значимы: * - $p \leq 0,05$; ** - $p \leq 0,01$; *** - $p \leq 0,001$.

Анализ полученных результатов показал, что локальное холодовое воздействие на кожу стопы вызывает ответные физиологические реакции со стороны центральной гемодинамики у юношей (табл. 6). При этом изменяются показатели преднагрузки (ВОЛ), сократимости миокарда (КНМ), работы левого желудочка (УИРЛЖ) и перфузии (ЧСС). Так, при температуре 24°C и 15°C происходит статистически значимое понижение КНМ на 1,4% ($p=0,014$) и на 2,7% ($p=0,001$), при температуре 15°C отмечается снижение ЧСС на 7,5% ($p=0,008$), а при температуре 8°C отмечается увеличение отклонения от нормы волемического статуса ВОЛ на 8,0 % ($p=0,001$) и УИРЛЖ на 11,7% ($p=0,016$) (рис. 7).



Примечание: За 100 % принята исходная величина до холодового воздействия; значимость различий реакций на локальное охлаждение относительно фона * - $p \leq 0,05$; ** - $p \leq 0,01$; *** - $p \leq 0,001$ (критерий Т-Вилкоксона с поправкой Бонферрони); ВОЛ – отклонение от нормы волемического статуса, %; КНМ – коэффициент напряжения миокарда, у.е.; УИРЛЖ – ударный индекс работы левого желудочка, $г \times м / уд / м^2$; ЧСС – частота сердечных сокращений, уд/мин.

Рисунок 7 – Изменение показателей центральной гемодинамики после локального охлаждения кожи стопы у юношей при температуре 24°C (1), 15°C (2) и 8°C (3).

Таблица 6 – Изменение показателей центральной гемодинамики у юношей (n =27) в ответ на локальное охлаждение кожи стопы, Me (Q1; Q3)

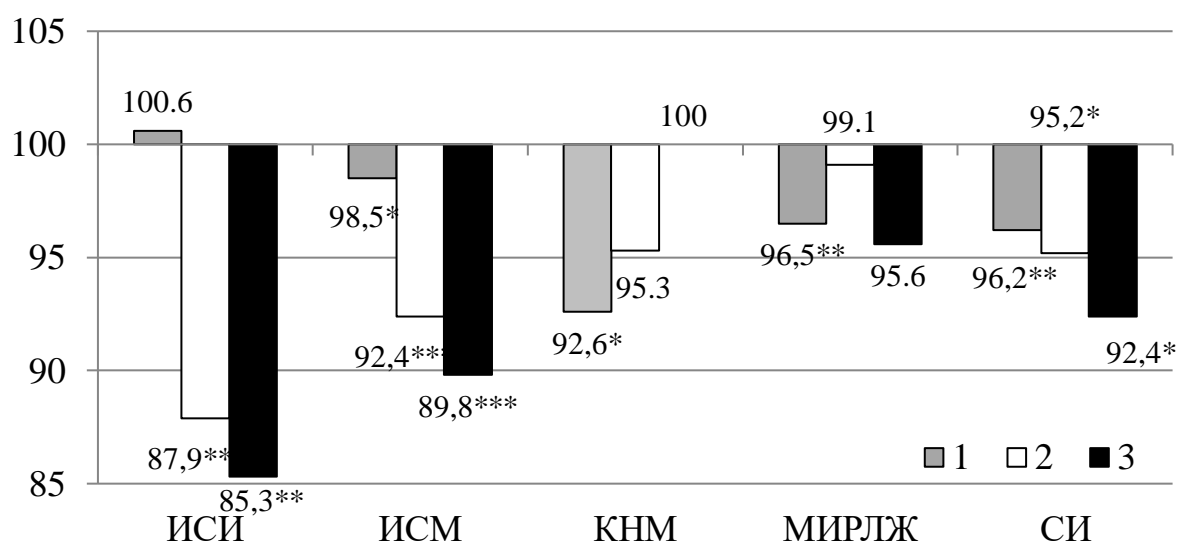
Показатели	Этап исследования				p	p 1-2	p 1-3	p 1-4	p 2-3	p 2-4	p 3-4
	1	2	3	4							
Отклонение от нормы волемического статуса, %	8,00 (-2,00; 23,00)	9,00 (-2,00; 19,00)	14,00 (-2,00; 24,00)	16,00 (5,00-24,00)	0,001	0,355	0,280	0,001	0,158	0,001	0,018
Конечный диастолический индекс левого желудочка, мл/м ²	119,00 (95,00; 129,00)	122,00 (97,00; 132,00)	124,00 (108,00; 131,00)	120,00 (99,00; 129,00)	0,419						
Индекс состояния инотропии, 1/сек ²	1,75 (1,38; 2,15)	1,56 (1,25; 1,77)	1,62 (1,33; 1,92)	1,53 (1,20; 2,00)	0,251						
Индекс сократимости миокарда, 1/сек	90,00 (75,00; 114,00)	86,00 (63,00; 108,00)	90,00 (72,00; 118,00)	84,00 (69,00; 105,00)	0,296						
Отклонение от нормы сократимости левого желудочка, %	40,00 (7,00; 55,00)	40,00 (4,00; 51,00)	42,00 (16,00; 52,00)	41,00 (13,00; 58,00)	0,388						
Фракция выброса левого желудочка, %	62,00 (60,00; 63,00)	61,00 (60,00; 62,00)	62,00 (61,00; 63,00)	62,00 (61,00; 63,00)	0,003	0,504	0,237	0,061	0,011	<0,001	0,226
Коэффициент напряжения миокарда, у.е.	74,00 (67,00; 84,00)	73,00 (64,00; 80,00)	72,00 (60,00; 77,00)	74,00 (65,00; 87,00)	0,003	0,014	0,001	0,190	0,394	0,112	0,008

Продолжение таблицы 6

Показатели	Этап исследования				p	p 1-2	p 1-3	p 1-4	p 2-3	p 2-4	p 3-4
	1	2	3	4							
Ударный индекс работы левого желудочка, г×м/уд/м ²	77,00 (67,00; 96,00)	84,00 (66,00; 92,00)	87,00 (74,00; 93,00)	86,00 (74,00; 101,00)	0,002	0,909	0,211	0,016	0,033	0,001	0,150
Минутный индекс работы левого желудочка, кг×м/мин/м ²	5,20 (4,40; 6,00)	5,40 (4,40; 6,10)	5,20 (4,50; 6,40)	5,70 (4,80; 6,30)	0,008	0,194	0,450	0,400	0,286	0,009	0,036
Среднее артериальное давление, мм рт. ст.	83,00 (80,00; 93,00)	84,00 (81,00; 91,00)	87,00 (81,00; 92,00)	88,00 (83,00; 95,00)	0,002	0,466	0,492	0,158	0,842	0,001	<0,001
Ударный индекс, мл/уд./м ²	74,00 (59,00; 81,00)	74,00 (61,00; 80,00)	77,00 (69,00; 81,00)	74,00 (64,00; 80,00)	0,142						
Сердечный индекс, л/мин/м ²	4,60 (3,50; 5,60)	4,70 (4,10; 5,30)	4,70 (4,10; 5,30)	4,80 (3,90; 5,50)	0,038	0,091	0,517	0,879	0,152	0,048	0,263
Частота сердечных сокращений, уд/мин	66,00 (60,00; 74,00)	65,00 (61,00; 72,00)	61,05 (59,00; 69,00)	65,00 (59,00; 72,00)	0,032	0,056	0,008	0,121	0,202	0,668	0,215

Примечание: 1 – исходное состояние до охлаждения, 2 – охлаждение при 24°C, 3 – охлаждение при 15°C, 4 – охлаждение при 8°C; p – значимость различий при сравнении групп (непараметрический критерий Фридмана для к-связанных групп). Сравнение зависимых выборок осуществлялось непараметрическим критерием Т-Вилкоксона с поправкой Бонферрони: p 1-2, p 1-3, p 1-4 – значимость различий реакций на локальное охлаждение (2, 3, 4) относительно фона (1); p 2-3, p 2-4, p 3-4 – значимость различий между соответствующими холодowymi пробами (2, 3, 4).

При анализе гемодинамических показателей, полученных в ходе исследования при локальном охлаждении стопы у девушек так же, как и у юношей, наблюдались изменения некоторых показателей центральной гемодинамики (табл. 7). Статистически значимые изменения произошли с показателями сократимости миокарда (ИСИ, ИСМ, ИНО, КНМ), работы левого желудочка (МИРЛЖ), АДср и перфузионного кровотока (СИ и ЧСС). Так, при температуре 24°C произошло понижение ИСМ на 1,5% ($p=0,031$), КНМ на 7,4% ($p=0,025$), МИРЛЖ на 3,5% ($p=0,007$), СИ на 3,8% ($p=0,003$) и ЧСС на 11,0% ($p=0,004$). При температуре 15°C отмечается понижение ИСИ на 12,1% ($p=0,002$), ИСМ на 7,6% ($p<0,001$) и СИ на 4,8% ($p=0,012$), а при 8°C понижение ИСИ на 14,7% ($p=0,003$), ИСМ на 10,2% ($p<0,001$), СИ на 7,6% ($p=0,020$) и возрастание ИНО на 0,5% ($p=0,043$) и АДср на 4,2% ($p=0,013$) (рис.8).



Примечание: За 100 % принята исходная величина до холодного воздействия; значимость различий реакций на локальное охлаждение относительно фона * - $p\leq 0,05$; ** - $p\leq 0,01$; *** - $p\leq 0,001$ (критерий Т-Вилкоксона с поправкой Бонферрони); ИСИ – индекс состояния инотропии, 1/сек²; ИСМ – индекс сократимости миокарда, 1/сек; КНМ – коэффициент напряжения миокарда, у.е.; МИРЛЖ – минутный индекс работы левого желудочка, кг×м/мин/м²; СИ – сердечный индекс, л/мин/м².

Рисунок 8 – Изменение некоторых показателей центральной гемодинамики после локального охлаждения кожи стопы у девушек при температуре 24°C (1), 15°C (2) и 8°C (3).

Таблица 7 – Изменение показателей центральной гемодинамики у девушек (n=30) в ответ на локальное охлаждение кожи стопы, Me (Q1; Q3)

Показатели	Этап исследования				p	p 1-2	p 1-3	p 1-4	p 2-3	p 2-4	p 3-4
	1	2	3	4							
Отклонение от нормы волемического статуса, %	8,50 (-12,75; 18,50)	2,00 (-8,25; 13,25)	2,50 (-5,25; 19,50)	8,50 (-5,00; 27,75)	0,001	0,765	0,166	0,106	0,016	0,003	0,023
Конечный диастолический индекс левого желудочка, мл/м ²	120,50 (86,50; 148,75)	118,50 (95,00; 144,75)	116,00 (90,75; 140,00)	121,00 (87,50; 142,25)	0,177						
Индекс состояния инотропии, 1/сек ²	1,90 (1,47; 2,34)	1,93 (1,54; 2,06)	1,67 (1,30; 2,00)	1,62 (1,31; 2,09)	0,001	0,524	0,002	0,003	0,004	0,014	0,882
Индекс сократимости миокарда, 1/сек	98,50 (86,00; 116,50)	97,00 (77,25; 108,50)	91,00 (72,50; 105,25)	88,50 (72,00; 103,50)	<0,001	0,031	<0,001	<0,001	0,009	<0,001	0,294
Отклонение от нормы сократимости левого желудочка, %	52,00 (18,50; 99,25)	54,50 (20,50; 81,00)	57,00 (15,75; 73,25)	52,50 (14,00; 77,75)	0,001	0,238	0,054	0,043	0,016	0,013	0,262
Фракция выброса левого желудочка, %	62,50 (61,00; 64,00)	62,00 (61,00; 63,00)	63,00 (61,00; 64,00)	63,00 (61,00; 64,00)	0,879						

Продолжение таблицы 7

Показатели	Этап исследования				p	p 1-2	p 1-3	p 1-4	p 2-3	p 2-4	p 3-4
	1	2	3	4							
Коэффициент напряжения миокарда, у.е.	74,50 (66,75; 86,25)	69,00 (62,75; 78,00)	71,00 (65,50; 77,25)	74,50 (66,75; 84,00)	0,038	0,025	0,228	0,957	0,164	0,010	0,053
Ударный индекс работы левого желудочка, г×м/уд/м ²	84,50 (62,50; 105,75)	79,50 (61,00; 102,75)	78,00 (58,75; 101,75)	83,00 (62,75; 110,50)	0,112						
Минутный индекс работы левого желудочка, кг×м/мин/м ²	5,70 (4,35; 7,72)	5,50 (4,15; 6,70)	5,65 (4,18; 7,10)	5,45 (4,52; 7,65)	0,003	0,007	0,087	0,399	0,077	0,001	0,017
Среднее артериальное давление, мм рт. ст.	83,00 (77,00; 89,00)	81,00 (75,75; 90,00)	83,00 (77,75; 89,25)	86,50 (80,00; 93,50)	<0,001	0,477	0,855	0,013	0,060	<0,001	<0,001
Ударный индекс, мл/уд./м ²	73,50 (55,75; 91,00)	73,50 (60,00; 91,00)	71,50 (57,50; 88,75)	71,50 (55,50; 88,00)	0,576						
Сердечный индекс, л/мин/м ²	5,25 (3,80; 7,18)	5,05 (3,88; 5,95)	5,00 (3,95; 6,12)	4,85 (3,98; 6,40)	0,042	0,003	0,012	0,020	0,205	0,311	0,352
Частота сердечных сокращений, уд/мин	75,00 (66,25; 77,50)	67,00 (60,00; 72,25)	67,50 (62,75; 74,00)	69,50 (64,00; 76,75)	0,021	0,004	0,062	0,289	0,124	0,034	0,232

Примечание: 1 – исходное состояние до охлаждения, 2 – охлаждение при 24°C, 3 – охлаждение при 15°C, 4 – охлаждение при 8°C; p – значимость различий при сравнении групп (непараметрический критерий Фридмана для k-связанных групп). Сравнение зависимых выборок осуществлялось непараметрическим критерием Т-Вилкоксона с поправкой Бонферрони: p 1-2, p 1-3, p 1-4 – значимость различий реакций на локальное охлаждение (2, 3, 4) относительно фона (1); p 2-3, p 2-4, p 3-4 – значимость различий между соответствующими холодowymi пробами (2, 3, 4).

Как видим, наиболее существенные изменения показателей центральной гемодинамики при локальном охлаждении кожи стопы отмечаются у девушек, чем у юношей (табл. 8).

Таблица 8 – Изменения показателей центральной гемодинамики в ответ на локальное охлаждение кожи стопы температурой 24°C (1), 15°C (2), 8°C (3) (в % к исходному)

Показатели	Юноши (n =27)			Девушки (n =30)		
	1	2	3	1	2	3
Отклонение от нормы волемиического статуса, %	1,0	6,0	8,0***	-6,5	-6,0	0
Конечный диастолический индекс левого желудочка, мл/м ²	2,5	4,2	0,8	-1,7	-3,7	0,4
Индекс состояния инотропии, 1/сек ²	-10,9	-7,4	-12,6	1,6	-12,1**	-14,7**
Индекс сократимости миокарда, 1/сек	-4,4	0	-6,7	-1,5*	-7,6***	-10,2***
Отклонение от нормы сократимости левого желудочка, %	0	2,0	1,1	2,5	5,0	0,5*
Фракция выброса левого желудочка, %	-1,6	0	0	-0,8	0,8	0,8
Коэффициент напряжения миокарда, у.е.	-1,4*	-2,7***	0	-7,4*	-4,7	0
Ударный индекс работы левого желудочка, г×м/уд/м ²	9,1	13,0	11,7*	-5,9	-7,7	-1,8

Продолжение таблицы 8

Показатели	Юноши (n =27)		Девушки (n =30)			
	1	2	1	2	1	2
Минутный индекс работы левого желудочка, кг×м/мин/м ²	3,8	0	9,6	-3,5**	-0,9	-4,4
Среднее артериальное давление, мм рт. ст.	1,2	4,8	6,0	-2,4	0	4,2*
Ударный индекс, мл/уд./м ²	0	4,0	0	0	-2,7	-2,7
Сердечный индекс, л/мин/м ²	2,2	2,2	4,3	-3,8**	-4,8*	-7,6*
Частота сердечных сокращений, уд/мин	-1,5	-7,5**	-1,5	-11,0**	-10,0	-7,3

Примечание: Изменения по сравнению с исходным состоянием статистически значимы: * - $p \leq 0,05$; ** - $p \leq 0,01$; *** - $p \leq 0,001$.

Таким образом, локальное холодное воздействие на кожу кисти и стопы приводит к возрастанию преднагрузки левого желудочка только у юношей и снижению сократимости миокарда (инотропии) и как следствие, снижению насосной функции сердца и перфузионного кровотока как у юношей, так и у девушек. Локальное охлаждение кистей и стоп вызывает сокращение артериальных сосудов не только в циркуляторной системе конечностей, но также в коронарных сосудах, в результате чего повышается кровяное давление [279, 288]. Рефлекторное урежение ЧСС, как физиологический ответ на возрастание артериального давления, не происходит. Это определяется тем, что вазоактивные вещества действуют напрямую на атриовентрикулярный узел, что ведет к увеличению производительности сердечной мышцы [264]. Показатель СИ – это индексированный к площади поверхности тела минутный объем

кровообращения, который отражает способность сердечно-сосудистой системы в достаточной степени удовлетворять потребность организма в кислороде [156]. Величина СИ напрямую зависит от ЧСС, то есть достижение необходимого значения СИ при холодовом воздействии происходит за счет снижения ЧСС. Однако известно, что умеренное общее охлаждение, как правило, приводит к нарастанию ЧСС [56, 151, 196]. Выявленное понижение ЧСС, возможно, обусловлено как индивидуальной восприимчивостью холода, так и приспособленностью северян к низким температурам воздушной среды. Если холодовые экспозиции повторяются часто, то соответствующие реакции системной гемодинамики ослабевают, снижается и вазопрессорный эффект, вызываемый холодом [49]. При длительном воздействии холода на организм [315] понижается активность симпатической регуляции сердца [270], уменьшается количество β_1 -адренорецепторов на сарколемме кардиомиоцитов [159] и повышается парасимпатическая активность [40] в регуляции системы кровообращения, что может приводить к понижению ЧСС.

В условиях локального охлаждения наибольшая реактивность сердечно-сосудистой системы отмечается при температуре 8 и 15°C, наименьшая – температурой 24°C. Девушки более восприимчивы к локальному охлаждению, чем юноши, так как уровень функциональной активности терморецепторов и температурная чувствительность определяется количеством чувствительных холодовых или тепловых точек [112, 305, 306, 307]. У девушек отношение площади поверхности кистей и стоп к общей площади тела больше, чем у юношей, а значит и количество термочувствительных рецепторов (холодовых точек) больше, кроме того у девушек кожные покровы тоньше, а значит быстрее охлаждаются, что и объясняет большую температурную чувствительность по сравнению с юношами. Выявленные изменения в большей мере выражены при охлаждении стопы, чем при охлаждении кисти, что может объясняться большей адаптированностью периферических терморецепторов кисти к

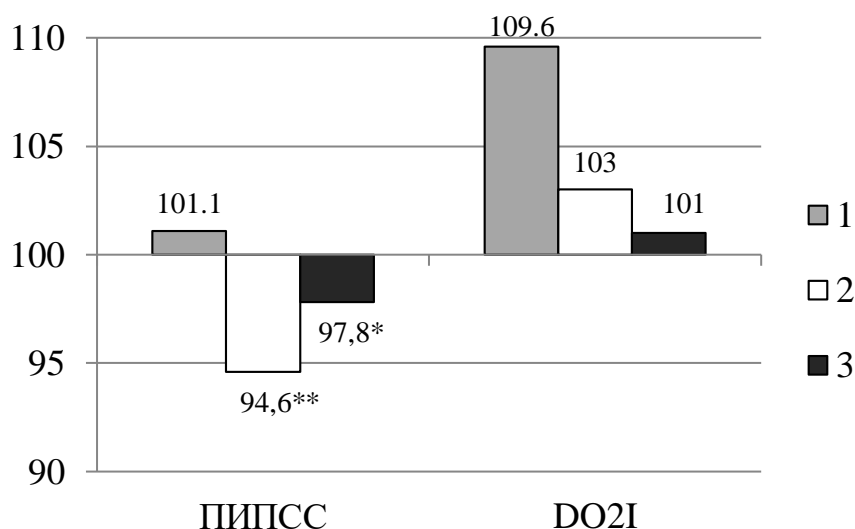
воздействию низких температур.

Установленные особенности реакций сердечно-сосудистой системы на локальное охлаждение кисти и стопы, вероятно, могут свидетельствовать о запуске компенсаторно-рефлекторного механизма поддержания гомеостаза при локальном охлаждении в данных условиях.

Результаты исследования свидетельствуют, о нарастании напряженности функционирования системы кровообращения в условиях локального охлаждения кожи кисти и стопы у юношей и девушек.

3.2. Изменение периферической гемодинамики при локальном охлаждении кисти и стопы

При анализе полученных результатов установлено, что локальное холодное воздействие на кожу кисти вызывает у юношей и девушек изменение показателей периферической гемодинамики (табл. 9). При этом, следует отметить, что показатели транспорта кислорода (DO_2I), сатурации артериальной крови (SpO_2), и содержания кислорода в артериальной крови (CaO_2) в ответ на локальное холодное воздействие практически не изменились, в то время как статистически значимые изменения произошли с показателем ПИПСС, который отражает системное сосудистое сопротивление за период одной систолы и является одним из важнейших индексов периферической гемодинамики, характеризующим постнагрузку (сосудистый тонус).



Примечание: За 100 % принята исходная величина до холодного воздействия; значимость различий реакций на локальное охлаждение относительно фона * - $p \leq 0,05$; ** - $p \leq 0,01$; *** - $p \leq 0,001$ (критерий Т-Вилкоксона с поправкой Бонферрони); ПИПСС – пульсовой индекс периферического сосудистого сопротивления, $10^{-3} \times \text{дин} \times \text{сек} / \text{см}^5 / \text{м}^2$; DO_2I – индекс доставки кислорода, $\text{мл} / \text{мин} / \text{м}^2$.

Рисунок 9 – Изменение показателей периферической гемодинамики после локального охлаждения кожи кисти у юношей при температуре 24°C (1), 15°C (2), 8°C (3).

Таблица 9 – Изменение показателей периферической гемодинамики у юношей (n=27) и девушек (n=30) в ответ на локальное охлаждение кожи кисти, Me (Q1; Q3)

Показатели	Пол	Этап исследования				p	p 1-2	p 1-3	p 1-4	p 2-3	p 2-4	p 3-4
		1	2	3	4							
Пульсовой индекс периферического сосудистого сопротивления, $10^{-3} \times \text{дин} \times \text{сек} / \text{см}^5 / \text{м}^2$	М	90,00 (80,00; 110,00)	91,00 (79,00; 115,00)	85,00 (76,00; 95,00)	88,00 (76,00; 106,00)	<0,001	0,330	0,001	0,012	0,005	0,050	0,223
	Ж	88,50 (65,75; 114,25)	88,00 (69,75; 107,75)	80,50 (67,00; 110,25)	81,50 (69,25; 109,50)	0,123						
Индекс доставки кислорода, мл/мин/м ²	М	878,00 (752,00; 1054,00)	962,00 (757,00; 1045,00)	904,00 (738,00; 1009,00)	887,00 (776,00; 989,00)	0,084						
	Ж	992,50 (725,75; 1280,25)	994,00 (741,00; 1229,50)	981,00 (732,75; 1198,50)	1008,00 (679,50; 1083,25)	0,392						
Насыщение кислородом артериальной крови (сатурация), %	М	98,00 (98,00; 99,00)	98,00 (98,00; 99,00)	98,00 (98,00; 99,00)	98,00 (98,00; 99,00)	0,644						
	Ж	99,00 (98,00; 99,00)	99,00 (98,00; 100,00)	99,00 (98,00; 100,00)	99,00 (98,00; 99,00)	0,132						
Содержание кислорода в артериальной крови, мл/100мл	М	18,90 (18,90; 19,10)	18,90 (18,90; 19,10)	18,90 (18,90; 19,10)	18,90 (18,90; 19,10)	0,644						
	Ж	19,10 (18,90; 19,10)	19,10 (18,90; 19,30)	19,10 (18,90; 19,30)	19,10 (18,90; 19,10)	0,132						

Примечание: 1 – исходное состояние до охлаждения, 2 – охлаждение при 24°C, 3 – охлаждение при 15°C, 4 – охлаждение при 8°C; p – значимость различий при сравнении групп (непараметрический критерий Фридмана для k-связанных групп). Сравнение зависимых выборок осуществлялось непараметрическим критерием Т-Вилкоксона с поправкой Бонферрони: p 1-2, p 1-3, p 1-4 – значимость различий реакций на локальное охлаждение (2, 3, 4) относительно фона (1); p 2-3, p 2-4, p 3-4 – значимость различий между соответствующими холодowymi пробами (2, 3, 4).

Так, при локальном холодовом воздействии на кожу кисти у юношей при температуре 15 и 8°С происходит снижение ПИПСС на 5,4% (p=0,001) и на 2,2% (p=0,012) (рис. 9). В то время как у девушек этот показатель не претерпевает существенных изменений, что, возможно, связано с более развитой мышечной тканью у мужчин, чем у женщин (табл. 10).

Таблица 10 – Изменения показателей периферической гемодинамики в ответ на локальное охлаждение кожи кисти температурой 24°С (1), 15°С (2), 8°С (3) (в % к исходному)

Показатели	Юноши (n =27)			Девушки (n =30)		
	1	2	3	1	2	3
Пульсовой индекс периферического сосудистого сопротивления, $10^{-3} \times \text{дин} \times \text{сек} / \text{см}^5 / \text{м}^2$	1,1	-5,4**	-2,2*	-0,6	-9,0	-7,9
Индекс доставки кислорода, мл/мин/м ²	9,6	3,0	1,0	0,2	-1,2	1,6
Насыщение кислородом артериальной крови (сатурация), %	0	0	0	0	0	0
Содержание кислорода в артериальной крови, мл/100мл	0	0	0	0	0	0

Примечание: Изменения по сравнению с исходным состоянием статистически значимы: * - p≤0,05; ** - p≤0,01; *** - p≤0,001.

При анализе результатов, полученных в ходе исследования в условиях локального охлаждения стопы у юношей и девушек, были установлены следующие особенности показателей периферической гемодинамики (табл. 11).

Таблица 11 – Изменение показателей периферической гемодинамики у юношей (n=27) и девушек (n=30) в ответ на локальное охлаждение кожи стопы, Me (Q1; Q3)

Показатели	Пол	Этап исследования				p	p 1-2	p 1-3	p 1-4	p 2-3	p 2-4	p 3-4
		1	2	3	4							
Пульсовой индекс периферического сосудистого сопротивления, $10^{-3} \times \text{дин} \times \text{сек} / \text{см}^5 / \text{м}^2$	М	90,00 (80,00; 110,00)	87,00 (80,00; 107,00)	88,00 (79,00; 99,00)	89,00 (83,00; 108,00)	0,268						
	Ж	88,50 (65,75; 114,25)	86,00 (69,25; 107,75)	86,00 (71,50; 108,75)	85,50 (75,00; 120,50)	0,034	0,393	0,688	0,163	0,027	0,002	0,021
Индекс доставки кислорода, мл/мин/м ²	М	878,00 (752,00; 1054,00)	893,00 (760,00; 1002,00)	902,00 (784,00; 1019,00)	908,00 (739,00; 1048,00)	0,135						
	Ж	992,50 (725,75; 1280,25)	878,00 (741,25; 1091,25)	941,5 (761,50; 1169,50)	905,50 (739,50; 1212,00)	0,175						
Насыщение кислородом артериальной крови (сатурация), %	М	98,00 (98,00; 99,00)	98,00 (97,00; 99,00)	98,00 (98,00; 99,00)	99,00 (98,00; 100,00)	0,030	0,908	0,437	0,129	0,351	0,019	0,014
	Ж	99,00 (98,00; 99,00)	99,00 (98,00; 100,00)	99,00 (98,00; 99,25)	99,00 (98,00; 99,00)	0,945						
Содержание кислорода в артериальной крови, мл/100мл	М	18,90 (18,90; 19,10)	18,90 (18,70; 19,10)	18,90 (18,90; 19,10)	19,10 (18,90; 19,30)	0,030	0,908	0,437	0,129	0,351	0,019	0,014
	Ж	19,10 (18,90; 19,10)	19,10 (18,90; 19,30)	19,10 (18,90; 19,15)	19,10 (18,90; 19,10)	0,945						

Примечание: 1 – исходное состояние до охлаждения, 2 – охлаждение при 24°C, 3 – охлаждение при 15°C, 4 – охлаждение при 8°C; p – значимость различий при сравнении групп (непараметрический критерий Фридмана для k-связанных групп). Сравнение зависимых выборок осуществлялось непараметрическим критерием Т-Вилкоксона с поправкой Бонферрони: p 1-2, p 1-3, p 1-4 – значимость различий реакций на локальное охлаждение (2, 3, 4) относительно фона (1); p 2-3, p 2-4, p 3-4 – значимость различий между соответствующими холодowymi пробами (2, 3, 4).

Обращает внимание, что показатели транспорта кислорода (DO_2I), сатурации артериальной крови (SpO_2), и содержания кислорода в артериальной крови (CaO_2) в ответ на холодовые пробы практически не изменились, так же как и при охлаждении кожи кисти. В то же время выявляется тенденция к понижению постнагрузки (ПИПСС) как у юношей, так и у девушек.

Менее выраженные изменения ПИПСС при охлаждении кожи стопы, чем кисти, вероятно, объясняются тем, что наибольшая интенсивность периферического кровотока приходится на кисти рук с обильно развитой сетью кожных сосудов, что создает возможность для увеличения кожного кровотока. Кроме того, особенностью периферического кровообращения является его разная величина в так называемых, красных и белых мышцах. В частности, в верхних конечностях интенсивность кровообращения значительно выше, чем в нижних не зависимо от возраста, пола и особенностей двигательного режима, что связано с различной морфофункциональной организацией этих мышц. Имеет значение при этом и то, что рабочая частота мотонейронов, иннервирующих мышцы верхних конечностей значительно выше, чем нижних [70].

Сравнительный анализ изменения показателей периферической гемодинамики в ответ на локальное охлаждение кожи стопы не выявил существенных различий между юношами и девушками (табл. 12).

Таблица 12 – Изменения показателей периферической гемодинамики в ответ на локальное охлаждение кожи стопы температурой 24°C (1), 15°C (2), 8°C (3) (в % к исходному)

Показатели	Юноши (n =27)			Девушки (n =30)		
	1	2	3	1	2	3
Пульсовой индекс периферического сосудистого сопротивления, $10^{-3} \times \text{дин} \times \text{сек} / \text{см}^5 / \text{м}^2$	-3,3	-2,2	-1,1	-2,8	-2,8	-3,4

Продолжение таблицы 12

Показатели	Юноши (n =27)			Девушки (n =30)		
	1	2	3	1	2	3
Индекс доставки кислорода, мл/мин/м ²	1,7	2,7	3.4	-11,5	-5,1	-8,8
Насыщение кислородом артериальной крови (сатурация), %	0	0	0	0	0	0
Содержание кислорода в артериальной крови, мл/100мл	0	0	0	0	0	0

Примечание: Изменения по сравнению с исходным состоянием статистически значимы: * - $p \leq 0,05$; ** - $p \leq 0,01$.

Главной функцией сердечно-сосудистой системы является транспортная, благодаря которой возможно адекватное обеспечение тканей и органов организма человека кислородом и энергетическими субстратами. Показатели транспорта кислорода (индекс доставки кислорода (DO_2I), сатурации артериальной крови (SpO_2) и содержания кислорода в артериальной крови (CaO_2) не претерпевают статистически значимых изменений под действием холодового фактора. Медианные величины данных показателей соответствуют возрастным нормативам, что свидетельствует об адекватной степени обеспечения организма кислородом.

Таким образом, холодовая стимуляция периферических терморцепторов кожи кисти и стопы приводит к статистически значимым изменениям постнагрузки только у юношей. Эти изменения в большей мере выражены при охлаждении кисти, чем при охлаждении стопы.

3.3. Реакция интегральных показателей гемодинамики на локальное охлаждение кисти и стопы

Для оптимизации мониторинга и оценки работы сердечно-сосудистой системы и текущего функционального состояния организма разработчиками аппаратно-программного комплекса «Симона 111» был предложен ряд интегральных показателей (табл. 13).

Таблица 13 – Интегральные показатели гемодинамики

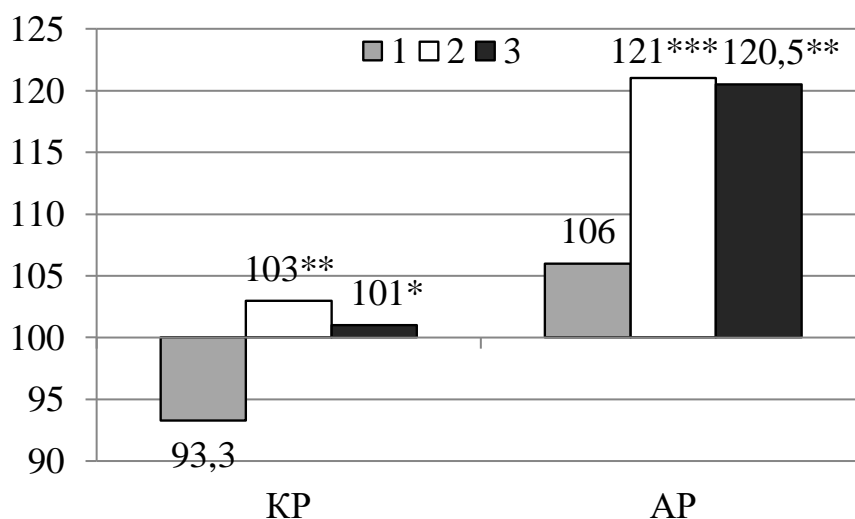
Показатель	Норма
Интегральный баланс (ИБ, %)	$\pm 100\%$
Кардиальный резерв (КР, у.е.)	4,0-6,0 у.е.
Адаптационный резерв (АР, у.е.)	400,0-600,0 у.е.

Интегральные показатели характеризуют общий уровень функционирования сердечно-сосудистой системы. Интегральный баланс (ИБ, %), отражает сумму процентных отклонений от нормы показателей волемического статуса, сократимости миокарда, объема перфузионного кровотока, периферического сопротивления сосудов, частоты сердечных сокращений, уровня содержания кислорода в артериальной крови и доставки кислорода к органам и тканям. Чем больше отклонение ИБ в отрицательную сторону, тем меньше уровень функционирования сердечно-сосудистой системы и всего организма в целом. Чем больше отклонение в положительную сторону, тем выше уровень функционирования организма. Кардиальный резерв (КР, у.е.) характеризует соотношение продолжительности фаз сердечного цикла (время диастолы, время электрической и механической систолы). Адаптационный резерв (АР, у.е.) отражает суммарный баланс интегрального и кардиального резервов [25].

На начальном этапе исследования у девушек и юношей была проведена оценка исходного функционального состояния и адаптивных возможностей сердечно-сосудистой системы, фоновые величины ИБ, КР и АР относились к диапазону возрастной нормы, что свидетельствовало о достаточности функциональных и компенсаторных возможностях организма обследуемых.

Локальное охлаждение кисти вызвало у юношей и девушек изменение интегральных показателей гемодинамики (табл. 14). Следует заметить, что в ответ на локальное холодное воздействие величина ИБ значимо не изменилась. Одновременно с этим, отмечалось увеличение КР как у юношей ($p = 0,002-0,012$), так и у девушек ($p = 0,001-0,003$), и возрастание АР ($p = 0,001-0,002$) у юношей.

Так, у юношей при температуре воды 15°C и 8°C статистически значимо возрастала величина КР на 3,2 % ($p = 0,002$) и на 1,1% ($p=0,012$), а также АР на 21,2 % ($p < 0,001$) и 20,5 % ($p = 0,003$) соответственно (рис. 10).



Примечание: За 100 % принята исходная величина до холодного воздействия; значимость различий реакций на локальное охлаждение относительно фона * - $p \leq 0,05$; ** - $p \leq 0,01$; *** - $p \leq 0,001$ (критерий Т-Вилкоксона с поправкой Бонферрони); КР – кардиальный резерв, у.е.; АР – адаптационный резерв, у.е.

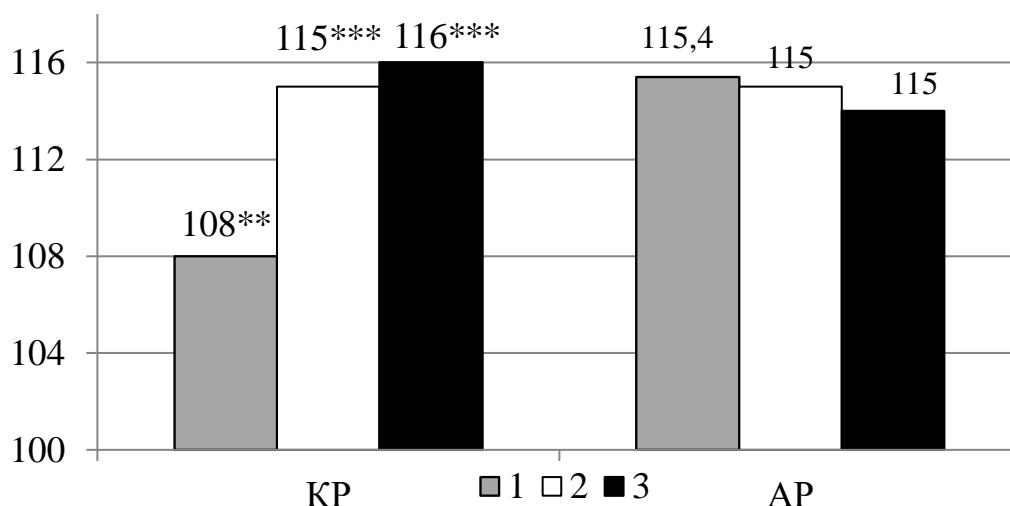
Рисунок 10 – Изменение интегральных показателей гемодинамики после локального охлаждения кожи кисти у юношей при температуре 24°C (1), 15°C (2), 8°C (3).

Таблица 14 – Изменение интегральных показателей гемодинамики у юношей (n=27) и девушек (n=30) в ответ на локальное охлаждение кожи кисти, Me (Q1; Q3)

Показатели	Пол	Этап исследования				p	p 1-2	p 1-3	p 1-4	p 2-3	p 2-4	p 3-4
		1	2	3	4							
Интегральный баланс, %	М	365,00 (151,00; 483,00)	363,50 (162,75; 479,00)	409,00 (233,00; 465,00)	375,00 (153,00; 432,00)	0,176						
	Ж	495,00 (211,00; 775,50)	482,00 (270,75; 678,25)	439,00 (283,25; 676,25)	485,50 (227,50; 624,75)	0,086						
Кардиальный резерв, у.е.	М	5,26 (4,35; 5,94)	4,91 (4,21; 5,87)	5,43 (4,62; 6,20)	5,32 (4,43; 6,20)	<0,001	0,782	0,002	0,012	<0,001	0,001	0,516
	Ж	4,42 (3,82; 5,45)	4,78 (4,24; 5,58)	5,09 (4,49; 5,79)	5,12 (4,51; 5,63)	0,001	0,003	<0,001	<0,001	0,237	0,156	0,797
Адаптационный резерв, у.е.	М	628,00 (535,00; 793,00)	667,00 (542,00; 779,00)	761,00 (655,00; 847,00)	757,00 (559,00; 845,00)	<0,001	0,773	<0,001	0,003	<0,001	0,004	0,195
	Ж	599,00 (543,75; 873,50)	691,00 (575,25; 920,75)	689,50 (615,25; 910,50)	683,00 (598,50; 909,25)	0,094						

Примечание: 1 – исходное состояние до охлаждения, 2 – охлаждение при 24°C, 3 – охлаждение при 15°C, 4 – охлаждение при 8°C; p – значимость различий при сравнении групп (непараметрический критерий Фридмана для k-связанных групп). Сравнение зависимых выборок осуществлялось непараметрическим критерием Т-Вилкоксона с поправкой Бонферрони: p 1-2, p 1-3, p 1-4 – значимость различий реакций на локальное охлаждение (2, 3, 4) относительно фона (1); p 2-3, p 2-4, p 3-4 – значимость различий между соответствующими холодowymi пробами (2, 3, 4).

У девушек локальное охлаждение кисти при температурах 24°C, 15°C, 8°C вызвало статистически значимое возрастание КР на 8,1% ($p = 0,003$), на 15,2% ($p < 0,001$) и на 15,8% ($p < 0,001$) соответственно. Величина АР не претерпела существенных изменений (рис. 11).



Примечание: За 100 % принята исходная величина до холодового воздействия; значимость различий реакций на локальное охлаждение относительно фона * - $p \leq 0,05$; ** - $p \leq 0,01$; *** - $p \leq 0,001$ (критерий Т-Вилкоксона с поправкой Бонферрони); КР – кардиальный резерв, у.е.; АР – адаптационный резерв, у.е.

Рисунок 11 – Изменение интегральных показателей гемодинамики после локального охлаждения кожи кисти у девушек при температуре 24°C (1), 15°C (2), 8°C (3).

Следует отметить, что локальное охлаждение кожи кисти у девушек вызвало более выраженные изменения КР, чем у юношей (табл. 15).

Таблица 15 – Изменения интегральных показателей гемодинамики в ответ на локальное охлаждение кожи кисти температурой 24°C (1), 15°C (2), 8°C (3) (в % к исходному)

Показатели	Юноши (n =27)			Девушки (n =30)		
	1	2	3	1	2	3
Интегральный баланс, %	-1,5	44,0	10,0	-13,0	-56,6	-9,5
Кардиальный резерв, у.е.	-6,7	3,2**	1,1*	8,7**	15,2***	15,8***
Адаптационный резерв, у.е.	6,2	21,2***	20,0**	15,4	15,1	14,0

Примечание: Изменения по сравнению с исходным состоянием статистически значимы: * - $p \leq 0,05$; ** - $p \leq 0,01$; *** - $p \leq 0,001$.

При анализе интегральных показателей, полученных в ходе исследования при локальном охлаждении стопы в группе юношей и девушек, были выявлены следующие изменения интегральных показателей гемодинамики (табл. 16). Так, показатели КР и АР практически не изменились как у юношей, так и у девушек. Кроме того, у юношей величина ИБ также не изменилась. Следует заметить, что статистически значимые изменения произошли лишь с показателем ИБ ($p = 0,005-0,018$) у девушек. Локальное холодное воздействие на кожу стопы водой температурой 15°C и 8°C вызвало статистически значимое снижение ИБ на 84,0% ($p=0,018$) и на 72,5% ($p = 0,005$) соответственно.

Таблица 16 – Изменение интегральных показателей гемодинамики у юношей (n=27) и девушек (n=30) в ответ на локальное охлаждение кожи стопы, Me (Q1; Q3)

Показатели	Пол	Этап исследования				p	p 1-2	p 1-3	p 1-4	p 2-3	p 2-4	p 3-4
		1	2	3	4							
Интегральный баланс, %	М	365,00 (151,00; 483,00)	353,00 (170,00; 425,00)	376,00 (175,00; 496,00)	372,00 (137,00; 490,00)	0,450						
	Ж	495,00 (211,00; 775,25)	465,00 (282,75; 654,25)	411,00 (235,25; 636,25)	422,50 (168,75; 622,50)	<0,001	0,202	0,018	0,005	0,026	0,007	0,120
Кардиальный резерв, у.е.	М	5,26 (4,35; 5,94)	5,10 (4,38; 5,73)	5,33 (4,60; 6,11)	5,18 (4,48; 6,15)	0,239						
	Ж	4,42 (3,82; 5,45)	5,01 (4,54; 5,68)	4,90 (4,63; 5,43)	4,56 (4,11; 5,31)	0,070						
Адаптационный резерв, у.е.	М	628,00 (535,00; 793,00)	660,00 (497,00; 801,00)	724,00 (617,00; 849,00)	693,00 (554,00; 819,00)	0,056						
	Ж	599,00 (543,75; 873,50)	725,00 (597,00; 865,50)	685,50 (551,50; 889,75)	636,00 (536,00; 800,75)	0,048	0,150	0,869	0,478	0,096	0,005	0,109

Примечание: 1 – исходное состояние до охлаждения, 2 – охлаждение при 24°C, 3 – охлаждение при 15°C, 4 – охлаждение при 8°C; p – значимость различий при сравнении групп (непараметрический критерий Фридмана для k-связанных групп). Сравнение зависимых выборок осуществлялось непараметрическим критерием Т-Вилкоксона с поправкой Бонферрони: p 1-2, p 1-3, p 1-4 – значимость различий реакций на локальное охлаждение (2, 3, 4) относительно фона (1); p 2-3, p 2-4, p 3-4 – значимость различий между соответствующими холодowymi пробами (2, 3, 4).

Таким образом, более существенные изменения интегральных показателей гемодинамики на локальное охлаждение кожи стопы происходят у девушек, чем у юношей (табл. 17).

Таблица 17 – Изменения интегральных показателей гемодинамики в ответ на локальное охлаждение кожи стопы температурой 24°C (1), 15°C (2), 8°C (3) (в % к исходному)

Показатели	Юноши (n =27)			Девушки (n =30)		
	1	2	3	1	2	3
Интегральный баланс, %	-12,0	11,0	7,0	-6,2	-84,0*	-72,5**
Кардиальный резерв, у.е.	-3,0	1,3	-1,5	13,3	10,8	3,2
Адаптационный резерв, у.е.	5,1	15,3	10,4	21,0	14,4	6,2

Примечание: Изменения по сравнению с исходным состоянием статистически значимы: * - $p \leq 0,05$; ** - $p \leq 0,01$.

Использование интегральных показателей для оценки функционального состояния организма призвано упростить комплексную оценку сложных адаптивно-приспособительных реакций при различных видах внешнего воздействия. Согласно полученным результатам, мы можем констатировать разнонаправленные изменения ИБ, АР, КР при локальном охлаждении кисти и стопы у лиц молодого трудоспособного возраста в воде температурой 24°, 15° и 8°C.

Следует отметить, что у юношей и девушек при воздействии низких температур (15°C и 8°C) на кожу кисти наиболее существенно увеличиваются показатели кардиального и адаптационного резерва, что обусловлено возрастанием соотношения продолжительности фаз сердечного цикла (время диастолы, время электрической и механической систолы), а

также объема циркулирующей крови (преднагрузки левого желудочка), снижением сократимости миокарда (инотропии) и постнагрузки (сосудистого тонуса). Обращает внимание, что локальное холодное воздействие на периферические терморецепторы кожи стопы вызывает статистически значимое понижение только ИБ у девушек при температуре воды 15°C и 8°C, что может быть обусловлено снижением инотропии, а также мобилизацией компенсаторно-приспособительных механизмов сердечно-сосудистой системы.

3.4. Сравнительные исследования реакции системы кровообращения у юношей и девушек

Различия в физиологических реакциях сердечно-сосудистой системы на локальное охлаждение кожи кисти и стопы между юношами и девушками заключаются в том, что более выраженные изменения в деятельности сердечно-сосудистой системы отмечаются у девушек, чем у юношей. У юношей изменения в показателях гемодинамики происходят преимущественно за счет понижения периферического сосудистого сопротивления, а у девушек – индексов сократимости и работы сердца. Понижение СИ и ИБ отмечается только у девушек, а возрастание AP – у юношей.

Полученные результаты свидетельствуют о снижении тонуса периферических сосудов, понижении кардиогемодинамики и работоспособности миокарда человека в ответ на холодовую пробу [89]. Установленные изменения центральной гемодинамики у юношей и девушек в данных условиях, указывающие на напряжение адаптационных механизмов [9, 41], которые проявляются интенсификацией кровообращения, следует отнести к компенсаторно-приспособительным реакциям организма, обусловленным холодным воздействием.

Таким образом, при локальном охлаждении кожи кисти и стопы происходит перестройка функциональной организации сердечно-сосудистой системы у молодых лиц трудоспособного возраста, уроженцев Арктической зоны РФ. При этом изменения в большей мере выражены у девушек, чем у юношей и при охлаждении стопы, чем при охлаждении кисти.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проживание в экстремальных природно-климатических условиях Севера предъявляет повышенные требования к функционированию сердечно-сосудистой системы человека. В связи с чем, исследование физиологических реакций сердечно-сосудистой системы на локальное охлаждение имеет чрезвычайно важное значение.

Проведенное исследование позволило установить физиологические реакции системы кровообращения на локальное охлаждение различной интенсивности.

У юношей и девушек локальное холодное воздействие на кожу кисти вызывало следующие физиологические реакции со стороны центральной гемодинамики. Так, у юношей величины показателей АД_{ср} и УИ, отражающих гемодинамический статус, возросли по сравнению с фоном. Из показателей сократимости миокарда отмечалось снижение только КНМ, характеризующего эффективность сердечных сокращений. Кроме того, отмечалось снижение перфузионного кровотока вследствие снижения ЧСС. Указанные выше изменения произошли в ответ на локальное холодное воздействие только температурой 8 и 15°C.

При локальном охлаждении кисти у девушек статистически значимые изменения происходят только с показателями, характеризующими сократимость миокарда (ИСИ, ИСМ, КНМ), работу левого желудочка (МИРЛЖ) и перфузионного кровотока (ЧСС): при температуре 15 и 8°C отмечается понижение ИСИ, ИСМ, КНМ и МИРЛЖ, а при температуре 24, 15 и 8°C снижение ЧСС.

При локальном холодном воздействии на кожу стопы у юношей изменяются показатели преднагрузки (ВОЛ), сократимости миокарда (КНМ), работы левого желудочка (УИРЛЖ) и перфузии (ЧСС): при температуре 24 и 15°C происходит понижение КНМ, при температуре 15°C отмечается

снижение ЧСС, а при температуре 8°C отмечается увеличение преднагрузки (ВОЛ) и УИРЛЖ.

В этих условиях у девушек статистически значимые изменения произошли с показателями сократимости миокарда (ИСИ, ИСМ, ИНО, КНМ), работы левого желудочка (МИРЛЖ), АДср и перфузионного кровотока (СИ и ЧСС). Так, при температуре 24°C произошло понижение ИСМ, КНМ, МИРЛЖ, СИ и ЧСС. При температуре 15°C отмечается понижение ИСИ, ИСМ и СИ, а при 8°C – понижение ИСИ, ИСМ, СИ и возрастание АДср.

Таким образом, локальное холодовое воздействие на кожу кисти и стопы приводит к снижению сократимости миокарда и, как следствие, снижению насосной функции сердца и перфузионного кровотока как у юношей, так и у девушек. Локальное охлаждение кистей и стоп вызывает сокращение артериальных сосудов не только в циркуляторной системе конечностей, но также в коронарных сосудах, в результате чего повышается кровяное давление. Величина СИ напрямую зависит от ЧСС, то есть достижение необходимого значения СИ при холодовом воздействии происходит за счет снижения ЧСС. Выявленное понижение ЧСС, возможно, обусловлено как индивидуальной восприимчивостью холода, так и приспособленностью северян к низким температурам воздушной среды. Если холодовые экспозиции повторяются часто, то соответствующие реакции системной гемодинамики ослабевают, снижается и вазопрессорный эффект, вызываемый холодом. При длительном воздействии холода на организм понижается активность симпатической регуляции сердца, уменьшается количество β_1 -адренорецепторов на сарколемме кардиомиоцитов и повышается парасимпатическая активность в регуляции системы кровообращения, что может приводить к понижению ЧСС.

Одним из важнейших индексов периферической гемодинамики, характеризующим постнагрузку (сосудистый тонус), является ПИПСС, который отражает системное сосудистое сопротивление за период одной

систола. При локальном холодом воздействии на кожу кисти у юношей при температуре 15 и 8°C происходит снижение ПИПСС, а у девушек этот показатель не претерпевает существенных изменений, что, возможно, связано с более развитой мышечной тканью у мужчин. При локальном охлаждении стопы как у юношей, так и у девушек выявляется лишь тенденция к понижению ПИПСС, что, вероятно, объясняется наибольшей интенсивностью периферического кровотока в кистях рук с обильно развитой сетью сосудов [70].

Локальное охлаждение кисти вызвало у юношей и девушек изменение интегральных показателей гемодинамики. Так, у юношей при температуре 15 и 8°C возрастала величина КР, а также АР. У девушек при температурах 24°C, 15°C, 8°C отмечалось возрастание КР. При локальном охлаждении стопы КР и АР практически не изменились как у юношей, так и у девушек, а ИБ понизился у девушек при температуре 15°C и 8°C.

Выявленное увеличение КР обусловлено возрастанием соотношения продолжительности фаз сердечного цикла (время электрической и механической систолы, время диастолы) вследствие снижения сократимости миокарда и частоты сердечных сокращений. Понижение ИБ у девушек может быть обусловлено снижением уровня функционирования сердечно-сосудистой системы в ответ на локальное холодное воздействие на периферические терморцепторы кожи стопы. Возрастание АР, отражающего суммарный баланс ИБ и КР, происходит в след за возрастанием КР у юношей.

Различия в физиологических реакциях сердечно-сосудистой системы на локальное охлаждение кожи кисти и стопы между юношами и девушками заключаются в том, что более выраженные изменения в деятельности сердечно-сосудистой системы отмечаются у девушек, чем у юношей. У юношей изменения в показателях гемодинамики происходят за счет понижения периферического сосудистого сопротивления, а у девушек –

индексов сократимости и работы сердца. Понижение СИ и ИБ отмечается только у девушек, а возрастание АР – у юношей.

Таким образом, при локальном охлаждении кожи кисти и стопы происходит перестройка функциональной организации сердечно-сосудистой системы у молодых лиц трудоспособного возраста, уроженцев Арктической зоны РФ. Холодовая стимуляция периферических терморецепторов кожи кисти и стопы приводит к понижению кардиогемодинамики, работоспособности миокарда, перфузионного кровотока и снижению тонуса периферических сосудов. Установленные изменения, указывающие на напряжение адаптационных механизмов, которые проявляются интенсификацией кровообращения, следует отнести к компенсаторно-приспособительным реакциям организма, обусловленным холодным воздействием. При этом изменения в большей мере выражены у девушек, чем у юношей и при охлаждении стопы, чем при охлаждении кисти. Наибольшая реактивность сердечно-сосудистой системы отмечается после локального охлаждения кожи в воде температурой 8 и 15°C, наименьшая – температурой 24°C. Проведенное исследование позволило получить новые данные об особенностях физиологических реакций сердечно-сосудистой системы юношей и девушек в условиях локального охлаждения кистей и стоп, дополняя этим сведения по экологической физиологии.

ВЫВОДЫ

1. Реакции центральной гемодинамики на локальное охлаждение кожи кисти и стопы при температуре 8 и 15°C у юношей проявляются в снижении силы сокращения миокарда ($p < 0,001$) и перфузионного кровотока ($p = 0,001$), что проявляется уменьшением коэффициента напряжения миокарда и частоты сердечных сокращений, а также в повышении величины преднагрузки, что приводит к увеличению волемического статуса и ударного индекса работы левого желудочка.

2. Характерные особенности реакций центральной гемодинамики на локальное охлаждение кожи кисти и стопы у девушек заключаются в снижении силы сокращений миокарда и перфузионного кровотока, что проявляется уменьшением коэффициента напряжения миокарда ($p < 0,001$), индекса состояния инотропии ($p = 0,003$), индекса сократимости миокарда ($p < 0,001$), частоты сердечных сокращений ($p < 0,001$), а также сердечного индекса ($p = 0,003$). Наибольшие изменения этих показателей отмечаются при температуре 8 и 15 °C.

3. Определены реакции периферической гемодинамики на локальное охлаждение кожи. У юношей только при охлаждении кисти наблюдается снижение системного сосудистого сопротивления на 5,4% ($p = 0,001$) и на 2,2% ($p = 0,012$) при температуре 15 и 8°C вследствие понижения пульсового индекса периферического сопротивления (ПИПСС). У девушек эта группа показателей не претерпевает существенных изменений как при охлаждении кисти, так и стопы.

4. Реакции интегральных показателей гемодинамики на локальное охлаждение кожи кисти при температуре 8 и 15°C заключаются в возрастании кардиального резерва у юношей на 1,1% ($p = 0,012$) и на 3,2% ($p = 0,002$), а у девушек на 15,8% ($p < 0,001$) и на 15,2% ($p < 0,001$) соответственно, что обусловлено возрастанием соотношения продолжительности фаз сердечного цикла (время электрической и механической систолы, время диастолы).

5. Сравнительные исследования реакции системы кровообращения у юношей и девушек на локальное охлаждение кожи кисти и стопы показывают, что более выраженные изменения в деятельности сердечно-сосудистой системы при локальном охлаждении отмечаются у девушек, чем у юношей. У юношей изменения в показателях гемодинамики происходят за счет понижения периферического сосудистого сопротивления, а у девушек – индексов сократимости и работы сердца. Понижение СИ отмечается только у девушек, а возрастание AP – у юношей.

ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

1. Данные об особенностях функционирования сердечно-сосудистой системы у юношей и девушек при локальном холодовом воздействии на кожу кисти и стопы могут быть рекомендованы к использованию в учебном процессе в ВУЗах медицинского и биологического профиля, в том числе на факультетах последипломного образования, а также в научно-исследовательской работе для сопоставления результатов, полученных в других работах.

2. Существенные функциональные изменения сердечно-сосудистой системы в результате локального охлаждения стоп могут учитываться при разработке новых видов спецобуви, способной обеспечить должную защиту ног от холода, для работающих в условиях Севера или охлаждающего микроклимата.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Аверьянова И.В. Показатели кардиогемодинамики и физического развития у аборигенов и европеоидов призывного возраста – уроженцев различных Северо-Восточных регионов России / И.В.Аверьянова, А.Л. Максимов // Физиология человека. – 2016. – Т. 42. – № 2. – С. 63-70.
2. Авцын А.П. Проявление адаптации и дизадаптации у жителей Крайнего Севера / А.П. Авцын, А.Г. Марачев // Физиология человека. – 1975. – № 4. – С. 587-600.
3. Авцын А.П. Патология человека на Севере / А.П. Авцын, А.А.Жаворонков, А.Г.Марачев, А.П.Милованов. – М.: Медицина., 1985. – 416 с.
4. Авцын А.П. Стадия адаптации легких человека в условиях Крайнего Севера / А.П. Авцын, А.П. Милованов // Физиология человека. – 1985. – № 3. – С. 389-399.
5. Агаджанян Н.А. Адаптация человека в условиях Севера / Н.А.Агаджанян // Физиология человека. – 1980. - № 3. – С. 272-274.
6. Агаджанян Н.А. Экология человека. Избранные лекции / Н.А.Агаджанян, В.И.Торшин. – М.: «КРУК», 1994. – 256 с.
7. Агаджанян Н.А. Хронофизиология, экология человека и адаптация / Н.А. Агаджанян, И.В. Радыш, С.Л. Совершаева // Экология человека. – 1995. – № 1. – С. 9-15.
8. Агаджанян Н.А. Человек в условиях Севера / Н.А. Агаджанян, П.Г. Петрова. – М.: «КРУК», 1996. – 208 с.
9. Агаджанян Н.А. Экологический портрет человека на Севере / Н.А. Агаджанян, Н.В. Ермакова. – М.: «КРУК», 1997. – 207 с.
10. Агаджанян Н.А. Адаптация человека к условиям Крайнего Севера: экологофизиологические механизмы / Н.А. Агаджанян, Н.Ф. Жвавый, В.Н. Ананьев. – М.: «КРУК», 1998. – 240 с.

11. Агаджанян Н.А. Экологическая физиология человека / Н.А. Агаджанян, А.Г. Марачев, Г.А. Бобков. – М.: «КРУК», 1998. – 414 с.
12. Агаджанян Н.А. Учение о здоровье и проблемы адаптации / Н.А. Агаджанян, Р.М. Баевский, А.П. Берсенева. – Ставрополь: СГУ, 2000. – 204 с.
13. Агаджанян Н.А. Хронофизиологическая реактивность кардиореспираторной системы у спортсменов / Н.А. Агаджанян, Ю.А. Полатайка, И.В. Радыш // Экология человека. – 2005. – № 7. – С.3-6.
14. Агаджанян Н.А., Коновалова Г.М. Воздействие внешних факторов на формирование адаптационных реакций организма человека / Н.А. Агаджанян, Г.М. Коновалова, Р.Ш. Ожева, Т.Ю. Уракова // Новые технологии. – 2010. – № 2. – С. 142-144.
15. Агаджанян Н.А. Хронофизиологические особенности показателей центральной гемодинамики у женщин репродуктивного возраста / Н.А. Агаджанян, Д.В. Брюнин, И.В. Радыш, Н.В. Ермакова // Технологии живых систем. – 2014. – Т. 11. – № 1. С. 3-6.
16. Ажаев А.Н. Физиолого-гигиенические аспекты действия высоких и низких температур / А.Н. Ажаев. – М.: Наука, 1979. – 264 с.
17. Александров Д.А. Изменение порогов световой чувствительности зрительной системы в условиях локального температурного воздействия и ее зависимость от состояния системного кровотока / Д.А.Александров, А.И.Кубарко // Медицинский журнал. – 2008 – №1 (23). – С. 18-21.
18. Алексеев В.П. Анализ влияния некоторых метеорологических и геомагнитных факторов на сердечно-сосудистую заболеваемость жителей Якутии / В.П.Алексеев, Т.С.Неустроева, В.Г.Кривошапкин, В.И.Хаснулин // Гелиогеофизические факторы и здоровье человека: Материалы Международного симпозиума. – Новосибирск: ООО «Риц». – 2005. – С.59-60.
19. Алексикова П.В. Показатели реоэнцефалографии при локальном холодовом воздействии / П.В. Алексикова, А.В. Харина // Бюллетень Северного государственного медицинского университета. – Архангельск. – 2014. – № 2. – С. 5-6.

20. Алмазов В.А. Пограничная артериальная гипертензия / В.А. Алмазов, Е.В. Шляхто, Л.А. Соколова. – СПб.: Гиппократ, 1992. – 192 с.

21. Ананьев В.Н. Механизмы адаптации к холоду и реакция на холод системного кровообращения / В.Н. Ананьев, М.Н. Мирюк // Вестник Тверского государственного университета. Серия: Биология и экология. – 2009. – № 16. – С. 24-28.

22. Ананьева О.В. Сравнительная характеристика адренореактивности системного и регионального кровообращения при адаптации к низким температурам: автореф. дис. ... канд. биол. наук: 03.00.13 / О.В. Ананьева. – Тюмень, 2000. – 23 с.

23. Андрущенко А.А. Повышенная гелиогеомагнитная активность как фактор риска артериальной гипертензии у жителей Севера / А.А. Андрущенко, В.Н. Катюхин, Н.К. Кострюкова, М.Н. Прокопьев // Вестник новых медицинских технологий. – 2007. – Т. XIV. – № 1. – С. 65 – 67.

24. Аникина Н.Ю. Изменения уровня постоянного потенциала у студенток северного вуза при локальном охлаждении кисти в водной среде / Н.Ю. Аникина // Фундаментальные и прикладные исследования: проблемы и результаты. – 2016. – № 24. – С. 8-12.

25. Антонов А.А. Гемодинамика для клинициста / А.А. Антонов – М., 2004. – 207 с.

26. Антонов А.А. Системный аппаратный мониторинг / А.Антонов, Н.Е. Буров // Вестник интенсивной терапии. – 2010. – № 3. – С. 8-12.

27. Аринчин Н.Н. Проблема тензии и тонии в норме и патологии кровообращения / Н.Н. Аринчин // Физиология человека. – 1978. – Т. 4. – №3. – С. 426-435.

28. Афанасьева Р.Ф. Холодовой стресс и его профилактика / Р.Ф. Афанасьева, О.В. Бурмистров // Мед. труда и пром. экология. – 2001. – № 8. – С. 7–9.

29. Афанасьева Р.Ф. Холод, критерии оценки и прогнозирование риска охлаждения человека / Р.Ф. Афанасьева, О.В. Бурмистрова, А.Ф. Бобров // Бюллетень ВСНЦ СО РАМН. – 2006. – № 3 (49). – С. 13-18.

30. Бавро Г.В. Некоторые особенности формирования теплового состояния человека, подвергающегося экстремальному холодовому воздействию / Г.В. Бавро, Н.Г. Ландо // Медицинские и технические проблемы индивидуальной защиты человека. Индивидуальная защита человека при деятельности в экстремальных условиях. – М. – 1987. – С. 76–84.

31. Баевский Р.М. Адаптационный потенциал системы кровообращения и функциональные резервы организма / Р.М. Баевский, А.П. Берсенева, Н.Р. Палеев // Комплексная оценка функциональных резервов организма / под ред. В.А. Березовского. – Фрунзе: Илим. – 1988. – С. 11-87.

32. Баевский Р. М. Введение в донозологическую диагностику / Р. М. Баевский, А. П. Берсенева. – М.: Слово, 2008. – 174 с.

33. Банникова Р.В. Динамика заболеваемости населения в регионе северной климатогеографической и экологической экстремальности / Р.В. Банникова // Экология человека. – 1994. – № 1. – С. 138-142.

34. Баранова Л.И. Режим увлажнения / Л.И. Баранова // Климат Архангельска. – Л., 1982. – с. 77-105.

35. Бачериков А.Н. Современные представления о системе терморегуляции / А.Н. Бачериков, В.Н. Кузьминов, Т.В. Ткаченко, А.Г. Назарчук // Вестник психиатрии и психофармакотерапии – 2006.– № 1.– С. 178–182.

36. Бебякова Н. А. Гендерные особенности гемодинамических реакций на нагрузку / Н. А. Бебякова, Н. А. Фадеева, О. М. Феликсова, А. В. Хромова // Фундаментальные исследования. – 2013. – №5-1. – С. 33-37.

37. Бойко Е.Р. Отчет о научно-исследовательской работе «Физиологические механизмы сезонных адаптаций у разных социальных

групп жителей Севера» / Е.Р. Бойко, В.Г. Евдокимов, Ю.Г.Солонин. – Сыктывкар: Институт физиологии КНЦ УрО РАН, 1999. – 67 с.

38. Бойко Е.Р. Физиолого-биохимические основы жизнедеятельности человека на Севере / Е.Р. Бойко. – Екатеринбург: УрО РАН, 2005. – 162 с.

39. Бойко Е. Р. Сезонная динамика физиологических функций у человека на Севере / под ред. Е. Р. Бойко. – Екатеринбург: УрО РАН, 2009. – 221 с.

40. Бойко Е.Р. Адаптация человека к экологическим и социальным условиям Севера / Е.Р. Бойко. – Сыктывкар: УрО РАН, 2012. – 443 с.

41. Бойко Е. Р. Методические подходы к исследованию влияния факторов Севера на организм человека / Е. Р. Бойко // Вестник образования и развития науки Российской академии естественных наук. – 2020. – № 1. – С. 82-88.

42. Бочаров М.И. Фазовый анализ сосудистых терморегуляторных реакций при прессорно-холодовой пробе / М.И. Бочаров, А.А. Сорокин // Физиология человека. – 1992. – Т. 18. – № 2. – С. 144–148.

43. Бочаров М.И. Сердечно-сосудистая система и холод у человека на Севере / М.И. Бочаров, Н.Э. Истомина // Проблемы экологии человека: сборник научных статей по материалам Всероссийской конференции с международным участием – Архангельск, 2000. – С. 32-37.

44. Бочаров М.И. Терморегуляция человека при длительной адаптации к высокогорью / М.И. Бочаров // Организм и среда / под ред. В.А. Труфакина, К.А. Шошенко. – Новосибирск, 2003. – С. 129–142.

45. Бочаров М.И. Физиологические проблемы защиты человека от холода / М.И. Бочаров. – Сыктывкар, 2004. – 40 с. – (Науч. докл.: сер. препринтов, № 34-04).

46. Бочаров М.И. Биоэлектрические процессы сердца при вызванной системной вазодилатации у мужчин в условиях Севера России. / М.И. Бочаров, Б.Ф. Дерновой // Физиология человека. – 2005. – Т. 31. – № 1. – С. 49-58.

47. Бочаров М.И. Внутрисистемная организация системы кровообращения при локальном термовоздействии / М.И. Бочаров, Р.И. Рэйляну, С. А. Сибатулина // Механизмы функционирования висцеральных систем: Тезисы доклада IV Всероссийской конференции с международным участием, посвященной 80-летию института физиологии имени И.П. Павлова РАН. – СПб., 2005. – С. 45-46.

48. Бочаров М. И. Терморегуляция организма при холодových воздействиях (обзор). Сообщение I / М. И. Бочаров // Вестник Северного (Арктического) федерального университета. Серия «Медико-биологические науки». – 2015. – С. 5-15.

49. Бочаров М.И. Модификация структурно-функционального ответа сердца и системной гемодинамики на кардиоселективный β 1-адреноблокатор у лиц с артериальной гипертонией при адаптации к холоду / М.И.Бочаров, Б.Ф.Дерновой // Физиология человека. – 2016. – Т. 42. – № 2. – С. 71-82.

50. Бочаров М.И. Физиологические механизмы адаптации к холоду / М.И. Бочаров // В сборнике: Двадцать шестая годовичная сессия Ученого совета Сыктывкарского государственного университета имени Питирима Сорокина (Февральские чтения). – 2019. – С. 282-286.

51. Варенцова И.А. Состояние кардиореспираторной системы у студентов с разным типом гемодинамики: автореф. дис. ... канд. биол. наук: 03.03.01 / И.А. Варенцова – Архангельск, 2013. – 18 с.

52. Варламова Н.Г. Параметры электрокардиографии у жителей трудоспособного возраста в условиях Европейского Северо-Востока / Н. Г. Варламова, В.Г. Евдокимов, Е.Р. Бойко // Varents. – 2000. –Vol. 3, N 1-2. P. 17.

53. Варламова Н.Г. Состояние сердечно-сосудистой системы жителей Европейского Севера / Н. Г. Варламова / Медицинская наука в Республике Коми // Вестник Коми научного центра. – 2000. – Вып. 16. – С. 28-42.

54. Варламова Н.Г. Изменение параметров электрокардиограммы у мужчин Европейского Севера как маркер влияния климата и возраста / Н.Г.

Варламова, В.Г. Евдокимов // Физиология человека. – 2002. – Т. 28. – № 6. – С.109-114.

55. Варламова Н.Г. Артериальное давление у мужчин и женщин Севера / Н.Г. Варламова // Известия Коми научного центра УрО РАН. – Выпуск 4 (8). – Сыктывкар, 2011. – С. 52-55.

56. Варламова Н.Г. Частота сердечных сокращений, потребление кислорода и артериальное давление у лыжников разной квалификации в тесте «до отказа» / Н.Г. Варламова, Т.П. Логинова, И.О. Гарнов и др. // Человек. Спорт. Медицина – 2021. – Т. 21, № 1. – С. 53–61.

57. Варфоломеева Н.А. Функциональные резервы кардиореспираторной системы студентов из Республики Саха (Якутия) при адаптации к условиям средней полосы России / Н.А.Варфоломеева, Л.А.Садыкова // Эколого-физиологические проблемы адаптации: материалы XI Междунар. симп. – М., 2003. – С. 102-103.

58. Васильев В. В. Районирование территории России по критерию дискомфортности жизни населения / В. В. Васильев, В. С. Селин, М. А. Жуков // Север как объект комплексных региональных исследований. – Сыктывкар, 2005. – С. 177-178.

59. Васильева В.С. Климат и сердечно-сосудистая патология на Крайнем Севере / В.С. Васильева, В.П. Алексеев, В.Г. Кривошапкин. – Якутск: Сахаполиграфиздат, 2004. – 116 с.

60. Витер В.И. Понятие «Адаптации» при гипотермии / В.И. Витер, Ю.С. Степанян // Проблемы экспертизы в медицине. – 2007. – Т. 7. – № 25-1. – С. 22-24.

61. Герасимова Л.И. Усиленная холодиндуцированная вазоконстрикция (феномен Рейно) как признак аварийного регулирования функций организма при адаптации к холоду / Л. И. Герасимова // Регионарное кровообращение и микроциркуляция. – 2007. – Т. 6. – № 1. – С. 40-42.

62. Герасимова Л.И. Патогенетическая роль дезадаптации к холоду в развитии донозологических состояний в условиях севера: автореф. дис. ... д-

ра мед. наук: 14.00.16 / Санкт-Петербургский государственный медицинский университет им. И.П. Павлова. – Санкт-Петербург, 2008. – 39 с.

63. Герасимова Л.И. Особенности вегетативной регуляции у лиц с различной восприимчивостью к холоду / Л.И.Герасимова, А.А.Федосова // Физиология человека. – 2016. – Т. 42. – № 2. – С. 127-133.

64. Герасимова-Мейгал Л.И. Вазомоторные реакции на локальное охлаждение у молодых лиц с никотиновой зависимостью / Л.И. Герасимова-Мейгал, И.А. Табаев // Крымский журнал экспериментальной и клинической медицины. – 2020. – Т. 10. – № 3. – С. 5-11.

65. Голохваст К. С. Некоторые аспекты механизма влияния низких температур на человека и животных (литературный обзор) / К. С. Голохваст, В. В. Чайка // Вестник новых медицинских технологий. – 2011. – Т. XVIII. – № 2. – С.486.

66. Грибанов А.В. Динамика кровообращения у школьников Европейского Севера: автореф. дис. ... доктора мед. наук: 14.00.17 / А.В. Грибанов – Архангельск, 1991. – 38 с.

67. Грибанов А.В. Общая характеристика климато-географических условий Русского Севера и адаптивных реакций человека в холодной климатической зоне / А.В. Грибанов, Р.И. Данилова // Север. Дети. Школа: сб. науч. тр. – Архангельск, 1994. – Вып. 1. – С. 4-27.

68. Грибанов А.В. Морфофункциональное состояние левого желудочка сердца у школьников приполярного региона / А.В. Грибанов, И.Н. Крайнова // Вестник Северного (Арктического) федерального университета. Серия: Естественные науки. – 2011. – № 4. – С. 40-46.

69. Грибанов А.В. Изменение гемодинамики у студентов в условиях северного региона в течение учебного года / В.Н.Чеснокова, А.В.Грибанов // Современные проблемы науки и образования. – 2012. – №1. – С. 5.

70. Грибанов А.В. Кровообращение и дыхание у школьников в циркумполярных условиях / А.В. Грибанов, А.Б. Гудков, О.Н. Попова, И.Н. Крайнова. – Архангельск: САФУ, 2016. – 270 с.

71. Гришин О.В. Особенности энергетического обмена у северян / О.В. Гришин, Н.В. Устюжанинова // Дыхание на Севере. Функция. Структура. Резервы. Патология. – Новосибирск, 2006. – С. 98-104.

72. Груза Г. В. Климат Крайнего Севера России / Г. В. Груза // Всё о Севере. – Т. 1. Санкт-Петербург, 2002. – 426 с.

73. Гудков А.Б. Влияние специфических факторов Заполярья на функциональное состояние сердечно-сосудистой системы человека / А.Б. Гудков, Ю.Р. Теддер, Н.Ю. Лабутин // Экология человека: Приложение. – 1995. – С. 33-34.

74. Гудков А.Б. Физиологическая характеристика нетрадиционных режимов организации труда в Заполярье: автореф. дис. ... доктора мед. наук: 14.00.17 / А.Б. Гудков – Архангельск. – 1996. – 32 с.

75. Гудков А.Б. Внешнее дыхание школьников на Севере / А. Б. Гудков, О. А. Анциферова, О. Н. Кубушка, В. С. Смолина. – Архангельск: Северный государственный медицинский университет (г. Архангельск) Федерального агентства по здравоохранению и социальному развитию, 2003. – 262 с.

76. Гудков А.Б. Проходимость воздухоносных путей у детей старшего школьного возраста – жителей Европейского Севера / А.Б. Гудков, О. Н. Кубушка // Физиология человека. – 2006. – Т. 32. – № 3. – С. 84–91.

77. Гудков А.Б. Показатели деятельности сердечно-сосудистой системы у военнослужащих учебного центра военно-морского флота России в условиях Европейского Севера / А. Б. Гудков, А. А. Небученных, О. Н. Попова // Экология человека. – 2008. – № 1. – С. 39-43.

78. Гудков А. Б. Реакция системы внешнего дыхания на локальное охлаждение у молодых лиц трудоспособного возраста / А. Б. Гудков, О. Н. Попова, Б. А. Скрипаль // Медицина труда и промышленная экология. – 2009. – № 4. – С. 26–30.

79. Гудков А. Б. Морфофункциональные особенности сердца и магистральных сосудов у детей школьного возраста: монография. / А. Б.

Гудков, О. В. Шишелова. – Архангельск: Изд-во Северного государственного медицинского университета, 2011. – 152 с.

80. Гудков А.Б. Адаптивные реакции организма вахтовых рабочих в Арктике / А.Б. Гудков // Arctic Environmental Research. – 2012. – № 1. – С. 65-70.

81. Гудков А.Б. Новоселы на Европейском Севере. Физиолого-гигиенические аспекты: монография / А.Б.Гудков, О.Н.Попова, А.Н.Небученных. – Архангельск: Изд-во СГМУ, 2012. – 285 с.

82. Гудков А.Б. Эколого-физиологическая характеристика климатических факторов Севера: обзор литературы / А. Б. Гудков, О. Н. Попова, Н. Б. Лукманова // Экология человека. –2012. – № 1. – С. 12-17.

83. Гудков А.Б. Физиологические реакции человека на локальное холодное воздействие: монография. / А.Б. Гудков, О.Н. Попова, А.В.Пащенко – Архангельск: Изд-во Северного государственного медицинского университета, 2012. – 145с.

84. Гудков А.Б. Человек в приполярном регионе Европейского Севера: эколого-физиологические аспекты / А.Б. Гудков, Н.Б. Лукманова, Е.Б. Раменская. – Архангельск: ИПЦ САФУ, 2013. – 184 с.

85. Гудков А.Б. Сезонные изменения показателей гемодинамики и резервных возможностей сердечно-сосудистой системы у уроженцев Европейского Севера 18-22 лет / А.Б. Гудков, О.Н. Попова, Н.В. Ефимова // Вестник Северного (Арктического) федерального университета. Серия: Медико-биологические науки. – 2013. – №3 – С.35-44.

86. Гудков А.Б. Характеристика фазовой структуры сердечного цикла у новобранцев учебного центра ВМФ на Севере / А.Б. Гудков, И.Г. Мосягин, В.Д. Иванов // Военно-медицинский журнал. – 2014. – Т. 335. – № 2. – С. 58-59.

87. Гудков А.Б. Сезонные изменения гемодинамических показателей у спортсменов-лыжников на европейском Севере России / А.Б. Гудков, О.Н.

Попова, И.В. Мануйлов // Вестник Северного (Арктического) федерального университета. Серия: Естественные науки. – 2014. – № 1. – С. 56-63.

88. Гудков А.Б. Физиологические реакции системы кровообращения на локальное охлаждение кожи конечностей у юношей и девушек – уроженцев Европейского Севера / А.Б. Гудков, И.П. Уварова, О.Н. Попова, Н.Б. Лукманова, В.П. Пащенко // Экология человека. – 2017. – № 2. – С. 22-26.

89. Дерновой Б.Ф. Функциональный ответ сердечно-сосудистой системы северян на холодовую пробу в контрастные по температуре сезоны года / Б.Ф. Дерновой. // Экология человека. – 2016. - № 10. – с. 31-36.

90. Дерновой Б. Ф. Функционирование сердечно-сосудистой системы при вызванных изменениях периферического кровотока у человека в контрастные сезоны года на севере России : автореф. дис. ... канд. мед. наук: 03.00.13 / Б. Ф. Дерновой – Киров, 2005. – 15 с.

91. Дерновой Б. Ф. Кардиогемодинамика при вызванных изменениях венозного возврата к сердцу у северян / Б. Ф Дерновой, Л. И. Иржак // Экология человека. – 2013. – № 12. – С. 48–51

92. Дерновой Б.Ф. Реакция сердца и системной гемодинамики на физическую нагрузку у человека при адаптации к холоду / Б.Ф.Дерновой // Экология человека. – 2017. – № 2. – с. 27-31.

93. Деряпа Н.Р. Адаптация человека в полярных регионах Земли / Н.Р. Деряпа, И.Ф. Рябинин. – Л.: Медицина, 1977. – 293 с.

94. Деряпа Н.Р. Экологические особенности Севера и Крайнего Севера / Н.Р. Деряпа, З.И. Барабашова, Н.П. Неверова и др. // Экологическая физиология человека. Адаптация человека к различным климатогеографическим условиям / под ред. Н.Н. Василевского – Л., 1980. – С. 7-18.

95. Деряпа Н.Р. Проблемы медицинской биоритмологии / Н.Р. Деряпа, М.П. Мошкин, В.С. Посный. – М.: Медицина, 1985. – 206 с.

96. Дёмин Д.Б. Климатоэкологические условия северных территорий и их влияние на сердечно-сосудистую и нервную системы человека / Д.Б.

Дёмин // Вестник уральской медицинской академической науки. – 2014. – №2. – С. 20-25.

97. Дёмин Д.Б. Возрастные особенности функциональных показателей сердечно-сосудистой системы у подростков различных арктических территорий / Д.Б. Дёмин, Л.В. Поскотинова, Е.В. Кривоногова // Экология человека. – 2015. – № 7. – С. 27-32.

98. Диверт Г.М. Индивидуально-типологические реакции сердечно-сосудистой системы на локальное охлаждение у работающих по экспедиционно-ватовому методу / Г.М. Диверт, Г.М. Домахина, С.Г. Кривошеков // Медицина труда и промышленная экология. – 1989. – № 10. – С. 25-28.

99. Дудникова Е.А. Показатели кардиогемодинамики и энергетического обмена студенток северного вуза весной / Е.А. Дудникова, Л.И. Иржак // Экология человека. – 2009. – № 7. – С. 61-64.

100. Евдокимов В.Г. Роль сезонных перестроек в формировании функционального статуса организма человека на Европейском Севере / В.Г. Евдокимов, О.В. Рогачевская, Н.Г. Варламова // Физиологические механизмы природных адаптации: Тез. докл. III Всерос. междунар. симп. – Иваново: Иван. гос. ун-т, 1999. – С. 47-48.

101. Евдокимов В.Г. Функциональное состояние сердечно-сосудистой и дыхательной систем человека на Европейском Севере: автореф. дис. ... д-ра биол. наук: 03.00.13 / В.Г. Евдокимов – Сыктывкар, 2004. – 37 с.

102. Евдокимов В.Г. Модулирующее влияние факторов Севера на кардиореспираторную систему человека в онтогенезе / В.Г. Евдокимов, О.В. Рогачевская, Н.Г. Варламова. – Екатеринбург: УрО РАН, 2007. – 257 с.

103. Ермолин С.П. Физиологические реакции организма военнослужащих в условиях Арктической зоны Российской Федерации: дис. ... канд. мед. наук: 03.03.01 / Ермолин С.П. – Архангельск, 2015. – 139 с.

104. Ефимова Н.В. Эколого-физиологическая характеристика адаптивных реакций кардиореспираторной системы в годовом цикле у

молодых лиц 18-22 лет уроженцев Европейского Севера: дисс. ..канд.мед. наук: 03.03.01 / Н.В. Ефимова. – Москва, 2013. – 176 с.

105. Ефимова Н.В. Оценка кардиогемодинамических показателей у детей Крайнего Севера и Сибири / Н.В. Ефимова, И.В. Мыльникова // Экология человека. – 2017. – № 2. – с. 10-16.

106. Загородников Г.Г. Оценка гемодинамических показателей при воздействии на организм летного состава экстремальных климатогеографических факторов в период адаптации к условиям крайнего севера / Г.Г. Загородников, А. А Боченков // MEDLINE.RU. – 2010. – Т. 11. – № 2. – С. 482-493.

107. Зевеке А.В. Роль коллагена кожи в поддержании температурного гомеостаза / А.В. Зевеке, Е.Д. Ефес // Молекулярные и клеточные основы кислотно-основного и температурного гомеостаза. – Сыктывкар, 1991. – С. 43.

108. Зенченко Т.А. Характеристика индивидуальных реакций сердечно-сосудистой системы здоровых людей на изменения метеорологических факторов в широком диапазоне температур / Т.А. Зенченко, А.Н. Скавуляк, Н.И. Хорсева и др. // Геофизические процессы и биосфера. – 2013. - №1. – С. 22-43.

109. Звездин М. С. Ответная реакция сосудов кожи на дистантное холодное воздействие / М. С. Звездин, В. В. Ачкасова // Регионарное кровообращение и микроциркуляция. – 2006. – Т. 5. – № 3. – С. 63-67.

110. Змановский Ю.Ф. Особенности контрастных температурных воздействий на периферическое кровообращение и микроциркуляцию / Ю.Ф. Змановский, Т.К. Марченко, Д. Хаммадов // Физиология человека. – 1996. – Т. 22. – № 3. – С. 95–98.

111. Иванов В.Д. Физиологические реакции сердечно-сосудистой системы у военнослужащих учебного центра военно-морского флота в условиях Европейского Севера: автореф. дис. ... канд. мед. наук: 03.00.13 / В.Д. Иванов– Архангельск, 2006. – 19 с.

112. Иванов К.П. Современные теоретические и практические проблемы гомойотермии и терморегуляции / К.П. Иванов // Российский физиологический журнал им. И.М. Сеченова. – 2006. – Т. 92. – № 5. – С. 578-592.

113. Игнатов А.Г. Особенности реакции периферической гемодинамики подростков на гипотермическое воздействие в зависимости от типа вегетативной регуляции сердечной деятельности / А.Г. Игнатов, В.Б. Русанов // Вестник Нижегородского университета им. Н.И. Лобачевского. – 2008. – № 6. – С. 113-117.

114. Иржак Л.И. Интервально-амплитудные показатели электрических свойств миокарда у человека при физической нагрузке / Л.И. Иржак, Н.Г. Русских // Физиология человека. – 2021. – Т.47. – № 2. – С. 56-62.

115. Истомина Н.Э. Функциональный ответ сердечно-сосудистой системы на холод у молодых людей на Европейском Севере: автореф. дис. ... канд. биол. наук: 03.00.13 / Н.Э. Истомина – Архангельск, 2000. – 19 с.

116. Казначеев В.П. Некоторые проблемы хронических заболеваний / Казначеев В.П. // Вестник АМН СССР. – 1975. – № 10. – С. 616-625.

117. Казначеев В.П. Механизмы адаптации человека в условиях высоких широт / В.П. Казначеев. – Л.: Медицина, 1980. – 200 с.

118. Казначеев В.П. Современные аспекты адаптации / В.П. Казначеев. М.: Наука, 1980. – 192 с.

119. Казначеев В.П. Особенности экологических факторов высоких широт / В.П. Казначеев, В.Ю. Куликов, Л.Е. Панин // Механизмы адаптации человека в условиях высоких широт. – Л.: Медицина, 1980. – С. 10-24.

120. Казначеев В.П. Адаптация и конституция человека / В.П. Казначеев, С.В. Казначеев. – Новосибирск: Наука, 1986. – 120 с.

121. Карпин В.А. Сравнительный анализ и синтез показателей сердечно-сосудистой системы у представителей арктического и высокогорного адаптивных типов / В.А. Карпин, О.Е. Филатова, Т.В. Солтыс,

А.А. Соколова, Ю.В. Башкатова, А.Б. Гудков // Экология человека. – 2013. – № 7. – С. 3-9.

122. Ким Л.Б. Транспорт кислорода при адаптации человека к условиям Арктики и кардиореспираторной патологии / Л.Б. Ким. – Новосибирск: Наука, 2015. – 216 с.

123. Казначеев В.П. Современные аспекты адаптации. / В.П. Казначеев Новосибирск: Наука. – 1980. – 192 с.

124. Казначеев В.П. Проблемы адаптации и конституции человека на Севере / В.П. Казначеев // Бюллетень СО АМН СССР. – 1984. – № 1. – С. 95.

125. Ковтун, Л.Т. Приспособительные реакции терморегуляции и кардиореспираторной системы при прерывистых общих охлаждениях организма человека: дисс... канд. мед. наук: 03.00.13 / Л.Т. Ковтун.– Новосибирск, 2003.– 140 с.

126. Ковалев И.В. Проблемы развития Севера и здоровья населения / И.В. Ковалев. – М.: Изд-во «Тривант», 2000. – С. 6–13.

127. Козлов В.И. Морфофункциональная перестройка сосудов микроциркуляторного русла под влиянием локального охлаждения / В.И. Козлов, М.В. Попов // Физиология человека. – 1983. – Т. 9. – № 4. – С. 627-633.

128. Козырева Т.В. Терморцепция при адаптации организма к холоду: автореф. дис. ... доктора наук: 03.00.13 / Козырева Т.В. – СПб., 1991. – 33 с.

129. Козырева Т.В. Температурная рецепция и показатели дыхания человека в норме и при локальном охлаждении / Т. В. Козырева, Т. Г. Симонова // Физиол. журн. – 1991. – Т. 37. – № 3. – С. 48–51.

130. Козырева Т.В. Модуляция функциональных свойств терморцепторов кожи / Т.В. Козырева // Нейрофизиология. – 1992. – Т. 24. – № 5. – С. 542-552.

131. Козырева Т.В. Функциональная перестройка терморцепторов при адаптации организма к холоду / Т.В. Козырева, М.А. Якименко. В сборнике:

Проблемы терморегуляции и температурной адаптации / под ред. Попова Н.К. – Новосибирск, 1992. – С. 10-23.

132. Козырева Т. В. Влияние локального охлаждения кожи на спирометрические показатели человека / Т. В. Козырева, Т. Г. Симонова, О. В. Гришин // Бюллетень СО РАМН. – 2002. – № 1 (103). – С. 71-73.

133. Козырева Т.В. Функциональные изменения при адаптации организма к холоду. / Т.В. Козырева, Е.Я. Ткаченко, Т.Г.Симонова. // Успехи физиологических наук. – 2003. – Т. 34. – № 2. – С. 76-84.

134. Козырева Т.В. Центральные и периферические терморцепторы. Сравнительный анализ влияния длительной адаптации организма к холоду и норадреналину / Т.В. Козырева // Российский физиологический журнал им. И.М. Сеченова. – 2005. – Т. 91. – № 12. – С. 1492-1503.

135. Козырева Т.В. Связь однонуклеотидного полиморфизма rs11562975 гена термочувствительного ионного канала TRPM 8 с чувствительностью человека к холоду и ментолу / Т.В. Козырева, Е.Я. Ткаченко, Т.Я. Потова и др. // Физиология человека. – 2011. – Т. 37. – № 2. – С. 71–76.

136. Козырева Т.В. Вовлечение нейрогенного уровня регуляции в процессы поддержания температурного гомеостаза организма на холоде / Т.В. Козырева, И.П. Воронова // Вавиловский журнал генетики и селекции. – 2014. – Т. 18. – № 4/3. – С. 1100-1109.

137. Комплексная научно-образовательная экспедиция «Арктический плавучий университет – 2015»: материалы экспедиции [Электронный ресурс] / отв. ред. К.С. Зайков, Д.Ю. Поликин, Л.Н. Драчкова; Сев. (Арктич.) федер. ун-т. – Электронные текстовые данные. – Архангельск: САФУ, 2015. – с. 132-149.

138. Копосова Т.С. Сезонные изменения показателей кардиогемодинамики и вегетативного статуса организма студентов / Т.С. Копосова, С. Н. Чикова, А.Е. Чиков // Экология человека. – 2004. – № 5. – С.23-25.

139. Копосова Т.С. Динамика показателей сердечного ритма и адаптивные возможности организма студентов в разные сезоны года / Т.С. Копосова, С.Н. Чикова, А.Е. Чиков // Вестник Поморского университета. Физиологические и психолого-педагогические науки. – 2009 – №1. – С. 11-19.

140. Кочан Т.И. Годовой мониторинг влияния условий севера на метаболизм и функционирование сердечно-сосудистой системы человека / Т.И. Кочан // Успехи физиологических наук. – 2007. – Т. 38. – № 1. – С. 55-65.

141. Кривошеков С.Г. Системные механизмы адаптации и компенсации / С.Г. Кривошеков, В.П. Леутин, Э.Г. Диверт и др. // Бюллетень СО РАМН. - 2004. - №2. – С. 148-153.

142. Кривошеков С.Г. Структурно-функциональные особенности сердечно-сосудистой системы и метаболических показателей у молодых жителей Якутии с нормальным и повышенным уровнем артериального давления / С.Г. Кривошеков, И.А.Пинигина, Н.В. Махарова // Бюллетень СО РАМН. – 2009. – № 6. – С. 100.

143. Кубушка О. Н. Особенности структуры жизненной емкости легких у северян старшего школьного возраста / О. Н. Кубушка, А. Б. Гудков // Вестник Поморского университета. Серия: Физиологические и психолого-педагогические науки. – 2003. – № 1. – С. 42-51.

144. Кубушка О. Н. Некоторые реакции кардиореспираторной системы у молодых лиц трудоспособного возраста на стадии адаптивного напряжения при переезде на Север / О. Н. Кубушка, А. Б. Гудков, Н. Ю. Лабутин // Экология человека. – 2004 – № 5. – С. 16-18.

145. Кулаичев А.П. Компьютерная электрофизиология и функциональная диагностика / А.П. Кулаичев. – М.: ФОРУМ: ИНФРА-М, 2010. – 640 с.

146. Кулаичев А.П. Методы и средства комплексного анализа данных: учебное пособие / А.П.Кулаичев. – М.: ФОРУМ: ИНФРА – М, 2013. – 512 с.

147. Лабутин Н.Ю. Физиологическая характеристика резервов гемодинамики и внешнего дыхания при долговременной и срочной адаптации у здоровых мужчин в условиях Европейского Заполярья : автореф. дис. ... доктора мед. наук: 03.00.13 / Н.Ю. Лабутин – Архангельск, 2002. – 34 с.

148. Ли В. А. Физиологическая характеристика сезонных изменений адаптационных реакций организма при разных уровнях артериального давления : дис. ... канд. мед. наук: 03.00.13 / В. А. Ли – Москва, 2009. – 134 с.

149. Логинова Т.П. Вегетативные изменения у человека на Севере в различные сезоны года: автореф. дис. ... канд. биол. наук: 03.00.13 / Т.П. Логинова – Помор. гос. ун-т им. М.В.Ломоносова. – Архангельск, 2006. – 18 с.

150. Ломакина С.В. Механизмы формирования терморегуляторных реакций на холод у крыс с наследственной артериальной гипертензией: автореф. дис. ... канд. мед. наук: 03.00.13 / С.В. Ломакина. – Новосибирск, 2004. – 21 с.

151. Лукманова Н.Б. Возрастные изменения гемодинамики у мужчин при локальных холодовых воздействиях: дис. ... канд. биол. наук: 03.00.13 / Н.Б. Лукманова – Архангельск, 2000. – 110.с.

152. Лупачев В. В. Влияние климатогеографических условий на состояние здоровья моряков во время рейса (на основе анализа публикаций) / В. В. Лупачев, Р. В. Кубасов, Р. Б. Богданов // Вестник государственного университета морского и речного флота им. адмирала С.О. Макарова. – 2015. – № 3(31). – С. 30-35.

153. Луценко М.Т. Морфофункциональная характеристика органов дыхания в зависимости от экологических условий окружающей среды / М.Т. Луценко // Бюллетень физиологии и патологии дыхания – 2006.– № 22.– С. 33–36.

154. Максимов А.Л. Концептуальные и методические подходы к комплексному районированию территорий с экстремальными условиями

проживания / А. Л. Максимов – Рос. акад. наук, Дальневост. отд-ние, Сев.-Вост. науч.-исслед. центр "Арктика". – Препринт. – Магадан: Междунар. науч.-исслед. центр "Арктика", 2006 (Магадан : МПО СВНЦ ДВО РАН). – 53 [1] с.

155. Максимов А.Л. Современные эколого-социальные аспекты биомедицинских исследований по адаптации человека на Северо-Востоке России / А. Л. Максимов // Север: Арктический вектор социально-экологических исследований / Отв. ред. Лаженцев В.Н. – Сыктывкар, 2008. – С. 109.

156. Мануйлов И.В. Физиологическая характеристика адаптивных реакций кардиореспираторной системы у лыжников массовых спортивных разрядов в годовом цикле на Европейском Севере: автореф. дисс. ... канд.мед.наук: 03.03.01 / И.В. Мануйлов – СГМУ. Архангельск, 2014. – 17 с.

157. Марачев А.Г. Циркумпольярный гипоксический синдром и его диагностические критерии / А.Г. Марачев // Региональные особенности здоровья жителей Заполярья. – Новосибирск, 1983. – С. 98-102.

158. Марков А.Л. Чувствительность к атмосферным и геомагнитным факторам функциональных показателей организма здоровых мужчин жителей Севера России / А.Л. Марков, Т.А. Зенченко, Ю.Г. Солонин и др. // Авиакосмическая и экологическая медицина – 2013. - №2. – С. 29-32.

159. Маслов Л.Н. Влияние долговременной адаптации к холоду на состояние сердечно-сосудистой системы / Л.Н. Маслов, Е.А. Вычужанова // Росс. физиол. журн. им. И.М. Сеченова – 2013. – Т. 99. – № 10. – С. 1113.

160. Матюхин В.А. Биоклиматология человека в условиях муссонов / В.А.Матюхин – Л.: Наука, 1971. – 82 с.

161. Меерсон Ф.З., Пшенникова М.Г. Адаптация к стрессорным ситуациям и физическим нагрузкам / Ф.З. Меерсон, М.Г. Пшенникова – М.: Медицина, 1988. – 256 с.

162. Мелькова Л. А. Динамика кровообращения у жителей Африки на начальном этапе адаптации при обучении в северном вузе: дис. ... канд. биол. наук: 03.00.13 / Л. А. Мелькова – Архангельск, 2005. – 131 с.

163. Метаболическое обеспечение годового цикла адаптивных реакций сердечно-сосудистой и дыхательной систем у военнослужащих в условиях Севера / Под ред. Е. Р. Бойко. – Сыктывкар, 2007. – 264 с.

164. Мироновская А.В. Роль природно-климатических и экологических факторов в возникновении неотложных состояний сердечно-сосудистой системы: анализ временного ряда / А.В. Мироновская, Т.Н. Унгурияну, А.Б. Гудков // Экология человека – 2010. – №9. – С. 13-17.

165. Небученных А.А. Состояние кардиореспираторной системы у военнослужащих по призыву в начальный период службы на Европейском Севере: дис. ... канд. мед. наук: 03.00.13 / А.А. Небученных. – Архангельск, 2006. – 126 с.

166. Ненашева А.В. Характеристика показателей гемодинамики у детей челябинского областного центра реабилитации 6-12 лет в состоянии относительного покоя и при функциональных пробах / А.В. Ненашева, В.В. Корольков, А.С. Аминов, Я.В. Леонова // Человек. Спорт. Медицина – 2009. – № 20 (153). – С. 37-41.

167. Никитин Ю.П. Современные проблемы северной медицины и усилия учёных по их решению / Ю.П. Никитин, В.И. Хаснулин, А.Б. Гудков // Вестник Северного (Арктического) федерального университета. Серия: Медико-биологические науки. – 2014. – № 3. – С. 63-72.

168. Нифонтова О.Л. Сравнительная оценка антропометрических и электрокардиографических показателей у детей школьного возраста Тюменского Севера / О.Л. Нифонтова // Вестник Поморского университета. Серия «Физиол. и психол. Науки». – 2007. – № 1 (11). – С. 15-20.

169. Нифонтова О.Л. Показатели центральной и периферической гемодинамики детей коренной народности Севера / О. Л. Нифонтова, О. Г. Литовченко, А. Б. Гудков // Экология человека – 2010. – № 1. – С. 28-32.

170. Окунева Г.Н. Особенности периферических и сердечно-сосудистых реакций у пациентов с ИБС при локальном холодовом тесте / Г.Н. Окунева, А.М. Чернявский, Л.М. Булатецкая, А.С. Клинкова, Д.В. Доронин // Регионарное кровообращение и микроциркуляция – 2008. – Т. 7. – № 4. – С. 16-23.

171. Окунева Г.Н. Диагностическое значение исследования микроциркуляции и выраженности гипертонической реакции на локальный холодовой тест у пациентов с ишемической болезнью сердца / Г. Н. Окунева, А. М. Чернявский, Л. М. Булатецкая, А. С. Клинкова // Артериальная гипертензия – 2009. – №5. – С. 603-609.

172. Оляшев Н.В. Показатели кардиореспираторной системы у юношей с разными типами кровообращения / Н. В. Оляшев, И. А. Варенцова, В. Н. Пушкина // Экология человека. – 2014. – № 4. – С. 28–33.

173. Орлов Г.А. Хроническое поражение холодом / Г.А. Орлов. – М.: Медицина, 1978. – 168 с.

174. Орлов Г.А. Клиника острого и хронического поражения холодом / Острые и хронические поражения холодом. Тромбоэмболия легочной артерии / Г.А. Орлов – М., 1982. – С. 3–6.

175. Панин Л.Е. Человек в экстремальных условиях Арктики / Л.Е. Панин // Сибирский научный медицинский журнал – 2010 – Т. 30. – № 3. – С. 92-98.

176. Пастухов Ю.Ф. Адаптация к холоду и условиям Субарктики: проблемы термофизиологии / Ю.Ф. Пастухов, А. Л. Максимов, В. В. Хаскин. – Магадан: СВНЦ ДВО РАН, 2003. – Т. 1. – 373 с.

177. Пащенко А.В. Реакция срединных структур головного мозга на локальное охлаждение по данным ЭЭГ / А.В. Пащенко, А.Б. Гудков, А.И. Волосевич // Экология человека – 2001. – №4. – С. 43-45.

178. Пащенко А.В. Влияние локального охлаждения межлопаточной области на биоэлектрическую активность головного мозга человека: дис. ... канд. мед. наук: 03.00.13 / А.В. Пащенко – Архангельск, 2002. – 122 с.

179. Пащенко А.В. Особенности изменения электроэнцефалограммы мужчин и женщин при локальном охлаждении / А.В. Пащенко, А.И. Волосевич // Экология человека. – 2002. – №1. – С. 27-29.

180. Попова Н.В. Возможности тепловидения и variability сердечного ритма при прогностической оценке функционального состояния сердечно-сосудистой системы / Н.В. Попова, В.А. Попов, А.Б. Гудков // Экология человека – 2012. – №11. – С. 33-37.

181. Попова О.Н. Морфофункциональные особенности дыхательной системы у северян (Обзор) / О.Н. Попова, А.Б. Гудков // Экология человека – 2009. – №2. – С. 53-58.

182. Попова О.Н. Характеристика адаптивных реакций внешнего дыхания у молодых лиц трудоспособного возраста, жителей европейского севера: дис. ... доктора мед. наук: 03.00.13/ О.Н. Попова. – Москва, 2009. – 278 с.

183. Попова О.Н. Сезонные изменения показателей гемодинамики и типов реакции на стандартную физическую нагрузку у жителей Европейского Севера / О.Н. Попова, Н.В. Ефимова, А.Б. Гудков // Материалы Всероссийской научно-практической конференции «Югра – за здоровый образ жизни» – Ханты-Мансийск: Изд-во ХМГМА, 2012. – С. 220-222.

184. Потапов А.И. Гигиенические проблемы сохранения здоровья населения в экстремальных условиях Севера / А.И. Потапов, А.В. Истомин, Т.С. Шушкова и др. // Вестник РАМН – 2005. – № 3. – С. 19.

185. Потапова Т.А. Кислотно-основные и газотранспортные свойства крови новорожденных детей в условиях Европейского Севера: автореф. дисс... канд. биол. наук: 03.00.13 / Т.А. Потапова – Архангельск, 2007. – 18 с.

186. Профессиональный риск в горнохимической промышленности в Арктике: монография / Б.А. Скрипаль, В.П. Чащин, А.Б. Гудков, А.Н. Никанов, Н.В. Дядик; под общ. ред. В.П. Чащина. – Апатиты: ФИЦ КНЦ РАН, 2020. – 129 с.

187. Пушкина В.Н. Сезонные изменения взаимоотношений показателей кардиореспираторной системы у юношей в условиях циркумполярного региона / В.Н. Пушкина, А.В. Грибанов // Экология человека – 2012 – №9. – С. 26-31.

188. Радыш И.В. Динамика показателей кардиореспираторной системы у женщин в различные сезоны года / И.В. Радыш, Т.В. Коротеева // Вестник Оренбургского государственного университета – 2010. – №12-1 (118). – С. 102-107.

189. Райгородская Т.Г. Исследование реакции сосудов кистей рук на непрямое охлаждение / Т.Г. Райгородская, А.И. Анисимов // Физиология человека – 1996. – Т. 22. – № 1. – С. 138-139.

190. Ревич Б.А. Климатические изменения как фактор риска здоровья населения Российской Арктики / Б.А. Ревич, Д.А. Шапошников, Б.М. Кершенгольц // Проблемы здравоохранения и социального развития Арктической зоны России – М., 2011. – С. 10–11.

191. Рогачевская О.В. Функционирование сердечно-сосудистой и дыхательной систем у школьников в условиях Европейского Севера: автореф. дис. ... канд. биол. наук: 03.00.13 / О.В. Рогачевская – Сыктывкар, 2002. – 22 с.

192. Рощевский М.П. Сезонные и социальные влияния на кардиореспираторную систему жителей севера / М.П. Рощевский, В.Г. Евдокимов, Н.Г. Варламова, О.В. Рогачевская // Физиология человека – 1995. – Т. 21. – № 6. – С. 55-69.

193. Рощевский М.П. Экологическая физиология человека на Севере / М. П. Рощевский, В. Г. Евдокимов // Медицинская наука в Республике Коми. – Сыктывкар, 2000. – С. 12–27.

194. Руководство по гигиенической оценке факторов рабочей среды и трудового процесса. Критерии и классификация условий труда (Руководство Р.2.2.2006-05).

195. Рэйляну Р.И. Особенности кровообращения человека при реакции на разные по мощности локальные холодовые воздействия / Р.И. Рэйляну // Вестник тверского государственного университета. Серия: Биология и экология – 2007. – № 5. – С. 21-26.

196. Рэйляну Р.И. Специфичность реакции системы кровообращения на локальные термовоздействия разной мощности / Р.И. Рэйляну, М.И. Бочаров, Н.Э. Истомина // Вестник ТвГУ: Серия «Биология и экология» – Вып. 5. – Тверь, 2007. – № 2. – С. 15-21.

197. Рэйляну Р.И. Особенности реакций центральной гемодинамики и регионарных систем кровотока человека на локальные холодовые воздействия разной мощности дис. ... канд. биол. наук: 03.00.13 / Р.И. Рэйляну – Поморский государственный университет им. М.В. Ломоносова – Архангельск, 2008. – 159 с.

198. Сарычев А.С. Оценка физиологических резервов у вахтовиков в полевых условиях Заполярья / А.С. Сарычев, А.Б. Гудков // Экология человека – 2011. – № 11. – С. 17-20.

199. Сарычев А.С., Гудков А. Б., Попова О. Н. Компенсаторно-приспособительные реакции внешнего дыхания у нефтяников в динамике экспедиционного режима труда в Заполярье / А.С. Сарычев, А. Б. Гудков, О. Н.Попова // Экология человека – 2011. – № 3. – С. 7–13.

200. Сарычев А.С. Характеристика адаптивных реакций организма вахтовых рабочих в условиях Заполярья: дис. ... докт. мед. наук: 03.00.13 / А.С.Сарычев. – Архангельск, 2012. – 301 с.

201. Северин А.Е. Показатели variability сердечного ритма у лиц из разных климатогеографических регионов при локальном охлаждении / А.Е. Северин, В.И. Торшин, Мансур Нумман, И.А. Берсенева, Т.В. Дьячкова, Е.А. Северина, Н.Е. Аймаутова // Технологии живых систем – 2015. – Т. 12. – №1. – С. 69-71.

202. Северина Е.А. Подходы к интегративной оценке адаптивных реакций у уроженцев разных климатогеографических регионов при действии

холода / Е.А. Северина, В.И. Торшин, А.Е. Северин, О.В. Манкаева, Т.К. Вялова, Л.Г. Токарева // Технологии живых систем – 2017. – Т. 14. – №3. – С. 28-33.

203. Сезонная динамика физиологических функций у человека на Севере / Под ред. Е. Р. Бойко – Екатеринбург: УрО РАН, 2009. – 223 с.

204. Селье Г. Очерки об адаптационном синдроме / Г. Селье. М., 1960. – 252 с.

205. Семененя И.Н. Функциональное значение щитовидной железы // Успехи физиол. наук – 2004. – Т. 35. – № 2. – С. 41.

206. Скорцов Ю.Р. Отморожения в современной боевой патологии / Ю.Р. Скорцов, С.Х. Кичемасов // Военно-медицинский журнал – 2002.– №1.– С. 29–32.

207. Сibaгатулина С.А. Индивидуальные показатели центральной гемодинамики в ответ на локальное холодовое воздействие разной мощности / С.А. Сibaгатулина, Р.И. Рэйляну // Человек и окружающая среда: Тезисы доклада XIII Республиканской научной конференции студентов и аспирантов – Сыктывкар, 2004. – С. 163.

208. Сibaгатулина С.А. Некоторые особенности реакции центральной гемодинамики в ответ на разную локальную термическую стимуляцию / С.А. Сibaгатулина, Р.И. Рэйляну // Молодежный вестник. – Сыктывкар, 2004. – Выпуск 2. – С. 47-50.

209. Сидоров П.И. Экология человека на Европейском Севере России / П.И. Сидоров, А.Б. Гудков // Экология человека – 2004. – №6. – С. 15-21.

210. Синицкая Е.Ю. Температурная чувствительность у студентов-северян с разным уровнем тревожности / Е.Ю. Синицкая, Н.Н. Прокопчук // Вестник Сев. (Арктич.) федер. ун-та. Сер.: Мед.-биол. науки – 2013. – № 2. – С. 64-70.

211. Совершаева С.Л. Эколого-физиологическое обоснование механизмов формирования донозологических состояний у жителей

Европейского Севера России: автореф. дис. ... д-ра мед. наук: 14.00.17, 05.26.02 / С.Л. Совершаева – Архангельск, 1996. – 38 с.

212. Совершаева С.Л. Адаптация и индивидуальное здоровье / С.Л. Совершаева // Системная и легочная гемодинамика в норме и при патологии системы дыхания у северян – Архангельск: Изд-во АГМА, 1999. – С. 23-59.

213. Современные представления о системе терморегуляции / Бачериков А.Н., Кузьминов В.Н., Ткаченко Т.В., Назарчук А.Г. // Вестник психиатрии и психофармакотерапии – 2006.– № 1.– С. 178–182.

214. Солонин Ю.Г. Гемодинамика, выносливость и психомоторика у жителей разных широт в контрастные периоды года / Ю.Г. Солонин // Физиология человека – 1996. – Т. 22. – № 23. – С. 113-117.

215. Солонин Ю.Г. Гемодинамика у жителей «ближнего» Севера / Ю.Г. Солонин // Физиология человека. – 1997. – Т. 23. – № 5. – С. 97-102.

216. Солонин Ю.Г. Возрастная динамика некоторых физиологических функций у жителей Севера / Ю.Г. Солонин // Физиология человека – 1998. – Т. 24. – № 1. – С. 98-103.

217. Солонин Ю.Г. Функциональные показатели здоровья у мужчин-северян / Ю.Г.Солонин, А.Л.Марков, Е.Р.Бойко // Известия Коми научного центра УрО РАН. Выпуск 3(7). Сыктывкар – 2011. – С. 43-47.

218. Солонин Ю. Г. Влияние широты проживания в условиях Севера на организм подростков / Ю. Г. Солонин, Е. Р. Бойко, Н. Г. Варламова, Т. В. Есева // Физиология человека – 2012. – 38 (2). – С. 107–112.

219. Социально-гигиенический мониторинг в Архангельской области: достижения и перспективы: монография / Р. В. Бузинов, Т. Н. Зайцева, Н. К. Лазарева, А. Б. Гудков; Минздравсоцразвития РФ, ФГУ "Центр госсанэпиднадзора в Архангельской области", Северный государственный медицинский университет. – Архангельск: Северный государственный медицинский университет (г. Архангельск) Федерального агентства по здравоохранению и социальному развитию, 2005. – 260 с.

220. Судаков К.В. Функциональные системы / К.В. Судаков – М.: «Издательство РАМН», 2011. – 320 с.

221. Суханова И.В. Физическое развитие и параметры кардиореспираторной системы у студентов СМУ в различные сезоны года / И.В. Суханова // Вестник ОГУ – 2006. – № 12. – С. 135-139.

222. Суханова И.В. Сезонные изменения морфофункциональных параметров у юношей Магадана с различным уровнем двигательной активности / И.В. Суханова, А.Я. Соколов // Амурский научный вестник. Изд-во: Амурский гуманитарно-педагогический государственный университет (Комсомольск-на-Амуре). Международный научно-исследовательский центр «Арктика» ДВО РАН, Магадан, Россия. – 2007. – № 1. – С. 40-43.

223. Тарханов С.Н. Лесные экосистемы бассейна Северной Двины в условиях атмосферного загрязнения: диагностика состояния / С.Н. Тарханов, Н.А. Прожерина, В.Н. Коновалов – Екатеринбург: УрО РАН, 2004. – 250 с.

224. Тверитина Е.С. Взаимосвязь показателей микроциркуляции и системной гемодинамики у лиц юношеского возраста / Е.С. Тверитина, М.З. Федорова // Научные ведомости Белгородского государственного университета. Серия: Естественные науки – 2010. – Т. 10. – № 3. – С. 70-76.

225. Тимохова Н.В. Изменение биоэлектрической функции миокарда и особенности регуляции сердечного ритма при локальной холодовой пробе у молодых людей Европейского Севера России / Н.В. Тимохова // Вестник Поморского университета. Физиологические и психолого-педагогические науки – 2002. – №1. – С. 23-28.

226. Тимохова Н.В. Изменение артериального давления и пульса при локальной холодовой пробе у юношей-северян / Н. В. Тимохова, С. Н. Игнатьева // Вестник Поморского университета. Серия Физиологические и психолого-педагогические науки – 2003. – № 2. – С. 26-32.

227. Типисова Е.В. Реактивность и компенсаторные реакции эндокринной системы у мужского населения Европейского Севера: автореф. дисс... д-ра. биол. наук: 03.00.13 / Е.В. Типисова – Архангельск, 2007.– 38 с.

228. Ткачев А.В. Физиологический подход к районированию северных территорий России / А.В. Ткачев // Научно-аналитические материалы по районированию Севера России – Сыктывкар: Коми НЦ УрО РАН, 2004. – С. 30-37.

229. Ткачев А.В. Особенности здоровья человека на Севере / А.В. Ткачев, Л.К. Добродеева, Ф.А. Бичкаева // Север как объект комплексных региональных исследований – Сыктывкар, 2005. – С. 151-177.

230. Ткаченко Б.И. Изменения внешней температуры // Физиология кровообращения: Регуляция кровообращения / Б.И. Ткаченко, Г.Ф. Султанов – Л., 1986. – С. 409-457.

231. Ткаченко Е.Я. Зависимость формирования терморегуляторных реакций на охлаждение от типа активности кожи. / Е. Я. Ткаченко, В. П. Козарук, Г.М. Храмова и др. // Бюллетень СО РАМН – 2010. – Том 30. – № 4. – С. 95-100.

232. Торшин В.И. Реакции студентов из различных регионов мира на локальное охлаждение / В.И. Торшин, А.Е. Северин, Е.А. Северина, Ю.П. Старшинов // Трансформации здоровья и здравоохранения: состояние, исследования, образование – взгляд в будущее. Сборник научных трудов межвузовской научно-практической конференции. – Российский университет дружбы народов, 2016. – С. 143-146.

233. Турчинский В.И. Классификация основных факторов Крайнего Севера, оказывающих влияние на процесс адаптации и здоровье пришлого человека / В.И. Турчинский // Основные аспекты географической патологии на Крайнем Севере. – Норильск, 1976. – С. 46-48.

234. Турчинский В.И. Ишемическая болезнь сердца на Крайнем Севере / В. И. Турчинский – Новосибирск: Наука, 1980. – 280 с.

235. Указ Президента РФ от 02.05.2014 N 296 (ред. от 05.03.2020) "О сухопутных территориях Арктической зоны Российской Федерации" (в редакции указов Президента Российской Федерации от 27.06.2017 № 287, от 13.05.2019 № 220)

236. Фатеева Н.М. Адаптация человека к условиям Севера: влияние экспедиционно-вахтового труда на биоритмы гемостаза, пероксидное окисление липидов и антиоксидантную систему. Монография / Н.М. Фатеева, В.В. Колпаков – Тюмень. Шадринск: Изд-во ОГУП «Шадринский Дом Печати», 2011. – 258 с.

237. Федорова В.И. Функциональное состояние системы кровообращения и метаболические нарушения в коренной популяции республики Саха (Якутия) / В.И. Федорова, Т.М. Климова, М.Е. Балтахинова, А.И. Федоров // Экология человека – 2016. – № 5. – С. 44-49.

238. Филиппова С.Н. Сезонные особенности гормонально-метаболических процессов у практически здоровых людей Западной Сибири / С.Н. Филиппова, Р.Г. Федина // Проблемы ритмов в естествознании: Матер. Второго Междунар. симп. – Москва, 2004. – С. 461-463.

239. Фишер Т.А. Влияние дозированного температурного воздействия на иммунофизиологические механизмы в эксперименте: автореф. дисс ... канд. биол. наук: 03.00.13 /Т.А. Фишер – Тюмень, 2007.– 23 с.

240. Хаснулин В.И. Подходы к районированию территорий России по условиям дискомфортности окружающей среды для жизнедеятельности населения / В.И. Хаснулин, А.К. Собакин, П.В. Хаснулин, Е.Р. Бойко // Бюллетень СО РАМН – 2005. – Т. 117. – № 3. – С. 106.

241. Хаснулин В.И. Северный стресс, формирование артериальной гипертензии на Севере, подходы к профилактике и лечению / В.И.Хаснулин, А.В. Хаснулина, И.И.Чечеткина // Экология человека – 2009. – № 6. – С. 26-30.

242. Хаснулин В.И. Современные представления о механизмах формирования северного стресса у человека в высоких широтах / В.И. Хаснулин., П.В.Хаснулин // Экология человека – 2012. – № 1. – С. 3-11.

243. Хаснулин В. И. Здоровье человека и космогеофизические факторы Севера / В. И. Хаснулин // Экология человека – 2013. – № 12. – С. 3-13.

244. Хаснулин В.И. Адаптивные типы мобилизации приспособительных резервов организма и устойчивость к артериальной гипертензии на Севере / В. И. Хаснулин, О. Г. Артамонова, А. В. Хаснулина, А. Н. Павлов // Экология человека – 2014. – № 7. – С. 24-29.

245. Хаютин В.М. Сосудодвигательные рефлексы / В.М. Хаютин. Москва: Наука, 1964. – 376 с.

246. Хрущев В.Л. Здоровье человека на Севере / В. Л. Хрущев // Эколого-физиологические проблемы адаптации: материалы XI междунар. симп. – М., 2003. – С. 601–602.

247. Целуйко С.С. Экологическая патоморфология легких и криопротекторы в условиях Севера / С.С. Целуйко, В.А. Доровских // Эколого-физиологические проблемы адаптации – М., 1994. – С. 289-299.

248. Чашин В.П. Характеристика основных факторов риска нарушений здоровья населения, проживающего на территориях активного природопользования в Арктике / В. П. Чашин, А. Б. Гудков, О. Н. Попова и др. // Экология человека – 2014. – № 1. – С. 3-12.

249. Чашин В.П. Воздействие промышленных загрязнений атмосферного воздуха на организм работников, выполняющих трудовые операции на открытом воздухе в условиях холода / В.П. Чашин, С.А. Сюрин, А.Б. Гудков, О.Н. Попова, А.Ю. Воронин // Медицина труда и промышленная экология – 2014. – № 9. – С. 20-26.

250. Чашин В.П. Социально-экономические и поведенческие факторы риска нарушений здоровья среди коренного населения Крайнего Севера / В. П. Чашин, А. А. Ковшов, А. Б. Гудков, Б. А. Моргунов // Экология человека – 2016. – № 6. – С. 3-8.

251. Чашин В.П. Предиктивная оценка индивидуальной восприимчивости организма человека к опасному воздействию холода / В.П. Чашин, А.Б. Гудков, М.В. Чашин, О.Н. Попова // Экология человека – 2017. – № 5. – С. 3-13.

252. Чеснокова В.Н. Сезонные особенности организации системной гемодинамики у юношей северного региона / В.Н. Чеснокова // Вестник Северного (Арктического) федерального университета. Серия: Естественные науки – 2009. – № 1. – С. 20-27.

253. Чеснокова В.Н., Мосягин И.Г. Сезонные изменения сердечного ритма у студентов с различными типами вегетативной регуляции на Европейском Севере / В.Н. Чеснокова // Экология человека – 2010. – №3. – С. 35-39.

254. Чеснокова В.Н. Сезонные изменения кардиогемодинамики у студентов с различными типами кровообращения в условиях Приполярья / В.Н. Чеснокова // Вестник Поморского университета. Серия «Естественные и точные науки» – 2011. – №4. – С. 84-89.

255. Чилигина Ю.А. Реакции сердечно-сосудистой системы у студентов-авиадиспетчеров во время работы и после применения холодо-гипоксического воздействия / Ю.А. Чилигина // Физиология человека – 2005. – Т.31. – №4. – С. 96-101.

256. Чилигина Ю.А. Адаптивные реакции сердечно-сосудистой и нервной системы на холодо-гипокси-гиперкапническое воздействие: автореф. дис. ... канд. биол. наук: 03.00.13 / Ю.А. Чилигина – Санкт-Петербург, 2008. – 17 с.

257. Чикова С.Н. Адаптивные возможности и психофизиологический статус студентов приполярного региона: автореф. дис. ... канд. биол. наук: 03.00.13 / С.Н. Чикова– Архангельск, 2008.– 18 с.

258. Шамратова В.Г. Оценка функционирования кислородтранспортной системы крови у студентов / В. Г. Шамратова, Е. Е.

Исаева, Ю. К. Крапивко // Вестник Башкирского университета – 2007. – Т. 12. – № 4. – С. 38-40.

259. Шаньгина А.А. Особенности реакции легочного газообмена на локальное холодовое воздействие у молодых лиц трудоспособного возраста / А.А. Шаньгина, О.Н. Попова, Е.В. Тихонова, С.В. Колмогоров, А.Б. Гудков // Экология человека – 2018. – №5. – С. 33-38.

260. Шаповалов, К.Г. Патогенетические механизмы местной холодовой травмы: автореф. дисс... д-ра мед. наук: 14.00.16 / К.Г. Шаповалов – Чита, 2009.– 44 с.

261. Швеллнус М. Олимпийское руководство по спортивной медицине: перевод с английского / М. Швеллнус ; науч. ред. В. В. Уйба. – Москва: Практика, 2011. – 671 с.

262. Штаборов, В.А. Соотношение общих и местных реакций иммунной защиты у жителей Севера: автореф. дисс... канд. биол. наук: 03.00.13 / В.А. Штаборов – Архангельск, 2009.– 16 с.

263. Шумаков В.И. Моделирование физиологических систем организма / В.И. Шумаков – М., 1971. – 352 с.

264. Alexander S. Effect of Cold on the Cardiovascular System / S. Alexander – Practitioner – 1974. – 213,1278,785-9.

265. Anderson E.A., Mark A.L. Flow-mediated and reflex changes in large peripheral artery tone in humans / E.A. Anderson, A.L. Mark // Circulation. – 1989. – Vol. 79. – № 1. – P. 93–100.

266. A TRP channel that senses cold stimuli and menthol / A.M. Peier, A. Moqrich, A.C. Hergarden, A.J. Reeve, D.A. Andersson, G.M. Story, T.J. Earley, I. Dragoni, P. McIntyre, S. Bevan, A. Patapoutian // Cell, 2002.– Vol. 108.– №5.– P. 705–715.

267. A heat-sensitive TRP channel expressed in keratinocytes / A.M. Peier, A.J. Reeve, D.A. Andersson, A. Moqrich, T.J. Earley, A.C. Hergarden, G.M. Story, S. Colley, J.B. Hogenesch, P. McIntyre, S. Bevan, A. Patapoutian // Science, 2002.– 296 (5575).– P. 2046– 2049.

268. Attenuated cold sensitivity in TRPM8 null mice / R. Colburn, M. Lubin, D. Stone Jr., Y. Wang, D. Lawrence, M. Dapos, Andrea, M. Brandt, Y. Liu, C. Flores, N. Qin // *Neuron*, 2007. – Vol. 54. – №3. – P. 379–386.

269. Atterhog I.H. Cardiovascular and Renal Responses to acute Cold Exposure in Mater-Loaded Man / I.H. Atterhog, P.Carlens, P.O. Grandberg, L.R. Wallenberg – *Scand. J. elm. Lab. Lnvst* – 1975 – 35, 4, 311-317.

270. Beker B.M., Cervellera C., De Vito A., Musso C.G. Human Physiology in Extreme Heat and Cold // *Int Arch Clin Physiol* – 2018. – Vol.1. – P. 1-8.

271. Bernstein D.P. Stroke volume equation for impedance cardiography. D.P. Bernstein, H.J.M. Lemmens // *Medical & Biological Engineering & Computing* – 2005. – Vol. 43.

272. Bostan C. Factors Predicting Long-Term Mortality in Patients with Hypertrophic Cardiomyopathy / C. Bostan, U. Y. Sinan, P. Canbolat et al. // *Echocardiography* – 2014. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/24506463>. (дата обращения: 03.12.2014).

273. Bruck K. Adaptive changes in thermoregulation and their neuropharmacological basis / K. Bruck, E. Zeisberger // *Pharmacol. Ther.* – 1984. V. 35. – P. 163-215.

274. Buijze G. A. The Effect of Cold Showering on Health and Work: A Randomized Controlled Trial. / G. A. Buijze, I. N. Sierevelt, B. C. J. M. van der Heijden, M. G. Dijkgraaf, M. H. W. Frings-Dresen // *PLoS One*. – 2016. – Vol. 11 (9). – P. e0161749.

275. Burggren W. W. Comparative cardiovascular physiology: future trends, opportunities and challenges / W. W. Burggren, V. M. Christoffels et al. // *Journal Acta Physiologica*. – 2013. – P. 1–20.

276. Campbell D.A., Kay S.P. What is cold intolerance? // *J. Hand. Surg. (Br)*. 1998. – V. 23. - № 1. – P. 3.

277. Capan L.M. Measurement of ejection fraction by byoimpedance metod. / L.M. Capan, D.P. Bernstein, K.P. Patel, et al. // *Crit. Care Med.* – 1987. – 15:402.

278. Central osmoregulatory influences on thermoregulation / M.J. McKinley, R.M. McAllen, D. Whyte, M.L. Mathai // Clin. Exp. Pharm. Physiol, 2008.– Vol. 35(5-6).– P. 701-705.

279. Collins K.J. Cold stress and cardiovascular reactions / Problems with cold work / K.J. Collins / Ed. by I. Holmer, K. Kuklane. – Arbetslivsinstitutet. – 1998. – № 18. – P. 166-171.

280. Conlon K.C. Preventing cold-related morbidity and mortality in a changing climate / K.C. Conlon, N.B. Rajkovich, J.L. White-Newsome et al //Maturitas. – 2011. – V. 69(3). – P. 197.

281. Cotter J.D. The role of local skin temperature in determining the perception of local and whole-body thermal state / J.D. Cotter, A. Zeyl, E. Keizer, N. A. Taylor. – Tel Aviv, Israel, 1996. – P. 85-88.

282. Chaschin V. Work in the cold: review of Russian experience in the North / V. Chaschin // Barents. – 1998. – Vol. 1. – №3. – P. 80-82.

283. Granberg P. O. Human physiology under cold exposure / P. O. Granberg // Arctic. Med. Research. – 1991. – Vol. 50. – № 6. – P. 23-27.

284. Dart A. M. Pulse pressure - a review of mechanisms and clinical relevance / A. M. Dart // J. Am. Coll. Cardiol. – 2001. – Vol. 37. – P. 975-984.

285. Dimitrova S. Human physiological reaction to geomagnetic disturbances of solar origin / S. Dimitrova, I. Stoilova // ESA SP-506 – December, 2002. – Vol. 1. – P. 129-132.

286. Dopamine D2 receptor stimulation inhibits cold-initiated thermogenesis in brown adipose tissue in conscious rats / Y. Ootsuka, C.A. Heidbreder, J.J. Hagan, W.W. Blessing // Neuroscience, 2007.– Vol. 147.– P. 127-135.

287. Evdokimov V. G. Influence of severe climatic living conditions on the state of cardiorespiratory systems of schoolchildren in European North / V. G. Evdokimov, O. V. Rogachevskaya // Environment and Human Health: The complete Works of International Ecologic Forum. St. Petersburg, Russia, 2003. – P. 724-726.

288. Gavhed D. Face temperature and cardiorespiratory responses to wind in thermoneutral and cool subjects exposed to $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$ / D. Gavhed, T. Makinen, I. Holmer // *European Journal of Applied Physiology*. – 2000. – T. 83. – P. 449-456.

289. Goldberger A.L., Goldberger Z.D., Shvilkin A. *Clinical Electrocardiography: A Simplified Approach E-Book 9th Ed.* Elsevier, 2019. – 288 p.

290. Griffiths L.A. The influence of inspiratory and expiratory muscle training upon rowing performance / L.A. Griffiths, A.K. McConnell // *Eur.J. Appl.Phys.* – 2007. – Vol. 99. – № 5. – P. 457-466.

291. Hasnulin V. I. Northern cardiometeopathies / V.I.Hasnulin, A. V. Hasnulina, E. V. Sevostyanova. – Novosibirsk : Creative Union “South-West”, 2004. – 220 p.

292. Hasnulin V. Geophysical perturbations as the main cause of Northern Stress / V. Hasnullin // *Alaska medicine*. – 2007. – Vol. 49. – № 2 – P. 237-245.

293. Hassi J. Cold related diseases and cryopathies / J. Hassi / Ed. by I. Holmer. – *Work in cold environments*. – Invest. report. – 1994. – P. 33-40.

294. Hassi J. Risk assessment and management of cold related hazards in arctic workplaces / J. Hassi, T. M. Ikaheimo, L. Pyy, J. Abysekera, L. Giedraitytė, I. Holmér, K. Kuklane, V. Chashchin, N. Nikitina, A. Nikanov // *Technical Report*. January 2002. Barents Interreg IIA-Programme DOI: 10.13140/RG.2.1.3251.7603.

295. Hintsala H. Habitual wintertime cooling and blood pressure in hypertensive and normotensive men: an experimental study / H. Hintsala, J.J.K. Jaakkola, J. Hassi, R. Antikainen, T. Ikaheimo // *International Journal of Circumpolar Health*. – 2016. – № 75. – P. 22.

296. Holmer I. Risk assesmenin cold environment / I. Holmer // *Barents*. – 1998. – Vol. 1. – №3. – P. 77-79.

297. Horwath S. M. Man and cold stress. - In: Iroh S., Ogata K., Yoshimura 47. H. *Advances in climatic physiology*. Igaku Shoin ltd., Tokyo, I vyd., 1972, 417.

298. Howard B. V. A genetic and epidemiological study of cardiovascular disease in Alaska Natives (GOCADAN): design and methods / B. V. Howard, R. B. Devereux, S. A. Cole, et al // *Int. J. Circumpolar Health*. 2005. – Vol. 64. – P. 206-221.

299. Ikäheimo T. M. Usability of isothermal standards for cold risk assessment in the workplace / T. M. Ikäheimo, J. Hassi // *International Journal of Circumpolar Health*. June 2002. – Vol. 61 (2). – P. 142-153.

300. Johnson J. M. Skin vasoconstriction as a heat conservation thermoeffector / J. M. Johnson, D. L. Kellogg // *Hand Clin Neurol*. 2018;156:175-192.

301. Jonson J.M. Local thermal control of the human cutaneous circulation / J.M. Jonson., D. L. Kellog // *J. Appl. Physiol*. 2010. – V. 109. – P. 1229.

302. Jordt S. E. Lessons from peppers and peppermint: the molecular logic of thermosensation / S. E. Jordt., D. D. McKemy, D. Julius // *Curr Opin Neurobiol*. 2003. – Vol. 13. – P. 487-492.

303. Kaiser M. Cold Weather Effects on Heart and Circulatory System. 2008. [Электронный ресурс]: URL: <http://knol.google.com/k/manfred-kaiser/cold-weather-effects-on-heartand/1fjq2rmnw6qc6/3> (дата обращения 12.01.12).

304. Kochan T.I. Metabolic adaptation of the man to the cold factor: a role of glycolysis / T.I. Kochan // *Environment and human health*. St. Petersburg. 2003. – P. 780-781.

305. Kozyreva T.V. Cooling rate and threshold of metabolic and heat loss responses before adaptation to cold and after it / T.V. Kozyreva / *Environmental ergonomics: Recent progress and new frontiers* / Ed. Shapiro Y., Moran D.S., Epstein Y. L., 1996. – P. 251-254.

306. Kozyreva T.V. Two periods in the response of the skin cold receptors to intravenous infusion of noradrenaline / T.V. Kozyreva // *Annals of the New York Academy of Sciences*. V. 813. Thermoregulation / Ed. Blatteis C. 1997. – P. 176-183.

307. Kozyreva T.V. Central and peripheral thermoreceptors. Comparative analysis of the effects of prolonged adaptation to cold and noradrenaline / T.V. Kozyreva // *Neuroscience and behavioral physiology*, 2007.– Vol. 37(2).– P. 191-198.

308. Krasovskaya T. The Russian North: Geographical and Ecological studies on the Kola peninsula / T. Krasovskaya, J. Sallnow. Moscow ; Smolensk : Universum, 2001. – 156 p.

309. Kristal-Bohen E. Summer-winter differences in 24 h variability of heart rate / E. Kristal-Bohen, P. Froom, G. Harari, J. Ribak // *J. Cardiovasc. Risk*. 2000. – Vol. 7. – №. 2. – P. 141-146.

310. Leppäluoto H. Habituation of thermal sensations, skin temperatures, and norepinephrine in men exposed to cold air / H. Leppäluoto, I. Korhonen, J. Hassi // *Journal of Applied Physiology*. 2001. – № 90. – P. 1211-1218.

311. Leppäluoto J. Pituitary and autonomic responses to cold exposures in man / J. Leppäluoto, P. Paakkonen, I. Korhonen, J. Hassi // *Acta Physiol. Scand*. 2005. – V. 184. – P. 255.

312. Levitzki A.L. Cellular receptors for hormones and neurotransmitters / A.L. Levitzki – N.Y.: Perg. Press, 1980. – 290 p.

313. Livingstone S.D., Nolan R.W., Keefe A.A. Effect of a 91-day Polar Ski Expedition on Cold Acclimatization: Proc. 8th Int. Congr. Circumpolar Health. Whitehorse, Yukon, May 20–25, 1990 / ed. by B.D. Postl et al. 1990. – P. 486-488.

314. Makinen T.M. Seasonal changes in thermal responses of urban residents to cold exposure / T.M. Makinen, T. Paakkonen, L.A. Palinkas et al. // *Comp. Biochem. Physiol. A Mol. Integr. Physiol*. 2004. – V. 139. – № 2. – P. 229-238.

315. Makinen T.M. Health problems in cold work / T.M. Makinen, J. Hassi // *Ind. Health*. 2009. – V. 47. – № 3. – P. 207.

316. Martin S.A. Individual Adaptation in Cross-Country Skiing Based on Tracking during Training Conditions / S.A. Martin, R.M. Hadmaş. // *Sports (Basel)*, 2019. – Vol. 7. – №. 9. – pp. 211-216.

317. Mathew L. Cold-induced Vasodilatation and Peripheral Blood Flow under Local Cold Stress in Man at Altitude / L. Mathew, S.S. Purkayastha, W. Selvamurthy, M.S. Malhotra // *Aviat. Space Environ. Med.* 1977. – Vol. 48. – № 6. – P. 497–500.

318. McGeehin M.A. The potential impacts of climate variability and change on temperature-related morbidity and mortality in the United States / M.A. McGeehin, M. Mirabelli // *Environ Health Perspect.* 2001. – V. 109 (Suppl. 2). – P. 185.

319. McKemy D. How cold is it? TRPM8 and TRPA1 in the molecular logic of cold. / D. McKemy // *Molecular Pain.* – 2005. – V. 1. – P. 16.

320. Meigal A. Influence of cold shivering on fine motor control in the upper limb / A. Meigal, J. Oksa, E. Hotola // *Acta Physiol. Scand.* – 1998. – Vol. 163. – P. 41-47.

321. Mekjavic I. B. Respiratory drive during sudden cold water immersion / I. B. Mekjavic, A. La Prairie, A. Burke, B. Lindborg // *Respir. Physiol.* 1987. – 70 (1). – pp. 121-130.

322. Mercer, J.B. The effect of short-term cold exposure on risk factors for cardiovascular diseases from China / J.B. Mercer, B. Osterud, T. Tveita // *Thrombosis Research.* – 1999. – Vol. 95, no. 2. – P. 93–104.

323. Milnor W.R. Hemodynamics / W.R. Milnor – Williams & Wilkins, 136, 155, 1982.

324. Pasche A. Occupational health in the fish processing industry: an activity to improve the work environment by preventing cold exposures / A. Pasche // *Barents* – 2001. – Vol. 4(1). – pp.12-14.

325. Patapoutian A. TRP channels and thermosensation / A. Patapoutian // *Chem. Senses*, 2005. – №30 (suppl. 1). – P. 193-194.

326. Peter W. Neurogenic Non-adrenergic Cutaneous Vasodilatation Elicited by Hypothalamic Thermal Stimulation in Dogs / W. Peter, W. Riedel / Pflugers. *Arch.* 1982. – Vol. 395. – № 2. – P. 115-120.

327. Reilyanu R.I. About some peculiarities of the reaction of the regional circulation of the blood and its dependence on the power of local cooling [text] / R.I. Reilyanu, S.A. Sibagatulina // Probleme of adaptation of man to the ecological and social conditions of the Nord: II International symposium. – Syktyvkar, 2004. – P. 162.

328. Reinberg A. Human chronobiology and adaptation / A. Reinberg // Biological adaptation. – 1982. – P.64.

329. Richter D. W. Cardiorespiratory control / D. W. Richter, K. M. Spyer // Central regulation of autonomic function. Oxford Univ. Press. N. Y., 1990. – P. 189-207.

330. Rintamaki H. Human performance in cold / H. Rintamaki // Barents. 1998. – Vol. 1(3). – pp. 84-85.

331. Risikko T. Assessment and management of cold risks in construction industry / T. Risikko, T. Makinen, I. Hassi // Barents. 2001. – Vol. 4(1). – pp. 18-20.

332. Shitzer A. A parametric analysis of wind chill equivalent temperatures by a dimensionless, steady-state analysis / A. Shitzer // Int. J. Biometeor, 2006. – Vol. 50(4). – P. 215-223.

333. Sihm I. The relation between peripheral vascular structure, left ventricular hypertrophy, and ambulatory blood pressure in essential hypertension / I. Sihm, P. Schroeder, C. Aelkjaer // Amer. J. Hypertens. 1995. – V. 8. – P. 987.

334. Symon C. The Arctic: geography, climate, ecology and people / C. Symon, L. Arris, B. Heal // Arctic Climate Impact Assessment. – Cambridge: University Press. – 2005. – P. 10-16.

335. Tansey E. A. Recent advances in thermoregulation / E. A. Tansey, C. D. Johnson // Adv Physiol Educ. 2015. – № 39(3). – pp. 139-148.

336. Taylor N. A. S., Machado-Moreira C., van den Heuvel A., Caldwell J., Taylor E. A., Tipton M. J. The roles of hands and feet in temperature regulation in hot and cold environments. Thirteenth International Conference on Environmental Ergonomics. Boston, USA, University of Wollongong, 2009. – pp. 405-409.

337. The transient receptor potential vanilloid-1 channel in thermoregulation: a thermosensor it is not / A.A. Romanovsky, M.C. Almeida, A. Garami, A.A. Steiner, M.H. Norman, S.F. Morrison, K. Nakamura, J.J. Burmeister, T.B. Nucci // *Pharmacol. Rev.*, 2009.– Vol. 61(3).– P. 228–261.
338. Tikuisis P. Dynamic model of facial cooling / P. Tikuisis, R.J. Osczevski // *J. Appl. Meteorol.*, 2002.– Vol. 12.– P. 1241-1246.
339. Tikuisis P. Facial cooling during cold air exposure / P. Tikuisis, R.J. Osczevski // *Bull. Am. Meteor. Soc.*, 2003.– Vol. 84.– P. 927–933.
340. TRPM8 is required for cold sensation in mice / A. Dhaka, A. Murray, J. Mathur, T. Earley, M. Petrus, A. Patapoutian // *Neuron*, 2007.– Vol. 54.– №3.– P. 371-378.
341. Un S. Circadian rhythm of silent myocardial ischemia. Why morning is so risky for hypertensive patients / S. Un, J. Baulmann, B. Weisser et al. // *MMW Fortschr. Med.* 2003. – V. 145. – № 47. – P. 8.
342. Van Ooijen A.M. Seasonal changes in metabolic and temperature responses to cold air in humans / A.M. Van Ooijen, W.D. Van Marken Lichtenbelt, A.A. Van Steenhoven, K.R. Westerterp // *Physiol. Behav.* 2004. Sep. 15. – V. 82. – № 2. – P. 545–553.
343. Varlamova N.G. Annual blood pressure dynamics and weather sensitivity in women / N.G. Varlamova, T.A. Zenchenko, E.R. Boyko // *Terapevticheskii Arkhiv.* – 2017. – V.89. – N12. – P. 56-63.
344. Voets T. The principle of temperature – dependent gating in cold - and heat-sensitive TRP channels / T. Voets // *Nature*. 2004. – Vol. 430. – P. 748.
345. Vybiral S. Thermoregulation in winter swimmers and physiological significance of human catecholamine thermogenesis / S. Vybiral, I. Lesna, L. Jansky, V. Zeman // *Exp. Physiol.* 2000. – V. 85. – № 3. – P. 321-326.
346. Wehr T.A. Photoperiodism in humans and other primates: evidence and implications / T.A. Wehr // *J. Biol. Rhythms.* 2001. – V. 19. –№ 4. – P. 173-177.