

На правах рукописи

АВЕРЬЯНОВА ИНЕССА ВЛАДИСЛАВОВНА

**РЕГИОНАЛЬНЫЕ ОСОБЕННОСТИ МОРФОФУНКЦИОНАЛЬНЫХ
ПЕРЕСТРОЕК И АЛЛОСТАТИЧЕСКОЙ НАГРУЗКИ У ЕВРОПЕОИДОВ –
УРОЖЕНЦЕВ РАЗЛИЧНЫХ ПОКОЛЕНИЙ СЕВЕРО-ВОСТОКА РОССИИ**

03.03.01 – физиология

Автореферат диссертации
на соискание ученой степени доктора биологических наук

Магадан – 2021

Работа выполнена в Федеральном государственном бюджетном учреждении науки Научно-исследовательском центре «Арктика» Дальневосточного отделения Российской академии наук (НИЦ «Арктика» ДВО РАН)

Научный консультант: член-корреспондент РАН, доктор медицинских наук, профессор, заслуженный деятель науки
Максимов Аркадий Леонидович.

Официальные оппоненты: **Севрюкова Галина Александровна**, доктор биологических наук, доцент, Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Волгоградский государственный университет», профессор кафедры биологии.
Петрова Пальмира Георгиевна, доктор медицинских наук, профессор, Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Северо-Восточный федеральный университет имени М.К. Аммосова», медицинский институт, заведующая кафедрой нормальной и патологической физиологии.
Белишева Наталья Константиновна, доктор биологических наук, Научно-исследовательский центр медико-биологических проблем адаптации человека в Арктике – филиал Федерального государственного бюджетного учреждения науки Федерального исследовательского центра «Кольский научный центр Российской академии наук», главный научный сотрудник.

Ведущая организация: Институт физиологии природных адаптаций Федерального государственного бюджетного учреждения науки Федерального исследовательского центра комплексного изучения Арктики имени академика Н.П. Лаврова Уральского отделения Российской академии наук (г. Архангельск).

Защита диссертации состоится 29 сентября 2021 года в 10.00 часов на заседании Диссертационного совета Д 004.038.01 на базе Института физиологии Коми научного центра Уральского отделения Российской академии наук Федерального государственного бюджетного учреждения науки Федерального исследовательского центра «Коми научный центр Уральского отделения Российской академии наук» по адресу: 167982, Республика Коми, г. Сыктывкар, ГСП-2, ул. Первомайская, д. 50, nivarlam@physiol.komisc.ru.

С диссертацией можно ознакомиться в научной библиотеке Института физиологии Коми научного центра Уральского отделения Российской академии наук Федерального государственного бюджетного учреждения науки Федерального исследовательского центра «Коми научный центр Уральского отделения Российской академии наук» по адресу: 167982, Республика Коми, г. Сыктывкар, ГСП-2, ул. Первомайская, д. 50 и на сайте [http:// www.physiol.komisc.ru](http://www.physiol.komisc.ru).

Автореферат разослан «__» _____ 2021 года.

Ученый секретарь диссертационного совета



Варламова Н. Г.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность. В настоящее время принята Стратегия развития Арктической зоны РФ и обеспечения национальной безопасности на период до 2035 г. (Указ Президента РФ № 645 от 26.10.2020 г.), где в разделе **V** одним из важных этапов и результатов реализации Стратегии должна стать «разработка технологий сбережения здоровья и увеличение продолжительности жизни населения Арктической зоны...». В основе документа лежит ряд правительственных актов, утвержденных ранее в 2008, 2013, 2014 г., в которых также указывается на необходимость изучения состояния здоровья и среды обитания человека, проживающего в различных регионах страны, и подчеркивается, что одним из основных рисков и угроз при освоении Арктики и Приполярья выступают «экстремальные природно-климатические условия, отрицательные демографические процессы, отток трудовых ресурсов». Отмечается, что для надежного функционирования систем жизнеобеспечения, решения задач обороны и производственной деятельности необходим высокий уровень фундаментальных и прикладных научных исследований; обеспечение высокого качества жизни и благосостояния населения. В связи с этим разработке региональных функциональных характеристик состояния адаптации и здоровья молодых лиц призывного возраста из числа европеоидов – уроженцев Крайнего Севера должно уделяться особое внимание. В долгосрочной перспективе предусмотрено дальнейшее комплексное освоение северных территорий, что потребует привлечения и закрепления там населения. В современных геополитических условиях делать ставку только на привлечение в условия Северо-Востока страны мигрантов и организацию там производства в основном вахтовым методом уже делать нельзя, в связи с чем необходимо уделить внимание закреплению в регионах популяции уроженцев Севера в 1-м и последующих поколениях, которые могут быть терминологически определены как «укорененное» население (Максимов, 2006, 2009).

Степень ее разработанности. Климатические условия Севера, такие как холод, резкие колебания температуры и атмосферного давления, высокая относительная и низкая абсолютная влажность, жесткий ветровой режим, изменения солнечной активности, выраженная фотопериодичность и УФ-дефицит, обуславливают синергический эффект негативного воздействия на функциональное состояние организма снижая его физиологические резервы и увеличивая «цену адаптации», создавая риск нарушения или утраты здоровья (Белишева и др. 2005; Гудков и др., 2012; Карпин, 2014; Агаджанян и др., 1998; Хаснулин, 2004, 2009). В связи с этим особую значимость представляет изучение процессов формирования региональной нормы морфофункциональных показателей и экологических портретов жителей, проживающих в конкретных климатогеографических условиях Северо-Востока России. При этом Магаданская область (МО) и особенно Чукотский автономный округ (ЧАО) – это типичный пример регионов с разной степенью экстремальности природно-климатических факторов и по уровням дискомфорта воздействия совокупности неблагоприятных условий окружающей среды на организм (Максимов, 2006). В этом аспекте исследования студенческой молодежи весьма перспективны с учетом как методических условий работы с организованными коллективами, так и будущего квалифицированного трудового и популяционного ресурса, где текущее состояние

здоровья определяет возможности успешной адаптации для будущих поколений уроженцев регионов с экстремальными климатическими условиями (Байгужин, 2011; Сюпова, Халикова, 2013). В связи с этим актуальным остается изучение функционального состояния лиц призывного возраста как модельной выборки, позволяющей оценить морфофункциональные перестройки на различных группах молодых уроженцев северных регионов и эффект влияния на их организм адаптивной аллостатической нагрузки, связанной с факторами окружающей среды.

Цель исследования. Изучить особенности адаптационных морфофункциональных, а также ряда биохимических перестроек организма юношей-северян, абorigенов и европеоидов из числа мигрантов и уроженцев различных поколений, проживающих в различных регионах Северо-Востока России. Определить маркеры степени аллостатической нагрузки и адаптированности у лиц с различными физиологическими резервами при проведении функциональных проб.

Задачи исследования:

1. Выявить региональные особенности и современные тенденции морфофункционального состояния юношей Магаданской области. Установить особенности возрастной динамики показателей физического развития, состояния сердечно-сосудистой системы, газообмена, биохимических характеристик в зависимости от индивидуально-типологических и этнических особенностей, разработать таблицы для региональной оценки базового морфофункционального состояния юношей Магаданской области в возрастной период от 17 лет до 21 года.

2. Провести сравнительный анализ функциональных показателей кардиогемодинамики, метаболических перестроек газообмена и углеводного профиля у постоянных молодых жителей Магаданской области (МО), приморской и континентальной зон проживания и Чукотского автономного округа (ЧАО).

3. Провести в ретроспективном и современном аспектах оценку физического развития и показателей гемодинамики, определить физиологические механизмы особенностей морфофункциональных перестроек организма мигрантов и уроженцев различных поколений европеоидов, постоянно проживающих в приморской и континентальной зоне Северо-Востока России.

4. Определить при различных функциональных пробах информативные маркеры аллостатической адаптивной нагрузки на организм в зависимости от природно-климатических особенностей региона проживания и индивидуальных типологических характеристик юношей – постоянных жителей МО и ЧАО и оценить региональные диапазоны нормы реакций показателей кардиогемодинамики.

5. Изучить особенности физиологических перестроек кардиогемодинамики, активности вегетативной регуляции, вентиляторных характеристик и энергообмена молодых уроженцев-европеоидов различных поколений, постоянных жителей Северо-Востока России.

6. Изучить среди уроженцев различных поколений Магаданской области основные характеристики биохимического профиля и ферментативной активности поджелудочной железы, а также особенности макронутриентного профиля современного рациона питания.

7. Провести в сравнительном аспекте изучение особенностей морфофункциональных перестроек у юношей-уроженцев сопоставимых поколений, но жителей различных климатических зон МО.

Научная новизна и теоретическая значимость работы. Впервые на Северо-Востоке России в МО и ЧАО проведено сравнительное комплексное изучение адаптивных морфофизиологических перестроек функциональных систем организмов укорененных жителей-европеоидов первого и последующих поколений относительно мигрантов и аборигенов с учетом их конституционных и этнических особенностей. Установлены современные характеристики физического развития юношей МО относительно данных 80-х гг. прошлого столетия и показано, что в современных условиях Северо-Востока идут процессы конвергентной адаптации, определяющей близость функциональных показателей укорененных европеоидов и аборигенных жителей, которые достоверно отличаются от значений у мигрантов и аборигенов конца прошлого столетия. На фоне различных функциональных проб выявлены интегральные маркеры выраженности аллостатической нагрузки у различных поколений уроженцев Северо-Востока России. Полученные результаты раскрывают и дополняют современное понимание физиологических результатов адаптационных морфофункциональных перестроек у молодых аборигенных и укорененных популяций постоянных жителей Северо-Востока России, отражающихся в формировании конституциональных особенностей морфосоматотипа, вегетативной регуляции и метаболических процессов, что, помимо фундаментального характера полученных знаний в области теории аллостаза и адаптации, несомненно, имеет и выраженное прикладное значение для сохранения здоровья и закрепления населения в условиях Крайнего Севера и Арктики.

Научно-практическая значимость работы. Результаты исследования являются теоретической базой и основой для разработки инвариант региональных нормативных показателей физического развития и морфофункционального состояния молодых жителей Северо-Востока России и могут использоваться в проведении региональных оздоровительных программ. Материалы диссертации внедрены в лекционный курс, практические занятия на кафедрах Северо-Восточного государственного университета (справка от 16.02.2018 г.). Представленные данные частично внедрены в курс лекций «Региональные особенности психофизиологического развития молодого поколения Магаданской области» в рамках реализации программ дополнительного профессионального образования и повышения квалификации педагогических кадров Института развития образования и повышения квалификации педагогических кадров (справка о внедрении от 20.03.2018 г.). Полученные результаты зарегистрированы в Федеральной службе по интеллектуальной собственности (РОСПАТЕНТ) в виде базы данных «Основные показатели соматометрии и сердечно-сосудистой системы у юношей 17–21 года из числа уроженцев-европеоидов и аборигенов, постоянных жителей Чукотского автономного округа», свидетельство № 2017621270 от 17.11.2017 г.

Методология и методы исследования. Методологическим подходом в решении поставленных задач явилось комплексное изучение морфофункциональных характеристик в состоянии покоя и при проведении функциональных проб уроженцев различных поколений в рамках одномоментного (поперечного) исследования. Работа выполнена с использованием лабораторных, инструментальных, аналитических и статистических методов.

Основные положения диссертации, выносимые на защиту:

1. Современные тенденции адаптивных перестроек физического развития и функционального состояния сердечно-сосудистой системы молодых жителей Северо-Востока России характеризуются продолжающимися акселерационными изменениями ростовых процессов на фоне астенизации, дисгармонизации соматотипа и напряжения в деятельности системы кровообращения, включая специфические перестройки углеводного обмена, что в общей совокупности отдаляет морфофункциональные показатели организма от так называемого арктического адаптивного типа, но сближает при этом физиологические характеристики аборигенов и европеоидов, что проявляется в эффектах конвергентного типа адаптации.

2. Особенности морфофункциональных характеристик юношей Северо-Востока определяют диапазоны адаптивных перестроек физиологических показателей, которые можно рассматривать в качестве региональной нормы – реакции функциональных систем на действие экстремальных факторов различных природно-климатических зон Северо-Востока России. При этом у юношей, проживающих в различных природно-климатических зонах Магаданской области, наблюдаются различные паттерны сезонных адаптивных перестроек функциональных показателей.

3. Европеоиды – уроженцы одинаковых поколений, но различных климато-географических зон Северо-Востока России отличаются по морфофункциональным показателям, при этом у лиц, проживающих в условиях континентальной зоны, адаптационные перестройки формируются в течение одного поколения относительно жителей приморской зоны, где процесс охватывает 2-е поколение.

4. Биохимические показатели углеводного обмена и характеристик функциональной ферментативной активности поджелудочной железы у юношей – аборигенов и европеоидов Северо-Востока России в целом имеют схожие черты, обусловленные социально-экономическими особенностями в организации жизнедеятельности, и различия в функциональных границах своего этнического адаптивного метаболического профиля.

5. Функциональные показатели, отражающие степень аллостатической нагрузки, позволяя на фоне различных нагрузочных проб определять наиболее информативные маркеры адаптированности человека к сочетанному действию экстремальных условий окружающей среды, характерных для различных климатических зон Северо-Востока России.

Степень достоверности и апробация работы. Достоверность результатов исследования подтверждается объемом фактического материала и использованием современных методов статистической обработки данных. Основные положения диссертации доложены на следующих всероссийских и международных конференциях и съездах: Всероссийской научно-практической конференции «Наука Северо-Востока России – начало века» (г. Магадан, 2005 г.); I всероссийской научно-практической конференции «Функциональное состояние и здоровье человека» (г. Ростов-на-Дону, 2006 г.); Международном конгрессе медицины в космосе и экстремальных средах (5-th International Congress of Medicine in Space and Extreme Environments (ICMS), October 18–21 2010, Berlin, Germany); V Съезде Физиологов СНГ (г. Сочи-Дагомыс, 4–9 октября 2016 г.); XXI Съезде Физиологического общества им. И.П. Павлова (г. Калуга, 19–25 сентября 2010 г.); XXIII Съезде Фи-

зиологического общества им. И.П. Павлова (г. Воронеж, 18–22 сентября 2017 г.); Международной конференции «Биологические проблемы Севера» (г. Магадан, 18–22 сентября 2018 г.); XIII Конгрессе антропологов и этнологов России (г. Казань, 2–6 июля 2019 г.); VII Всероссийской научной конференции с международным участием «Экологические проблемы северных регионов и пути их решения» (г. Апатиты, 16–22 июня 2019 г.); XX Национальном Конгрессе с международным участием «Экология и здоровье человека на Севере» (г. Якутск, 11–15 ноября 2019 г.); XXI Национальном Конгрессе с международным участием «Экология и здоровье человека на Севере» (г. Якутск, 18 ноября 2020 г.).

По теме диссертации опубликовано 125 печатных работ, из них 61 публикация в изданиях списка ВАК МОиН РФ и 48 в научных журналах, индексируемых в WoS, Scopus, PubMed.

Личное участие автора. Участие в организации и проведении исследований: сбор, анализ и обработка полученных данных с интерпретацией полученных результатов и формированием выводов и заключений. Подготовка текстов научных публикаций, диссертации и автореферата.

Легитимность исследования. Подтверждена решением Регионального этического комитета при СВНЦ ДВО РАН (протокол № 004/013 от 10.12.2013 г.) и одобрена протоколом комиссии по биоэтике ФГБУН ИБПС ДВО РАН (№ 001/019 от 29.03.2019 г.). Тема диссертационной работы и легитимность исследований утверждены на заседании Ученого совета НИЦ «Арктика» ДВО РАН от 16.04.2015 г. (протокол № 2). Соответствует паспорту научной специальности 03.03.01 – физиология, в частности, п. 3 и п. 8.

Объем и структура диссертации. Диссертация изложена на 249 страницах компьютерного текста, состоит из введения, обзора литературы, описания организации и методического обеспечения исследования, главы собственных исследований, заключения и выводов. Список цитируемой литературы содержит 582 источника, из которых 321 на русском и 261 на иностранных языках. Текст иллюстрирован 48 таблицами и 16 рисунками.

ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

Глава посвящена обзору литературы и состоит из шести основных разделов, объемом в 36 стр., в которых рассмотрены классические и современные представления о соматометрических и морфофункциональных особенностях юношей (физическое развитие, функционирование сердечно-сосудистой системы, особенности питания и биохимического профиля), а также данные об адаптационных перестройках физиологических показателей молодых уроженцев различных поколений Северо-Востока в состоянии оперативного покоя и при функциональных тестах. Рассматриваются современные подходы к оценке аллостатической адаптивной нагрузки на организм при воздействии экстремальных факторов Севера.

ОРГАНИЗАЦИЯ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Всего было обследовано более 3000 юношей из числа как европеоидного, так и аборигенного населения МО (г. Магадан, г. Сусуман) и ЧАО. Возрастная периоди-

зация обследуемых была определена в соответствии с классификацией, принятой Международным симпозиумом по возрастной периодизации в Москве (1965 г.), и соответствовала юношескому возрасту от 17 до 21 года (Схема периодизации, 1965). В настоящее время на территории Магаданской области сформировались популяции уроженцев 1–3-го поколений укорененных жителей из числа европейцев, родители которых (мигранты) прибыли на Северо-Восток России в 1940–1960-х гг. (0-е поколение), где у них родились дети (1-е поколение), которые, в свою очередь, дали начало следующим поколениям (2-е и 3-е поколение), постоянно там проживающим. Все исследования проводились во время, выделенное для занятий физической культурой, при этом все обследуемые студенты имели медицинский допуск и оформленное информированное добровольное соглашение на участие в исследованиях; хронические заболевания и жалобы на состояние здоровья отсутствовали. При этом все обследуемые юноши характеризовались схожим уровнем физической активности, подразумевающим занятия физической культурой в рамках учебного плана образовательного учреждения. Обследования юношей проводились в помещении с температурой 19–21°C, преимущественно в первой половине дня. Методы исследования, изучаемые показатели, а также приборная база представлены в табл. 1.

Таблица 1 – Методы исследования

Методики и оцениваемые показатели	Приборная база
Оценка показателей физического развития	
Длина тела (см), масса тела (кг), окружность грудной клетки (см). Расчетные соматометрические индексы: площадь тела (S) (см ²), отношение массы тела к площади тела (M/S) (кг/м ²), пропорциональность телосложения (ПТ) (%), индекс Пинье (ИП) (усл. ед.).	Медицинские весы, ростомер, анализатор импедансного состава тела «Диамант-АИСТ» (Россия)
Изучение показателей сердечно-сосудистой системы и гемодинамики	
Систолическое (САД) и диастолическое (ДАД) артериальное давление в мм рт. ст., частота сердечных сокращений (ЧСС, уд./мин), ударный (УОК) и минутный (МОК), мл/мин), общее периферическое сопротивление сосудов (ОПСС) (дин ² ·с·см ⁻⁵).	Автоматический тонометр Nissei DS-1862 (Япония); комплекс оценки кардиореспираторной системы КМ – AP-01 «Диамант-Р» (Россия)
Изучение показателей газоанализа и сатурации артериальной крови	
Энергозатраты в покое в день (REE, ккал/день), % отношение калорий к должному уровню (REE/Ped), содержание кислорода (O ₂ , %) и углекислого газа (CO ₂ , %) в выдыхаемом воздухе, потребление кислорода (ПО ₂ , мл/мин), минутный объем дыхания (МОД, л), частота дыхания (ЧД, цикл/мин), дыхательный объем (ДО, мл), коэффициент использования кислорода (КИО ₂ , мл/л), выделение углекислого газа (VCO ₂ , мл/мин) с соотношением к ЧД (VCO ₂ , VO ₂ , мл/ЧД), показатели вентиляционного эквивалента (VE/VO ₂ , VE/VCO ₂), уровень оксигемоглобина (HbO ₂ , %).	Метаболограф Med-Graphics VO2000 (США), пульсоксиметр «NPB-40» (США), газоанализатор «Карбоник» (Россия)

Методики и оцениваемые показатели	Приборная база
Изучение характеристик variability сердечного ритма	
Mo, mc; AMo, m; SI, усл. ед; MxDmP, mc; SDNN, mc; RMSSD, mc; pNN50, mc; TP, mc ² ; HF, mc ² ; LF, mc ² ; VLF, mc ² LF/HF, усл. ед.; IC, усл. ед.	Прибор «Варикард» и программное обеспечение VARICARD-KARDi (Россия)
Оценка биохимического профиля и активности поджелудочной железы	
Глюкоза; гликозилированный гемоглобин (HbA1) (%); инсулин (мМе/мл), индекс HOMA (усл. ед.).	Экспресс-анализатор CardioChek PA (США), анализатор D10 (BioRad, США), анализатор «IMMULITE 2000XPi» (Siemens, США), анализатор AU 480, Beckman Coulter, США
Оценка фактического рациона питания	
Проанализирован макронутриентный состав рациона питания по компонентам: белки (г), жиры (г), углеводы (г) (с выделением моно-, дисахаридов (г), энергетическая ценность суточного рациона (ккал/сут).	Программа «АСПОН-питание» (Россия)
Функциональные тесты, используемые в работе	
Оценка гипоксически-гиперкапнической устойчивости на основе пробы с возвратным дыханием (ререспирация), проведение активной ортостатической пробы (АОП)	
Статистические методы обработки материала	
Результаты подвергнуты статистической обработке с применением пакета прикладных программ «Statistica 7.0». Проверка на нормальность распределения измеренных переменных осуществлялась на основе теста Шапиро – Уилка. Результаты непараметрических методов обработки представлены в виде медианы (Me) и интерквартильного размаха в виде 25 и 75 перцентилей, а параметрических – как среднее значение и его ошибка (M±m). В случае сравнения связанных выборок статистическая значимость различий определялась с помощью t-критерия Стьюдента для зависимых выборок с нормальным распределением и непараметрического критерия Уилкоксона для выборок с распределением, отличающимся от нормального. При сравнении несвязанных выборок статистическая значимость различий определялась с помощью t-критерия Стьюдента для независимых выборок с параметрическим распределением и непараметрического критерия Манна – Уитни для выборок с распределением, отличающимся от нормального. При множественном сравнении для выборок с нормальным распределением был использован параметрический однофакторный дисперсионный анализ (ANOVA). Далее, для выявления статистически значимых различий между конкретными группами нами был использован апостериорный анализ с помощью теста для множественных сравнений Scheffe. При множественном сравнении выборок с распределением, отличающимся от нормального, был использован ранговый дисперсионный анализ Краскела – Уоллиса. Для построения плеяд использовался корреляционный анализ с использованием ранговой корреляции по Spearman. Для изучения зависимостей между распределением по типу гемодинамики и типу конституции был проведен анализ таблиц сопряженности с использованием критерия χ^2 . При факторном анализе использовался метод главных компонент с вращением Varimax с нормализацией Кайзера. Оценку прогнозирования уровня показателей биохимического профиля в зависимости от возраста проводили с использованием регрессионного анализа. Критический уровень значимости (p) в работе принимался равным 0.05; 0.01; 0.001 (Боровиков, 2003)	

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Известно, что одним из основных обобщающих показателей, характеризующих уровень изменения в состоянии здоровья населения, является физическое развитие. Анализ соматометрических характеристик юношей МО выявил, что рост тела в длину (ДТ) у них заканчивается в 17 лет, тогда как в период 19, 20–21 г. отмечается увеличение показателей массы тела (МТ) и окружности грудной клетки (ОГК), что в свою очередь ведет к увеличению крепости телосложения (табл. 2).

Таблица 2 – Возрастные морфофункциональные показатели европеоидов Магаданской области

Показатель	Возрастная группа				p
	17 лет (n = 564)	18 лет (n = 464)	19 лет (n = 333)	20–21 год (n = 271)	
Масса тела, кг	67,0±0,4	68,6±0,5	70,4±0,7	70,1±0,7	< 0,001
Длина тела, см	178,0±0,3	178,7±0,4	179,0±0,5	178,3±0,4	0,94
ОГК, см	90,0±0,3	91,1±0,3	92,4±0,4	93,3±0,4	< 0,001
ПТ, %	91,2±0,2	91,0±0,3	91,3±0,3	90,3±0,3	0,10
САД, мм рт. ст.	127,1±0,3	128,9±0,4	131,1±0,8	130,2±0,7	< 0,05
ДАД, мм рт. ст.	75,5±0,4	77,3±0,5	78,1±0,7	78,9±0,6	< 0,01
ЧСС, уд./мин	82,6±0,6	81,6±0,7	82,2±1,0	83,3±0,9	0,84
ДО, мл	650,5±10,1	649,2±11,4	659,2±10,1	690,6±16,9	< 0,05
ЧД, цикл/мин	14,4±0,2	15,7±0,2	15,8±0,3	14,80±0,27	0,92
ПО ₂ , мл/мин	320,1±4,7	329,2±5,0	315,9±6,8	312,0±5,0	0,98
МОД, л	9,1±0,1	9,6±0,1	9,8±0,2	9,6±0,1	< 0,05
КИО ₂ , мл/л	38,3±0,3	36,3±0,3	35,2±0,5	35,1±0,4	< 0,05

Примечание: p – уровень значимости различий 17–21 год.

При этом значимые различия между лицами 17–18 лет отмечались только по одному (ИП), а по отношению к 20–21 г. уже по 4 показателям (МТ, ОГК, ИП). Подобные результаты отличаются от данных авторов, проводивших исследования в различных регионах нашей страны и указывавших на продолжающиеся ростовые процессы в возрастной группе юношей (Анисимова, 2004; Мешкова, 2010; Лумпова, Колокольцев, 2011). Исходя из этого, окончание ростовых процессов к началу юношеского периода можно считать региональной особенностью физического развития молодых жителей МО, включая характеристику ДТ, которая была выше, чем у сверстников, проживающих как в других субъектах России, так и ряда стран. Имеются сведения о компенсационном эффекте увеличения ДТ в связи с неблагоприятными социально-экономическими условиями, при этом тенденции секулярного тренда наблюдаются в наиболее отсталых группах населения: чем ниже исходное значение признака в популяции, тем интенсивнее его компенсация (Wolanski, 1985). Исходя из анализа индекса пропорциональности тела (ПТ,%), обследуемые лица характеризовались пропорциональным типом телосложения с тенденцией к длинноногости. Анализ основных характеристик сердечно-сосудистой системы у юношей МО выявил, что в возрастной период с 17 до 21 года происходит статистически значимое

увеличение показателей АД (табл. 2). У юношей всех возрастных групп отмечаются достаточно высокие показатели ЧСС и направленность к повышению АД, что позволяет говорить о раннем формировании у этих лиц предгипертензионного состояния, а полученные в исследовании величины АД в соответствии с рекомендациями ВНОК, JNC, ESC и ESH (Профилактика..., 2004; JNC 7, 2003; ESC/ESH, 2018) разрешают говорить о наличии высокого нормального артериального давления (ВНАД).

Респираторные характеристики и газообмен показали, что в возрастной период с 17 до 20–21 года отсутствовала статистически значимая динамика по ЧД и ДК, однако значения ДО были выше средневропейских (Попова, 2009) (см. табл. 2).

Наиболее низкое значение МОД было отмечено у юношей 17 лет, тогда как в старших возрастных группах происходило статистически значимое увеличение этого показателя более чем на 500 мл, а абсолютные величины превышали физиологическую возрастную норму. Отметим, что механизм обеспечения необходимого уровня легочной вентиляции для организма за счет повышения ДО, а не показателей ЧД является менее энергозатратным и более эффективным для реализации оптимального сочетания повышенного газообмена с минимизацией энергозатрат (Попова, 2009), а увеличение МОД можно рассматривать как адаптационный механизм, направленный на компенсацию повышенной потребности организма в кислороде, необходимого для обеспечения усиленного тканевого метаболизма в условиях Севера (Ефимова, Попова, 2012). Однако с увеличением возраста наблюдалось уменьшение КИО₂, что может указывать на снижение эффективности дыхания, где уменьшение диффузии кислорода через альвеолярно-капиллярную мембрану может выступать одним из механизмов этого процесса.

К выявленным особенностям биохимического профиля юношей г. Магадана можно отнести высокие показатели гликемического уровня (от $5,35 \pm 0,03$ до $5,43 \pm 0,02$ ммоль/л). При этом в общей выборке до 29% юношей характеризуются гипергликемическими проявлениями, что можно рассматривать как тенденцию к формированию преддиабетического состояния уже в юношеском возрастном периоде. Для составления математической модели возрастной динамики биохимического профиля был проведен регрессионный анализ, который показал, что уровень глюкозы в крови юношей МО на 93% определяется возрастом и описывается следующей зависимостью: $y = 0,0293x + 5,3348$ $R^2 = 0,93$, $p < 0,01$, где y = уровень гликемии и x = возраст. В этом аспекте отсутствие развития гипогликемии, которая наблюдается у северян при выраженном хроническом воздействии низких температур (Бойко и др., 2007), в определенной степени может быть связано с современными условиями жизнедеятельности большинства студентов-горожан, не требующими необходимости длительного контакта с холодным фактором и систематического выполнения значительных физических нагрузок.

В табл. 3 представлены усредненные по году значения углеводного обмена у европеоидов и аборигенов. В группе аборигенов отмечаются статистически значимо более высокие значения HbA_{1c}. Известно, что гликозилированный гемоглобин образуется в неэкзиматическом пути гликации путем воздействия гемоглобина на глюкозу крови и определяет так называемую гликемическую историю (Wolfsdorf, Garvey, 2016). Оказалось, что у всех обследованных юношей значения находились в преде-

Таблица 3 – Показатели функциональной активности поджелудочной железы и углеводного обмена

Показатель	Исследуемая группа		Уровень значимости различий, p
	Европейцы (n = 35)	Аборигены (n = 25)	
HbA1c, %	5,21±0,05	5,38±0,06	< 0,05
НОМА, усл. ед.	1,86±0,16	2,10±0,23	0,39
Глюкоза, ммоль/л	5,38±0,06	5,49±0,08	0,28
Инсулин, мМЕ/мл	7,59±0,80	8,14±0,86	0,64

лах нормативного диапазона для данного показателя, но приближались к его верхней границе. Остальные показатели не имели значимых различий между группами и не выходили за пределы референсных значений, что в свою очередь дает нам основание судить об отсутствии инсулинорезистентности.

Учитывая роль питания в обеспечении организма макро- и микронутриентами, проведен анализ состава рациона обследуемых лиц (табл. 4). Оказалось, что у 67% обследуемых выявлено недостаточное содержание белка при сниженной до 27% величине его потребления относительно физиологической нормы. Содержание жиров в рационе также не соответствовало рекомендуемой норме потребления, при этом у 78% европейцев и у 67% аборигенов содержание липидов находилось ниже норма-

Таблица 4 – Показатели макро-, микронутриентного и витаминного состава в рационе питания юношей Севера

Показатель	Абсолютные значения показателей по рационам питания		Уровень значимости различий между группами, p
	европейцев (n = 151)	аборигенов (n = 42)	
Белки, г	73,1±2,5	74,1±1,8	0,71
Жиры, г	80,2±3,3	70,2±2,2	< 0,01
Углеводы, г	248,5±8,4	327,1±8,3	< 0,001
Моно-, дисахариды, г	113,4±4,8	154,8±7,2	< 0,001

тивного диапазона. У 79% европейцев и у 56% аборигенов отмечен дефицит углеводов, который проявлялся на фоне избытка моно- и дисахаридов у 49% европейцев и у 72% аборигенов. При этом среднее значение моно- и дисахаридов в рационе европейцев превышало нормативный диапазон на 52%, а у аборигенов на 108%.

Установлено, что соотношение белков, жиров и углеводов в рационе европейцев имел соотношение 15:35:50%, а у аборигенов – 14:28:58%, что отражает углеводный тип питания с увеличенной долей моно- и дисахаридов.

Сравнительное исследование антропометрических характеристик укорененных европейцев и аборигенных популяций Северо-Востока 2005 и 2015 г. показало, что если между исследуемыми группами в 2005 г. различия отмечались по 10 показателям, то в 2015 г. – только по 3 (табл. 5). Установлено, что молодые люди, обследованные в 2005 г., не различаются по содержанию общего жира в теле, тогда как в 2015 г. в группе аборигенов отмечались более высокие величины данного показателя. Необходимо отметить, что у обследуемых всех групп значение этого показателя оказалось ниже физиологической нормы, которая составляет 15,0%. Отметим, что обследуе-

Таблица 5 – Морфофункциональные показатели юношей МО в 2005 и 2015 г.

Показатель	Группы, обследованные в 2005 г.		p ¹	Группы, обследованные в 2015 г.		p ²	p ³	p ⁴
	Европеоиды (n = 356)	Аборигены (n = 36)		Европеоиды (n = 227)	Аборигены (n = 38)			
Масса тела, кг	70,0±0,7	59,3±1,3	< 0,001	71,1±0,9	67,9±2,1	0,16	0,48	< 0,001
Общее содержание жира, %	12,6±0,3	12,2±0,6	0,38	12,0±0,3	13,9±0,6	< 0,05	0,16	< 0,05
Длина тела, см	178,5±0,5	169,6±0,4	< 0,001	179,5±0,5	175,2±0,9	< 0,001	0,16	< 0,001
Окружность грудной клетки, см	90,4±0,5	86,8±0,8	< 0,001	92,9±0,4	89,4±1,2	< 0,05	0,001	< 0,05
MT/S, кг/ м ²	37,3±0,2	35,7±0,4	< 0,001	37,5±0,2	37,0±0,5	0,43	0,47	< 0,05
ПТ, %	93,4±0,4	86,7±1,4	< 0,001	94,3±0,3	94,1±0,6	0,76	0,07	< 0,001
САД, мм рт. ст.	126±0,8	120,1±2,8	< 0,01	128,4±0,8	129,3±2,4	0,74	< 0,05	< 0,01
ДАД, мм рт. ст.	74,0±0,7	72,4±1,3	0,28	78,2±0,8	80,2±1,8	0,30	< 0,05	< 0,05
ЧСС, уд./мин	77,6±0,9	78,0±2,1	0,87	71,0±0,8	71,4±1,70	0,78	< 0,001	< 0,05
УОК, мл	72,2±0,7	70,1±2,0	0,07	70,5±0,9	69,5±1,8	0,62	0,08	0,85
МОК, мл/мин	5518±70	5474±230	0,29	5012±95	4989±180	0,91	< 0,001	< 0,05
ОПСС, дин ² ·с·см ⁵	1411±21	1390±83	0,12	1556±40	1696±72	0,94	< 0,001	< 0,05
ЧД, цикл/мин	15,9±0,4	14,8±1,1	0,19	14,3±0,4	14,1±0,8	0,82	< 0,01	0,61
МОД, л/мин	9,2±0,2	8,2±0,2	0,05	9,0±0,2	8,7±0,2	0,28	0,42	< 0,05
ДО, мл	588±20	557±31	0,85	629±23	605±29	0,52	0,19	0,25
ПО ₂ , мл/мин	319±2	292±18	0,53	292±7	309±15	0,32	< 0,05	0,47
ДК, усл. ед.	0,79±0,01	0,62±0,02	< 0,001	0,80±0,01	0,80±0,02	1,00	0,47	< 0,001
Энергозатраты в покое, ккал/мин	1,7±0,1	1,5±0,1	< 0,05	1,4±0,02	1,5±0,08	0,23	< 0,01	1,00
КИО ₂ , мл/л	37,2±0,8	40,4±1,4	< 0,05	34,5±0,8	34,4±0,8	0,38	< 0,01	< 0,001

Примечание: p¹ – уровень значимости различий между группами, обследованными в 2005 году, p² – уровень значимости различий между группами, обследованными в 2015 году, p³ – уровень значимости различий между европеоидами, обследованными в 2005 и 2015 годах, p⁴ – уровень значимости различий между абортгенами, обследованными в 2005 и 2015 годах.

мье в 2005 г. европеоиды относительно аборигенов характеризовались большей общей поверхностью тела (MT/S) и относительной длиной ног (ПТ), тогда как в 2015 г. отличий по этим показателям между изучаемыми группами не наблюдалось. Известно, что снижение площади «выступающих» участков тела у лиц «арктического адаптивного типа» направлено на уменьшение теплоотдачи с поверхности тела в условиях холода.

Анализ показателей сердечно-сосудистой системы выявил значимые различия у представителей изучаемых этносов в различные временные периоды. Так, юноши-аборигены, обследованные в 2005 г., характеризовались значимо более низкими показателями систолического артериального давления, при этом в период с 2005 по 2015 г. отмечалось значимое снижение ЧСС, МОК на фоне увеличения САД, ДАД и

ОПСС у юношей двух этнических групп. При этом нужно отметить, что показатели артериального давления у аборигенов оказались несколько выше, чем было установлено ранее (Соколов, Гречкина, 2007; Часнык и др., 2008). Анализ показателей газоанализа и функций внешнего дыхания в этнических группах различных периодов обследования выявил, что если в 2005 г. между обследуемыми группами различия имелись по 4 вентиляторным показателям, то в 2015 г. эти значения нивелировались, при этом в обеих группах снизились значения КИО₂. Причем во всех обследованных группах значение ДО было выше должных среднеевропейских (Попова, 2009). К выявленным особенностям функционального состояния системы внешнего дыхания и газообмена необходимо отнести повышенный уровень потребления кислорода (в среднем на 25%) у всех обследованных групп. Подчеркнем, что у аборигенов 2015 г. отмечается повышение дыхательного коэффициента до величин, характеризующих преобладание углеводного типа обмена веществ, притом, что у европеоидов этот показатель практически не изменился. Полученные результаты указывают на то, что современные юноши-аборигены все более удаляются от классического «полярного» типа обмена веществ. В своей работе авторы отмечают, что процесс урбанизации Севера ломает традиции (Панин, Киселева, 1996) и переход большинства аборигенного населения Севера на оседлый образ жизни приводит к тому, что исторически сформировавшийся белково-липидный тип питания аборигенов заменяется на так называемый европейский тип с преимущественным содержанием углеводов (Панин, Киселева, 1996).

В то же время ретроспективный анализ соматометрических характеристик за период 1975–2019 гг. позволил выявить ряд особенностей (рис. 1).

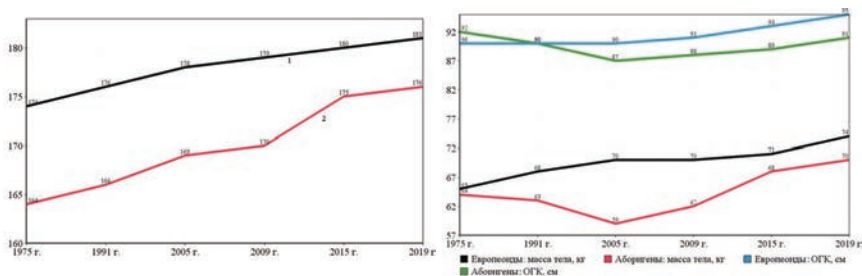


Рисунок 1 – Динамика ДТ, МТ, ОГК в изучаемом периоде у европеоидов и аборигенов ($p < 0,001$, F-критерий Фишера)

Так, следует отметить у аборигенов увеличение следующих показателей: ДТ на 12,8 см, МТ на 6,4 кг, а у европеоидов столь выраженной динамики соматометрических показателей отмечено не было, однако ДТ увеличилась на 6,7 см, а прирост МТ составил 5 кг. Проведенные исследования показали, что для юношей МО вне зависимости от этнической принадлежности характерны продолжающиеся активные акселеративные процессы с признаками дисгармоничности развития. При этом для юношей, обследованных в 2009 г., уроженцев неблагоприятных в социально-экономическом аспекте 90-х гг., закономерности изменчивости физического развития проявляются увеличением числа лиц с астеническим типом

конституции (50% и более), что следует характеризовать как грацилизацию телосложения. При этом у юношей, обследованных в 2019 г. (уроженцы 2000-х гг.), на фоне продолжающихся приростов основных показателей физического развития (ДТ, МТ, ОГК) отмечается увеличение крепости телосложения. В целом выявленные нами изменения соматометрических показателей (особенно увеличение вертикальных параметров) отдаляют представителей аборигенного населения Северо-Востока от классического «арктического адаптивного типа» и приближают к телосложению и морфофункциональному статусу юношей-европеоидов – уроженцев этого региона.

Анализ динамики показателей сердечно-сосудистой системы в период с 2004 по 2019 г. у юношей двух этнических групп представлен на рис. 2. Так, период с 2004 по 2010 г. уровень САД в среднем в группе увеличился на 8–10 мм рт. ст., а ДАД – на 5–6 мм рт. ст., со снижением в 2019 г.

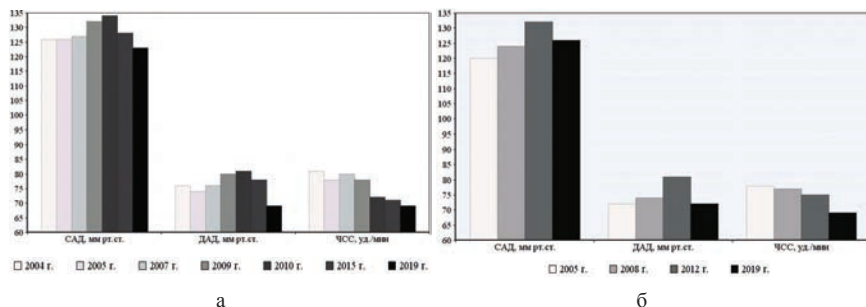


Рисунок 2 – Динамика показателей сердечно-сосудистой системы юношей-европеоидов (а) и юношей-аборигенов (б) ($p < 0,001$, F – критерий Фишера)

Так, у юношей – уроженцев 90-х гг. прошлого столетия и обследованных в 2010 г., отмечались наиболее высокие значения АД. Подчеркнем, что при обследовании юношей МО в 1990 г. (Соколов, Гречкина, 2003, 2004) значение САД составляло $123,0 \pm 2,1$, а ДАД – $78,0 \pm 1,4$ мм рт. ст., что было достоверно ниже показателей в период 2009–2015 гг. Аналогичная тенденция была выявлена и в группе юношей-аборигенов (уроженцы 90-х гг.), у которых в 2012 г. отмечались самые высокие показатели АД. В целом за изучаемый период (15 лет) наблюдается разнонаправленный характер динамики основных показателей сердечно-сосудистой системы. Так, юноши, обследованные в период с 2009 по 2015 г. (уроженцы 90-х гг.), по современной классификации могут быть отнесены в группу с высоким нормальным артериальным давлением (ВНАД). Отметим, что юноши, обследованные в 2019 г. (уроженцы 2000-х гг.), характеризовались лучшими показателями сердечно-сосудистой системы при более низких значениях САД, ДАД и ЧСС. Установленные изменения показателей кардиогемодинамики на фоне ухудшения физического развития и астенизации соматотипа оказались в большей степени выражены у юношей, родившихся в 90-х гг., когда пресс экстремального влияния природно-климатических факторов наложилась на неблагоприятные социально-экономические условия. Учитывая, что к настоящему времени на Северо-Востоке России среди юношей призывного возраста

та сформировались достаточные для исследования выборки уроженцев 1-го, 2-го и частично 3-го поколения, нами были изучены в связи с этим особенности их морфофункциональных показателей (табл. 6).

Таблица 6 – Морфофункциональные показатели мигрантов и уроженцев-европеоидов различных поколений г. Магадана (приморская зона МО)

Показатель	Поколение			
	0-е (n = 62)	1-е (n = 942)	2-е (n = 580)	3-е (n = 66)
МТ, кг*	69,1±1,3	68,1±0,4	67,7±0,4	73,2±1,5
Длина тела, см	179,4±0,8	177,8±0,4	178,5±0,3	180,8±0,9
ОГК, см*	89,7±0,6	90,3±0,2	90,4±0,3	93,5±0,4
ИП, усл. ед.*	23,0±1,7	21,2±0,5	22,2±0,6	13,2±1,9
ПТ, %*	91,1±0,6	91,0±0,2	91,4±0,2	95,6±0,6
ИМТ, кг/м ²	21,3±0,4	21,3±0,1	21,2±0,1	21,9±0,3
МТ/S, кг/ м ²	36,8±0,4	36,8±0,1	36,5±0,1	37,3±0,3
САД, мм рт. ст.*	129,7±0,6	128,0±0,4	128,0±0,4	127,8±0,8
ДАД, мм рт. ст.*	77,1±1,0	76,0±0,3	75,0±0,3	71,8 ±1,2
ЧСС, уд./мин*	78,2±1,1	79,6±0,4	79,0±0,5	71,8± 1,6
УО, мл*	69,8±1,3	70,4±0,3	71,1±0,3	75,1± 1,0
МОК, мл/мин*	5594±92	5575,2±34	5510,6±43	5362,3±96
ОПСС, дин ² ·с·см ⁻⁵ *	1579±46	1532,9±12	1467,4±14	1434,1±31

Примечание: Звездочкой обозначены значимые различия в ряду от 0-го к 3-му поколению.

Оказалось, что в ряду от 0-го к 3-му поколению отмечается значимая динамика практически всех соматометрических характеристик и их расчетных индексов. Анализ показателей гемодинамики выявил, что между мигрантами (0-го поколение) и 1-м поколением значимых различий практически нет ни по одному показателю, а относительно 2-го поколения различия отмечаются только по ДАД и ОПСС. Аналогичная картина наблюдалась и между 1-м и 2-м поколением, при этом значения показателей уменьшались от поколения к поколению. При этом более низкие значения МОК в группе 3-го поколения согласуются с принципом экономизации энергетических функций, формирующихся при длительных периодах адаптации с учетом накопительных положительных эффектов предыдущих поколений. В ряду от 0-го к 3-му поколению отмечена значимая динамика увеличения УО крови, что отражает эффективную обеспеченность МОК на фоне статистически значимо более низких величин ЧСС и активации ваготонической составляющей автономного регуляторного контура, что хорошо проявлялось при анализе показателей ВСР (табл. 7).

Из представленных результатов видно, что в ряду от 0-го к 3-му поколению происходит значимое снижение показателя **HR, SI, AMo50**, при **увеличении вариационного размаха (MxDMn)** и (Mo), что указывает на сдвиг вегетативной нервной регуляции в сторону парасимпатической активности к 3-му поколению. Анализ спектрально-волновых характеристик ВСР также указывает на усиление вклада

Таблица 7 – Показатели кардиоритма в состоянии покоя (сидя) у мигрантов и европеоидов – уроженцев различных поколений жителей приморской зоны Магаданской области

Показатель ВСР	Обследуемое поколение			
	0-е (n = 42)	1-е (n = 383)	2-е (n = 252)	3-е (n = 38)
МхDMп, мс*	322,0 (268;416)	358,0 (297;439)	368,2 (300,3;448)	368,2 (316;482)
RMSSD, мс	41,2 (32;52)	44,6 (34;66)	44,6 (34,5;67)	42,2 (34;64)
Мо, мс*	822,3 (724;900)	823,8 (727;924)	825,0 (728;951)	926,2 (774;979)
АМо50, мс	34,4 (28;45)	31,1(26;39)	30,4 (25,5;39,2)	29,6 (27,3;41,6)
SI, усл. ед.	67,7 (35;95)	49,3 (31;90)	48,4 (30,6;80,4)	52,2 (35,4;68,8)
HF, мс ² *	674,6 (345;1016)	827,5 (475;1677)	858 (492;1738)	996 (839;3147)
LF, мс ² *	1178,0 (745;2884)	1341,9 (927;1628)	1342 (3645;1688)	1295 (823;1557)
VLF, мс ² *	522,5 (315;691)	594,7 (378;874)	646,8 (409;932)	650 (440;613)
LF/HF, усл. ед.*	2,5 (1,2;3,8)	1,6 (1,0;2,6)	1,5 (0,9;2,6)	1,1 (0,8;1,9)
IC, усл. ед. *	3,0 (1,9;5,4)	2,3 (1,6;4,1)	2,2 (1,4;3,8)	1,9 (1,3;2,3)

Примечание: Звездочкой обозначены значимые различия в ряду от 0-го к 3-му поколению.

парасимпатической составляющей в регуляцию сердечно-сосудистой системы в зависимости от поколения. Так, значимо возрастают значения высокочастотной составляющей (HF) от 0-го к 3-му поколению и снижаются величины отношения LF/HF и IC. В литературе имеются данные, что умеренное преобладание высокочастотных волн в структуре спектра ВСР согласуется с представлениями об адаптационно-трофическом защитном действии блуждающего нерва на сердце, что рассматривается как физиологическая норма, отражающая более высокий адаптационный потенциал организма на фоне экономизации функций и его биоэнергетических возможностей (Шлык, 2008). Анализируя показатель IC, который, наряду с LF/HF, отражает соотношение активности автономного и центрального уровней вегетативной регуляции, было выявлено, что в группе 0-го поколения их значения превышали аналогичные показатели соответственно в 2,3 и 1,5 раза относительно юношей 3-го поколения, свидетельствуя об активности центрального контура управления, что отражает напряжение функциональных резервов системы кровообращения (Баевский, Берсенева, 2008). Таким образом, относительное преобладание у молодых мигрантов (0-е поколение) симпатической активности характеризовало незавершенность их адаптационных процессов, однако вектор их перестроек был однозначно направлен от 0-го к 3-му поколению, где парасимпатическая регуляция уже преобладала, что, наряду с морфофункциональными изменениями в динамике поколений, позволяет обозначить уроженцев Севера из числа европеоидов как укорененную популяцию, где закрепляются положительные эффекты адаптивных перестроек (Максимов, 2006,2009).

Анализ популяции современных юношей-уроженцев 1–3-го поколения по типам активности вегетативной регуляции показал, что лица, имеющие симпатотонический тип, составляли 14% (n = 117), с нормотонией – 27 (n = 225), а с ваготонией – 59 (n = 490). Если практически по всем характеристикам ВСР между группами обсле-

двух лиц, сформированными в зависимости от ведущего типа вегетативной нервной регуляции (ВНР), наблюдаются статистически значимые различия, то по целому ряду соматометрических и гемодинамических показателей значения были ниже статистически принятого уровня. В связи с этим представляло интерес выяснить, какие существуют связи между всеми изученными в сумме 33 морфофункциональными показателями и характеристиками ВСР у обследуемых с различными типами вегетативной нервной регуляции, для чего был проведен факторный анализ с расчетом условного веса каждого показателя и ранговой значимости фактора (табл. 8). Оказалось, что у симпатотоников все количество изучаемых показателей свелось к пяти факторам, объединившим 15 показателей, у которых удельный вес 1-го, наиболее значимого фактора, составил 30% и состоял из характеристик энергетического обмена: ДО, ПО₂, МОД, ЭЗП, что отражает значимую роль метаболических показателей в обеспечении физиологического гомеостаза на фоне хронического напряжения регуляторных механизмов у симпатотоников. Пятый фактор состоял из одного показателя – КИО₂ – с удельным значением 8%. Учитывая значимо более низкие значения этого показателя у юношей-симпатотоников относительно остальных

Таблица 8 – Показатели факторного анализа морфофункциональных характеристик и ВСР у юношей с различными исходными типами вегетативной нервной регуляции

Тип вегетативной регуляции													
Симпатотоники				Нормотоники				Ваготоники					
Ранг фактора	Показатель	Удельное значение показателя в структуре фактора, %	Суммарное значение фактора, %	Ранг фактора	Показатель	Удельное значение показателя в структуре фактора, %	Суммарное значение фактора, %	Ранг фактора	Показатель	Удельное значение показателя в структуре фактора, %	Суммарное значение фактора, %		
1	ДО	7,2	30	1	ДО	6,5	27	1	ПО ₂	7,2	22		
	ПО ₂	7,7			ПО ₂	7,2			МОД	7,5			
	МОД	7,4			МОД	6,1			ЭЗП	7,2			
	ЭЗП	7,7			ЭЗП	7,3			2	MxDMn		10,5	
2	ЧСС	5,3	28	2	УО	17	17	2	HF	8,5	19		
	MxDMn	6,3			3	SI			7,6	3		AMo	4,1
	SI	6,3		4	3	HF	8,4	16	3	LF	4,1	12	
	HF	5,3				MxDMn	5,9			4	VLF		3,9
	LF	4,8				AMo	6,2			4	САД		11
3	ДАД	4,5	13	5	ЧСС	5,4	11	5	ЧСС	4,7	9		
	УО	4,7			МОК	5,6			МОК	4,3			
4	ДТ	4,9	11	6	ДТ	6	6	6	ДАД	3,5	7		
	САД	6,0							УО	3,5			
5	КИО ₂	8,0	8										

изучаемых групп, можно предположить, что столь выраженное снижение эффективности газообмена и дыхания в целом является предопределяющим фактором в выраженном напряжении функционального состояния у симпатотоников. У юношей-нормотоников и ваготоников факторная структура функционального состояния состояла из 6 факторов с общей суммарной нагрузкой в 89 и 80% соответственно. При этом в группе нормотоников состав показателей первого фактора не менялся, но он имел меньший удельный вес – 27% относительно симпатотоников, а показатель УО выступает в качестве самостоятельного фактора с достаточно высоким значением – 17%. Показатели ВСР у ваготоников вошли в структуру 2-го и 3-го фактора; при этом отметим, что вклад стресс-индекса (SI) в этой группе не имел значимой роли и не входил в структуру матрицы, в то время как у симпатотоников и нормотоников его величина достигала 8%. Это указывает на то, что у лиц с ваготоническим типом вегетативной регуляции значение SI, на фоне достаточной широты функциональных резервов, не оказывает выраженного влияния на другие морфофункциональные показатели. Интересным аспектом многофакторной структуры лиц с нормотоническим (сбалансированным) типом является выпадение у них из общей матрицы значений артериального давления, в то время как у симпатотоников и ваготоников в общей сумме их значения составляли 10,5 и 14,5%. По всей видимости, при балансе активности симпатической и парасимпатической составляющих, что характерно для нормотоников, влияние АД на структуру взаимосвязей показателей минимально в отличие от лиц, где активность одного из звеньев вегетативной регуляции выраженно доминирует.

Учитывая, что в Магаданской области расположены две резко различающиеся между собой климатические зоны: приморская и континентальная, были изучены особенности морфофункциональных показателей организма уроженцев этих зон относительно приморской зоны ЧАО, которая находится более чем на 5° севернее. В табл. 9 представлен ряд соматометрических и функциональных показателей усредненной по возрасту и поколению популяции молодых уроженцев Анадыря, Магадана (приморская зона) и Сусумана (континентальная). Оказалось, что у юношей г. Сусумана отмечаются более низкие значения ДГ и ОГК, чем у приморцев. Анализ показателей сердечно-сосудистой системы показал, что юноши обследуемых групп имеют значимые различия по большинству изученных показателей. Так, более высокие показатели САД, ДАД и ЧСС были у юношей континентальной зоны.

Также для этой группы были характерны значимо более высокие значения ОПСС на фоне самого низкого УО. У юношей Сусумана выявлены более низкие значения ДО и МОД, но более высокие значения потребления кислорода, что, как было показано рядом исследователей, является одним из составляющих факторов защиты от холода (Wood, 1991; Leonard et al., 2005). В экстремальных климатических условиях континентальной зоны в результате увеличения теплоотдачи организм испытывает повышенную потребность в кислороде для повышения теплопродукции. Отметим, что у этих же обследуемых наблюдались более низкие значения дыхательного коэффициента, свидетельствующие о преобладании жирового типа метаболизма, что характерно для уроженцев Севера (Панин, 1978; Панин, Усенко, 2004). Отметим, что энергозатраты в состоянии покоя (REE) у юношей всех обследованных групп были

Таблица 9 – Некоторые соматометрические и функциональные показатели европеоидов различных регионов Северо-Востока РФ

Показатель	Регион проживания			Уровень значимости различий, p		
	Приморская зона		Континентальная зона			
	г. Анадырь (1) (n = 48)	г. Магадан (2) (n = 1632)	г. Сусуман (3) (n = 88)	1–2	2–3	1–3
Масса тела, кг	68,9±1,3	71,1±0,9	69,2±2,1	0,22	0,41	0,91
ОСЖ, %	14,4±0,6	12,0±0,3	11,9±0,7	< 0,001	0,89	< 0,01
Длина тела, см	177,2±1,1	179,5±0,5	176,2±1,1	< 0,05	< 0,01	0,52
ОГК, см	90,4±1,1	92,9±0,4	89,8±0,6	< 0,05	< 0,001	0,63
ИП, усл. ед.	21,0±2,2	21,4±1,3	21,2±2,6	0,94	0,94	0,95
МТ/С, кг/ м ²	36,7±0,4	37,5±0,2	37,2±0,6	0,34	0,64	0,49
ИМТ, м ² /кг	21,6±0,4	22,1±0,2	22,2±0,6	0,42	0,34	0,41
САД, мм рт. ст.	127,2 ±1,2	126,8±0,9	128,3±1,6	0,35	< 0,05	0,22
ДАД, мм рт. ст.	73,4±1,3	74,8±0,8	77,9±1,4	0,24	< 0,05	< 0,001
ЧСС, уд./мин	70,6±1,6	71,3±0,8	73,6±1,4	0,69	< 0,05	< 0,05
УО, мл	73,7±1,4	72,5±0,9	69,5±1,5	0,47	< 0,05	< 0,01
МОК, мл/ми	5269,1±151,5	5183,2±95,3	5081,4±128,2	0,63	0,52	0,16
ОПСС, дин ² ·с·см ⁵	1488,5±47,0	1507,1±40,7	1603,9±46,7	0,76	< 0,05	< 0,05
REE/day, ккал	2048±74,5	2145±59,5	2344±63,6	0,31	< 0,001	< 0,01
REE/Pred, %	115±4	117±2,92	131±3,02	0,69	< 0,01	< 0,01
ДК, усл. ед.	0,89±0,03	0,86±0,01	0,79±0,01	0,35	< 0,001	< 0,01
ЧД, цикл/мин	14,7±0,8	14,5±0,49	17,2±0,72	0,83	< 0,01	< 0,01
ДО, мл	640±28,5	686±26,4	544±18,2	0,24	< 0,001	< 0,01
МОД, л/мин	9,2±0,22	9,2±0,1	9,0±0,1	0,98	< 0,05	< 0,05
ПО ₂ , мл/мин	290±11	304±8,05	338±9,2	0,31	< 0,01	< 0,01
СО ₂ в выд. возд., %	3,69±0,02	3,76±0,05	4,02±0,07	0,93	< 0,01	< 0,001
О ₂ в выд. возд., %	16,41±0,14	16,32±0,07	16,01±0,09	0,92	< 0,01	< 0,05

выше должных величин (REE/Pred,%), при наибольшем значении у сусуманцев, у которых также были более низкие концентрации О₂ и более высокие СО₂ в выдыхаемом воздухе. В целом вектор функциональных перестроек у лиц, проживающих в континентальном климатическом поясе, направлен на выраженную защиту легких (ограничение глубины дыхания, снижение объемных характеристик) при одновременном повышении потребления кислорода на фоне интенсификации обмена веществ.

Учитывая высокую информативность параметров легочного газообмена и выраженное влияние на эти процессы климатических факторов, мы провели корреляционный анализ этих показателей у юношей – представителей приморской (г. Магадан) и континентальной (г. Сусуман) зон проживания. Анализ структуры корреляционных плеяд позволил установить некоторые адаптивные особенности функциональных метаболических перестроек (рис. 3).

Так, у сусуманцев это проявляется в выраженном влиянии на организм холодового фактора, а у магаданцев – в совокупности воздействия скорости ветра, температуры и атмосферного давления. При этом у лиц приморской зоны число корреляционных связей в плеяде было больше на 30%, что указывает на лучшую

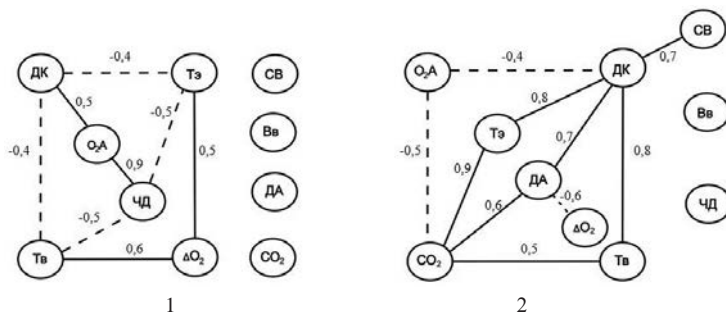


Рисунок 3 – Структура корреляционных взаимосвязей показателей газообмена и климатических факторов у юношей Сусумана (1) и Магадана (2). ДК – дыхательный коэффициент; ЧД – частота дыхания; СВ – сила ветра; ДА – давление атмосферное; Тв – температура воздуха; Тэ – температура эффективности; Вв – влажность воздуха; СО₂ – концентрация углекислого газа в выдыхаемом воздухе; O₂A – концентрация кислорода в атмосфере; ΔO₂ – разница содержания кислорода между атмосферным и выдыхаемым воздухом; сплошная линия – положительная связь, пунктирная – отрицательная связь

сбалансированность адаптационных механизмов на фоне меньшего напряжения функциональных систем организма.

Учитывая роль сезонных факторов в функциональных показателях организма, был проанализирован в % градиент различий в морфофункциональных показателях магаданцев и сусуманцев в осенний период относительно весеннего, принятого за нулевой уровень (рис. 4).

Из графиков видно, что динамика изменения имеет сходный характер, но отличается по относительным характеристикам, что указывало на различный вклад неблагоприятных факторов окружающей среды в формирование функциональных показателей организма.

Учитывая, что использование функциональных проб позволяет не только исследовать функциональные резервы организма, но и оценивать воздействия на него неблагоприятных факторов окружающей среды (аллостатической нагрузки), мы изучили влияние на обследуемый контингент различных климатических зон, что проводилось на фоне активной ортостатической (АОП) и гипоксически-гиперкапнической (ГГП) пробы.

Отметим, что процесс аллостазии в отличие от гомеостазирования реализуется через изменения характеристик эндогенной среды, как бы подгоняя их под факторы экзогенной среды обитания (Sterling, Eyer, 1988). **Аллостатическая нагрузка** представляет серьезную проблему оценки вклада экстремальных факторов в мультисистемные процессы физиоло-

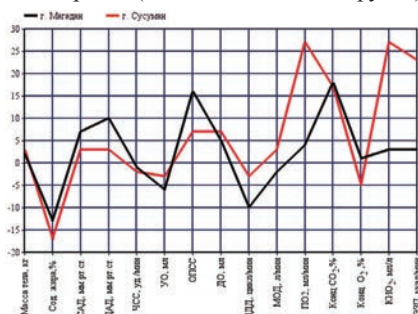


Рисунок 4 – Относительная в % динамика морфофункциональных показателей у юношей Магаданской области

гической регуляции к различным факторам среды (Read, Grundy, 2012). В последние годы появились исследования по оценке аллостатических нагрузок на основе анализа изменения вариабельности сердечного ритма при адаптации человека на Севере (Кривошеко и др., 2016).

Нами для оценки влияния аллостатической нагрузки на сердечно-сосудистую систему юношей-европеоидов – жителей различных климатических зон Северо-Востока России была проведена АОП, показатели которой представлены в табл. 10. Установлено, что наиболее высокое АД в положении лежа (фон), отмечалось у юношей Сусумана при меньшей величине УОК относительно показателей жителей приморской зоны МО и ЧАО. При этом, несмотря на то что ЧСС у сусуманцев была выше на 10 уд./мин, значение МОК достоверно не отличалось от аналогичных показателей магаданцев и анадырцев, при статистически более высоком уровне ОПСС, отражая в совокупности большую степень функционального напряжения со стороны гемодинамики даже в состоянии лежа. Отметим, что в состоянии фона поддержание МОК у сусуманцев достигалось за счет сосудистого (ОПСС) и хронотропного (ЧСС) компонента, а у магаданцев и анадырцев – за счет значимо более высоких величин УОК объема, что является отражением инотропного более эффективного и менее энергоемкого функционирования гемодинамики у жителей прибрежных зон как МО, так и ЧАО. В ответ на АОП у юношей Сусумана, несмотря на

Таблица 10 – Показатели гемодинамики при выполнении АОП у европеоидов – жителей различных климатических зон Северо-Востока России

Показатель	Изучаемая группа			Уровень значимости различий, p		
	Магадан (1) (n = 106)	Сусуман (2) (n = 69)	ЧАО (3) (n = 43)	1–2	2–3	1–3
Фон (лежа)						
САД, мм рт. ст.	122,1±0,9	126,8±1,5*	118,9±1,2	< 0,01	< 0,01	< 0,05
ДАД, мм рт. ст.	63,3±0,7*	75,6±1,4*	61,4±0,9*	< 0,001	< 0,01	0,09
ЧСС, уд./мин	65,4±1,0*	74,7±1,6*	65,8±1,2*	< 0,01	< 0,01	0,79
УОК, мл	81,0±1,1*	71,5±1,3*	81,0±1,1*	< 0,001	< 0,001	0,58
МОК, мл/мин	5263,4±105,7*	5341,7±110,1*	5362,9±167,3	0,61	0,91	0,61
ОПСС, дин ² ·с·см ⁻⁵	1420,8±36,4	1553,61±41,2*	1311,9±41,0	< 0,01	< 0,001	< 0,05
АОП						
САД, мм рт. ст.	123,2±1,4	122,6±1,4	118,5±1,8	0,76	0,07	< 0,05
ДАД, мм рт. ст.	76,6±0,7	68,5±1,3	76,7±1,1	< 0,01	< 0,01	0,97
ЧСС, уд./мин	84,5±1,6	68,2±1,3	85,4±1,5	< 0,01	< 0,01	0,68
УОК, мл	68,5±1,1	76,0±1,1	64,5±1,3	< 0,001	< 0,001	< 0,05
МОК, мл/мин	5721,4±163,7	5094,4±104,2	5490,7±167,3	< 0,001	< 0,05	0,69
ОПСС, дин ² ·с·см ⁻⁵	1430,7±42,1	1462,1±34,2	1419,0±53,2	0,25	0,24	0,86

Примечание: Звездочкой обозначены значимые различия фон – проба.

незначительное снижение САД, отмечается и значимое снижение ДАД на 10% по сравнению с фоном, что относительно их сверстников из приморских зон, у которых наблюдалось увеличение ДАД, позволяет говорить о постуральной гипотензивной направленности гемодинамического ответа у юношей континентальной зоны.

Отметим разнонаправленный характер ответных реакций показателей МОК и ОПСС на выполняемую пробу. Так, если у магаданцев было значимое увеличение МОК, то у сусуманцев наблюдалось снижение этого показателя на 249 мл, а ОПСС – на $92 \text{ дин}^2 \cdot \text{с} \cdot \text{см}^{-5}$, что, по всей видимости, является компенсаторной реакцией, направленной на поддержание достаточно высокого ударного объема, как одного из механизмов, не допускающего развития вазовагального обморока на фоне неадекватной активации парасимпатического звена и снижения вклада симпатической регуляции во время выполнения пробы. Известно, что недостаточность симпатического тонуса может предрасполагать к неадекватной ответной реакции, ведущей к ортостатическому коллапсу. Так, снижение ЧСС у юношей Сусумана при АОП составляло 11%, в то время как у магаданцев и анадырцев она возрастала почти на 30%. Отметим, что если у магаданцев и анадырцев наблюдались близкие гемодинамические сдвиги, то в группе сусуманцев был выявлен значимо другой тип реагирования, проявляющийся снижением артериального давления, ЧСС, МОК и ОПСС при выраженном увеличении УОК.

Это существенно отличает структуру поддержания кровообращения сусуманцев от их сверстников – жителей прибрежных зон, что можно считать некоторой региональной особенностью, связанной с более выраженной аллостатической нагрузкой экстремального воздействия на организм природно-климатических условий внутриконтинентальной зоны, что нашло свое подтверждение при оценке вегетативной регуляции кардиоритма на основе ВСР (табл. 11).

Оказалось, что структура ВСР в состоянии фона практически не отличалась между группами магаданцев и анадырцев, но в ответ на АОП у приморцев отмечалось (относительно фона) снижение величин RMSSD, pNN₅₀, Mo и увеличение SI более чем на 200%, при том, что у юношей континентальной зоны прирост этого показателя был менее 70%. Такое значительное снижение парасимпатической активности во время ортостатической нагрузки у юношей Магадана и Анадыря, исходя из основных положений теории «акцентированного антагонизма» (Levy, 1997), направлено на обеспечение адекватного уровня симпатической активации, обеспечивающей поддержание оптимального уровня кровообращения. Подчеркнем, что у сусуманцев в процессе АОП наблюдается неадекватный уровень регуляции гемодинамики. Так, сопоставление характеристик ВСР (RMSSD, pNN₅₀, HF), отражающих состояние парасимпатической регуляции в процессе АОП между жителями приморской и внутриконтинентальной зон, показало, что вагусная активность у сусуманцев (относительно аналогичных значений у магаданцев и анадырцев) была выражена более чем в 2 раза.

При этом уровень симпатической активности, отражаемый в средних величинах при суммировании абсолютных значений показателей AM₀, SI и IC, был ниже у жителей континентальной зоны в 1,5 раза. Суммируя в относительных величинах негативный синергический эффект, связанный с различной степенью экстремальности

Таблица 11 – Показатели ВСП при выполнении АОП юношей – европеоидов, жителей различных климатических зон Северо-Востока России

Показатель	Изучаемая группа			Значимость различий между группами, р	
	Магадан	Сусуман	Анадырь	Магадан – Сусуман	Сусуман – Анадырь
	ФОН				
RMSSD, мс	55 (37;72)*	66 (50;82)*	60 (37;82)*	< 0,01	0,36
SDNN, мс	62 (45;76)*	72 (53;87)	70 (47;83)*	< 0,01	0,29
Mo, мс	917 (816;987)*	859 (741;959)*	917 (772;997)*	< 0,05	< 0,05
AMo50, мс	32 (27;43)*	30 (25;37)	31 (26;44)*	0,15	0,98
SI	54 (34;94)*	48 (35;73)*	40 (30;127)*	0,36	0,12
HF, мс ²	1173 (534;1839)*	1544 (1153;2166)*	1344 (510;2463)*	< 0,001	< 0,05
LF, мс ²	1126 (633;1570)*	1323 (1034;1997)*	1346 (633;1677)*	< 0,01	< 0,05
VLF, мс ²	476 (271;778)*	620 (387;872)	715 (355;1086)*	< 0,01	0,57
IC, усл. ед.	1 (1;2)*	1 (0;1)*	1,(1;2)*	< 0,05	< 0,05
АОП					
RMSSD, мс	23,2 (16,6;35,6)	31,9 (23,8;53,8)	21,4 (16,3;28,9)	< 0,001	< 0,001
pNN50, %	3,7 (1,1;11,0)	10,5 (4,6;22,8)	3,2 (1,0;7,6)	< 0,001	< 0,001
Mo, мс	645 (583;718)	708 (640;794)	650 (606;691)	< 0,01	< 0,001
AMo50, мс	46 (37;53)	33 (25;42)	47 (39;57)	< 0,001	< 0,01
SI	130 (86;201)	79 (42;147)	139 (100;263)	< 0,001	< 0,001
HF, мс ²	227 (107;441)	679 (396;1160)	224 (115;304)	< 0,001	< 0,001
LF, мс ²	922 (495;1643)	1658 (1203;2491)	1003 (423;1361)	< 0,001	< 0,001
VLF, мс ²	313 (195;599)	628 (342;1010)	321 (196;473)	< 0,001	< 0,001
IC, усл. ед.	6 (4;9)	3 (2;6)	6 (5;8)	< 0,001	< 0,001

Примечание: Звездочкой указаны значения, имеющие значимые различия между показателями фона и АОП.

факторов окружающей среды и отражаемый степенью аллостатической нагрузки, проявляющейся в виде дисбаланса вегетативной регуляции в процессе АОП у сусуманцев, когда парасимпатическая активность возрастает в 2 раза, а симпатическая снижается в 1,5 раза (2+1,5), можно считать ее в сумме количественно выраженной в 3,5 раза больше относительно юношей приморской зоны.

Для изучения вопроса о возможных перестройках гемодинамики в процессе АОП у мигрантов и уроженцев различных поколений было проведено исследование на общей выборке юношей в возрасте 17–21 года – постоянных жителей МО. Исследования показали, что наиболее значимые различия в состоянии фона отмечаются между мигрантами и юношами 1-го, 2-го поколения, притом, что между самими уроженцами 1-го и 2-го поколения ни по одному показателю достоверных различий не установлено (табл. 12).

Однако в ответ на ортостаз во всех группах было отмечена однотипная динамика изменений изучаемых показателей со значимым увеличением показателей ДАД, ЧСС и МОК с одновременным снижением УОК, при этом в группе мигрантов наблюдалось снижение САД и ОПСС в отличие от уроженцев 1-го и 2-го поколения. Подчеркнем, что у всех обследованных в ответ на АОП ЧСС в среднем возрастала

Таблица 12 – Показатели сердечно-сосудистой системы при АОП у мигрантов и уроженцев различных поколений жителей Магаданской области

Показатель	Поколение			Уровень значимости различий между поколениями, p		
	0-е (n = 32)	1-е (n = 43)	2-е (n = 31)			
	Фон			0-1	1-2	0-2
САД, мм рт. ст.	122,1±1,1*	122,2±0,8	122,8±0,7	0,93	0,56	0,61
ДАД, мм рт. ст.	67,2±0,9*	62,3±0,7*	62,4±0,8*	< 0,01	0,86	< 0,001
ЧСС, уд./мин	66,6±1,0*	66,1±0,9*	63,7±0,9*	0,70	0,08	< 0,01
УОК, мл	79,1±1,0*	82,1±0,8*	83,7±0,8*	< 0,05	0,12	< 0,001
МОК, мл/мин	5279,8±107,3*	5420,1±89,2*	5307,6±80,5*	0,32	0,34	0,82
ОПСС, дин ² ·с·см ⁻⁵	1436,5±22,4*	1333,6±20,7	1357,4±21,3*	< 0,01	0,18	< 0,05
АОП						
САД, мм рт. ст.	119,6±1,2	123,1±1,4	122,6±1,1	< 0,05	0,81	< 0,05
ДАД, мм рт. ст.	78,3±0,7	76,2±0,7	76,0±0,8	< 0,05	0,84	< 0,05
ЧСС, уд./мин	90,5±2,1	85,5±1,2	80,2±1,6	< 0,05	< 0,01	< 0,01
УОК, мл	64,6±0,8	67,7±0,8	68,6±0,9	< 0,001	0,49	< 0,01
МОК, мл/мин	5847,2±150,2	5792,7±90,2	5581,5±98,3	0,75	< 0,05	0,08
ОПСС, дин ² ·с·см ⁻⁵	1335,5±29,5	1362,8±24,7	1447,7±37,7	0,54	< 0,01	< 0,05

Примечание: Звездочкой обозначены значимые различия показателей фон – АОП.

относительно фона на 25–37%, что является отражением симпатической активации, направленной на поддержание оптимального уровня МОК, который возрастал в каждой группе.

Особенности ВСР в состоянии лежа и при проведении АОП представлены в табл. 13, при этом принципиальных изменений между мигрантами и 1-м поколени-

Таблица 13 – Показатели ВСР при выполнении АОП у мигрантов и уроженцев различных поколений постоянных жителей Магаданской области

Показатель	Поколение			
	0-е (1)	1-е (2)	2-е (3)	1-3, p
Фон (лежа)				
МхDMп, мс	350 (244;395)*	348,9 (256;414)*	363,9 (294;426)*	0,68
RMSSD, мс	55(35;62)*	53,4 (40;64)*	59,7 (50;79)*	0,10
Mo, мс	837,4 (763;975)*	917,0 (824;976)*	976,0 (820;1027)*	< 0,05
SI, усл. ед.	52,7 (35;119)*	52,9 (38;94)*	39,1 (29;94)*	< 0,05
HF, мс ²	943,0 (569;1574)*	1009,7 (532;1857)*	1344,7 (785;2170)*	< 0,05
LF, мс ²	1037,8 (592;1688)	1035,6 (654;1574)	1078,3 (682;1389)	0,85
VLF, мс ²	596,3 (354;979)*	506,6 (228;738)*	495,7 (393;773)*	< 0,05
IC, усл. ед.	1,7 (1,2;2,9)*	1,5 (1,1;2,0)*	1,3 (0,8;2,4)*	< 0,05
АОП (стоя)				
МхDMп, мс	245,5 (183;297)	269,6 (221;336)	268,0 (219;361)	0,29
RMSSD, мс	21,7 (13;36)	21,4 (17,3;33,5)	25,5 (18,7;37,0)	< 0,05
Mo, мс	640,0 (588;686)	639,5 (578;694)	676,1 (610;731)	< 0,05
SI, усл. ед.	139,7 (97;265)	130,2 (98;171)	104,1 (71;195)	< 0,05
HF, мс ²	191,8 (92;507)	239,2 (123;404)	288,9 (136;451)	< 0,05
LF, мс ²	955,6 (418;1626)	1008,0 (587;1524)	1156,9 (411;2012)	< 0,05
VLF, мс ²	340,3 (167;487)	318,9 (220;633)	280,6 (140;612)	0,23
IC, усл. ед.	6,9 (4,9;9,1)	7,0 (4,3;8,3)	5,7 (3,7;8,6)	< 0,05

Примечание: Звездочкой обозначены значимые различия показателей фон – АОП.

ем, между 1-м и 2-м поколениями выявлено не было, а наиболее значимые различия отмечались между мигрантами и 2-м поколением. Из приведенных данных видно, что в состоянии фона у юношей 2-го поколения парасимпатическая активность проявляется в большей степени относительно 0-го и 1-го поколения, что отражено в больших величинах Mo и HF и меньших значениях SI, VLF, LF/HF, IC. Однако в процессе АОП вклад парасимпатки снижается при нарастании симпатической активности во всех группах обследованных лиц относительно фона, что проявляется статистически значимым снижением MxDMn, RMSSD, Mo, HF при увеличении значений SI, IC.

В целом необходимо отметить, что снижение парасимпатической активности при АОП было характерно для всех групп, однако выраженность процесса возрастала в ряду от 0-го ко 2-му поколению, что обеспечивает оптимальный уровень кровообращения при АОП за счет усиления симпатической активации. В то же время среди уроженцев 2-го поколения относительно мигрантов и даже юношей 1-го поколения, в процессе АОП отмечается более экономный режим функционирования сердечно-сосудистой системы при меньших величинах ЧСС и больших значениях УОК.

Учитывая, что в условиях Севера на клеточном и функциональном уровнях проявляются гипоксические эффекты, модулируемые сочетанным действием экстремальных природно-климатических факторов и лежащие в основе синдрома «полярного напряжения» (Казначеев, 1980; Хаснулин, 2004), представлялось целесообразным оценить реакцию организма на стандартный нагрузочный тест, обеспечивающий физиологически формирующееся в процессе пробы сочетанное действие нарастающей гипоксии и гиперкапнии. Для этой цели наиболее адекватной является проба с дыханием в замкнутом пространстве без поглощения углекислого газа (ререспирация), которая была проведена на группе уроженцев приморской и континентальной зон Магаданской области. При выполнении пробы оказалось, что среди обследуемых лиц встречаются индивидуумы с различным уровнем устойчивости к сочетанному воздействию гипоксии и гиперкапнии. При этом встречались лица, у которых в процессе 3-минутной ререспирации уровень кислорода в мешке составлял не менее 10%, а диоксида углерода не превышал 9%, при сатурации гемоглобина кислородом не менее 95%. У других обследуемых, наоборот, содержание O₂ было менее 10%, а CO₂ было равно или даже выше этого значения, при уровнях сатурации ниже 95%. С учетом этого все обследуемые были разделены на 2 условные группы: 1-я – лица с высокой гипоксически-гиперкапнической устойчивостью (ВУ) и 2-я – с низкой устойчивостью (НУ).

В табл. 14 представлены основные показатели сердечно-сосудистой системы, газообмена и сатурации артериальной крови у юношей г. Магадан и г. Сусуман с высокой и низкой гипоксически-гиперкапнической устойчивостью. При этом между группами лиц с ВУ – жителями приморской и континентальной зон МО – в состоянии фона показатели АД значительно различались, чего не отмечалось среди групп с НУ. Однако между НУ магаданцами и сусуманцами все изучаемые показатели гемодинамики и газообмена имели достоверные различия, в то время как этого не отмечалось среди ВУ по характеристикам УОК, МОК, ОПСС. В процессе ререспирации у НУ магаданцев гемодинамический ответ имел гипертензивную направленность, при которой САД возрастало на 22 мм рт. ст., а ДАД – на 16 мм рт. ст., однако это протекало при значимо меньшей ЧСС, которая была на 12 уд./мин

Таблица 14 – Показатели гемодинамики и газообмена в состоянии фона и при ререспирации у юношей с различным уровнем гипоксически-гиперкапнической устойчивости, жителей приморской и континентальной зон МО

Показатель	Высокоустойчивые (ВУ)		Магадан – Сусу-ман, р		Низкоустойчивые (НУ)		Магадан – Сусу-ман		Уровень значимости различий ВУ и НУ, р	
	Магадан (n = 169)	Сусуман (n = 44)	р		Магадан (n = 31)	Сусуман (n = 25)	Магадан	Сусуман	Магадан	Сусуман
Фон										
САД, мм рт. ст.	124,3±1,1*	127,3±1,0*	< 0,05	126,8±0,7*	128,8±1,6*	0,25	< 0,05	0,44	< 0,05	0,44
ДАД, мм рт. ст.	75,5±1,1*	79,1±1,2*	< 0,05	75,7±0,6*	72,8±1,4*	0,07	0,86	< 0,001	0,86	< 0,001
ЧСС, уд./мин	71,2±0,9*	74,0±1,1*	< 0,05	69,1±0,7*	73,4±1,4*	< 0,05	0,06	0,72	0,06	0,72
УОК, мл	69,0±1,0*	67,4±1,2*	0,34	69,8±0,8*	75,2±1,8*	< 0,01	0,52	< 0,001	0,52	< 0,001
МОК, мл/мин	4899,9±97,1	4958,9±105,9*	0,68	4857,5±36,9	5479,0±131,2*	< 0,001	0,17	< 0,001	0,17	< 0,001
ОПСС, дин ² ·с·см ⁻⁵	1659,4±51,8*	1643,2±43,4	0,81	1660,8±21,8*	1454,4±48,6	< 0,01	0,98	< 0,001	0,98	< 0,001
СО ₂ в мешке, %	3,8±0,07*	4,1±0,12*	< 0,05	3,9±0,06*	4,3±0,13*	< 0,05	0,16	0,41	0,16	0,41
О ₂ в мешке, %	16,3±0,09*	15,9±0,15*	< 0,01	16,3±0,04*	15,7±0,15*	< 0,01	0,47	0,35	0,47	0,35
НвО ₂ , %	98,4±0,08*	98,3±0,06*	0,92	98,3±0,04*	98,5±0,03*	< 0,05	0,73	< 0,05	0,73	< 0,05
Ререспирация										
САД, мм рт. ст.	134,8±1,6	135,2±1,8	0,88	149,1±0,9	138,1±2,2	< 0,001	< 0,001	0,30	< 0,001	0,30
ДАД, мм рт. ст.	84,9±1,2	86,7±1,1	0,27	92,4±1,3	87,5±1,6	< 0,01	< 0,001	0,64	< 0,001	0,64
ЧСС, уд./мин	78,6±1,0	88,7±1,7	< 0,001	79,1±0,8	91,5±1,9	< 0,001	0,68	0,28	0,68	0,28
УОК, мл	63,2±1,3	63,1±1,5	0,94	63,1±1,2	63,7±1,2	0,74	0,95	0,75	0,95	0,75
МОК, мл/мин	4962,3±126,8	5582,2±171,1	< 0,01	4970,4±88,9	5773,8±114,0	< 0,001	0,86	0,35	0,86	0,35
ОПСС, дин ² ·с·см ⁻⁵	1873,5±52,9	1596,9±47,8	< 0,01	2031,0±60,1	1535,4±39,8	< 0,001	< 0,05	< 0,001	< 0,05	< 0,001
СО ₂ в мешке, %	7,5±0,07	7,8±0,09	< 0,01	9,5±0,03	9,7±0,1	< 0,05	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001
О ₂ в мешке, %	11,9±0,08	11,4±0,11	< 0,01	9,5±0,04	9,1±0,1	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001
НвО ₂ , %	96,1±0,18	95,0±0,13	< 0,001	92,7±0,13	94,2±0,1	< 0,001	< 0,001	< 0,05	< 0,001	< 0,05

Примечание: Звездочкой обозначены различия фон – ререспирация.

ниже, чем у сусуманцев. Отметим, что если у магаданцев между группами ВУ и НУ при ререспирации значимые отличия наблюдаются по 3 из 6 показателям гемодинамики, то у сусуманцев ни по одному из них достоверных различий не выявлено. По всей видимости, это связано с тем, что более экстремальные условия континентальной зоны сужают уровни физиологических резервов организма проживающих там испытуемых и нивелируют их функциональные типологические особенности, что находит свое подтверждение и в перестройках ВСР, где количество значимых различий между показателями сравниваемых групп в 2 раза меньше, чем у юношей г. Магадан с высокой и низкой устойчивостью (табл. 15).

Анализ ВСР в состоянии покоя и после выполнения пробы с ререспирацией у юношей приморской и континентальной зоны с учетом различий в уровне гипоксически-гиперкапнической устойчивости показал, что в группе магаданцев в состоянии фона между группой ВУ и НУ из 11 изученных характеристик ВСР статистически значимые различия наблюдались по 5 показателям: МхDMn, RMSSD, SDNN, HF, LF/HF. При этом в группе НУ значения были выше, чем в группе ВУ, кроме показателей LF/HF, IC. У сусуманцев, при аналогичных условиях, различия между группами наблюдались только по 3 показателям – МхDMn, HF, VLF.

При проведении ререспирации между ВУ и НУ у магаданцев статистически значимые различия наблюдались по SDNN, AMo50, SI, LF, VLF, а у сусуманцев – только по RMSSD, SI, HF. У магаданцев с высокой и низкой устойчивостью различия в характеристиках ВСР между фоном и пробой отмечались соответственно по 7 и 6 показателям, а у сусуманцев при аналогичном сравнении – по 4, а наблюдаемые при этом особенности были связаны с перестройками степени активности вегетативной регуляции. Принимая во внимание то, что во время проведения пробы поддержание обеспечения газообмена в значительной мере определяется как гемодинамическими, так и регуляторными перестройками кардиоритма, были изучены корреляционные взаимосвязи этих показателей с уровнем кислорода как в состоянии фона, так и в процессе ререспирации у лиц с различной гипоксически-гиперкапнической устойчивостью с учетом их проживания в различных климатических зонах.

На рис. 5 представлены структурные плеяды значений коэффициентов парной ранговой корреляции у юношей г. Магадана. Оказалось, что у ВУ магаданцев в состоянии фона и ререспирации ни один из показателей гемодинамики и ВСР не имеет значимых взаимосвязей с показателем уровня O_2 .

Однако в процессе пробы их общее число увеличивалось, достигая 7 взаимосвязей, при этом в плеяде выделяются 4 показателя, каждый из которых соединен не менее чем с 3 другими, где МхDMn выступает в роли общего объединяющего ядра. Подчеркнем, что в условиях фона принципиальным отличием в структуре взаимосвязей у магаданцев с НУ относительно лиц с ВУ является формирование корреляции показателя O_2 с значением LF/HF. Затем в процессе ререспирации происходит перестройка и эта взаимосвязь исчезает, но появляются 3 новые, объединяющие O_2 с характеристиками гемодинамики и HF.

На рис. 6 представлены структуры корреляционных плеяд у юношей г. Сусуман. Анализ показал, что как в состоянии фона, так и при ререспирации в группах

Таблица 15 – Показатели вариабельности кардиоритма в состоянии покоя и при выполнении респирации у юношей приморской и континентальной зон МО с различным уровнем гипоксически-гиперкапнической устойчивости

Показатель	Высокая гипоксически-гиперкапническая устойчивость (ВУ)		Магадан – Суусу-ман, р		Низкая гипоксически-гиперкапническая устойчивость (НУ)		Магадан – Суусу-ман		Уровень значимости различий с ВУ и НУ, р	
	Магадан	Суусуман	Магадан	Суусу-ман, р	Магадан	Суусуман	Магадан	Суусу-ман	Магадан	Суусу-ман
	Фон									
MxDMn, мс	363 (292;460)	385 (331;510)	427 (340;465)	0,18	419 (341;599)	0,22	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
RMSSD, мс	46 (35;61)*	57 (47;75)	71 (39;92)	<0,001	66 (60;72)*	0,94	<0,05	0,32	<0,05	0,32
SDNN, мс	67 (54;84)*	74 (61;91)	83 (68;96)*	0,30	72 (60;93)*	0,52	<0,05	0,14	<0,05	0,14
Mo, мс	823 (739;923)*	777 (700;851)*	877 (826;1076)*	<0,05	779 (723;877)*	0,17	0,23	0,09	0,23	0,09
AMo50, мс	31 (25;38)	29 (25;36)	27 (22;31)*	0,53	28 (26;34)	0,20	0,46	0,11	0,46	0,11
SI, усл. ед.	50 (32;80)	44 (33;66)	36 (22;64)	0,71	32 (30;33)	0,52	0,31	0,32	0,31	0,32
HF, мс ²	1009 (519;1379)*	1553 (964;2089)*	1746 (823;2673)*	<0,01	1224 (786;1639)*	<0,05	<0,01	<0,05	<0,01	<0,05
LF, мс ²	1324 (930;2118)	1207 (815;2157)	1275 (930;2592)	0,43	1303 (416;1854)	0,21	0,18	0,42	0,18	0,42
VLF, мс ²	657 (399;993)*	552 (340;869)	719 (551;2;826)	0,31	355 (242;515)	<0,05	0,22	<0,05	0,22	<0,05
LF/HF, усл. ед.	1,7 (1,1;2,6)*	0,8 (0,6;1,5)*	1,1 (0,4;1,5)*	<0,001	0,8 (0,5;1,2)	<0,05	<0,01	0,82	<0,01	0,82
IC, усл. ед.	2,5 (1,7;4,0)*	1,3 (0,9;2,1)*	1,8 (0,7;2,2)*	<0,001	1,1 (0,8;1,5)*	<0,05	<0,01	0,76	<0,01	0,76
Респирация										
MxDMn, мс	376 (305;478)	425 (365;500)	423 (409;541)	<0,05	442 (369;596)	0,56	<0,05	0,86	<0,05	0,86
RMSSD, мс	62 (46;79)	66 (56;80)	78 (46;103)	0,37	88 (53;104)	0,88	0,42	<0,05	0,42	<0,05
SDNN, мс	76 (61;106)	75 (63;94)	101 (82;121)	0,64	85 (64;105)	<0,05	<0,01	0,23	<0,01	0,23
Mo, мс	726 (674;824)	679 (622;776)	726 (722;777)	<0,05	677 (621;786)	<0,05	0,38	0,92	0,38	0,92
AMo50, мс	26 (21;32)	29 (23;33)	21 (18;25)	0,21	28 (21;31)	0,22	<0,05	0,86	<0,05	0,86
SI, усл. ед.	47 (30;70)	46 (34;75)	28 (27;40)	0,93	39 (29;70)	0,12	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
HF, мс ²	2002 (1166;3206)	1701 (1196;3269)	2261 (933;2981)	<0,05	2204 (949;2859)	0,32	0,46	<0,05	0,46	<0,05
LF, мс ²	1111 (789;2309)	1057,3 (706;1719)	1347 (662;1673)	0,25	1168,0 (659;2043)	<0,05	<0,01	0,22	<0,01	0,22
VLF, мс ²	538 (292;852)	439 (268;705)	748 (286;819)	0,34	312 (245;654)	<0,05	<0,05	0,32	<0,05	0,32
LF/HF, усл. ед.	0,5 (0,3;1,1)	0,6 (0,3;0,9)	0,5 (0,4;0,9)	0,88	0,6 (0,4;0,8)	0,43	0,92	0,86	0,92	0,86
IC, усл. ед.	0,8 (0,4;1,6)	0,8 (0,5;1,3)	0,7 (0,5;1,2)	0,95	0,8 (0,5;1,3)	0,64	0,76	0,94	0,76	0,94

Примечание: Звездочкой обозначены различия фон – проба.

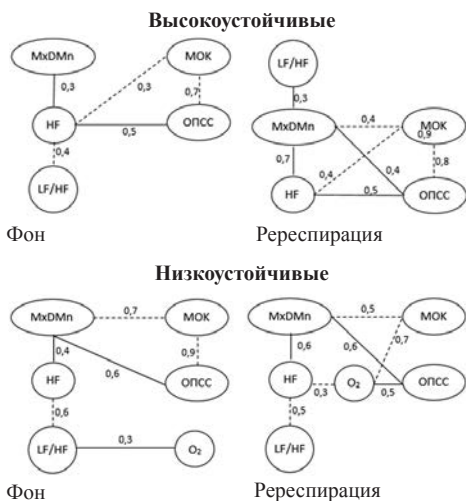


Рисунок 5 – Структура корреляционных плеяд у юношей г. Магадан с различным уровнем устойчивости к гипоксически-гиперкапническому воздействию в условиях фона и ререспирации.

Примечание. Здесь и на рис. 9 сплошные линии – положительные связи; пунктирные – отрицательные; цифрами показаны значения коэффициентов корреляции

MxDMn, как это наблюдалось в условиях фона, однако характер взаимосвязи этих показателей имеет положительное значение и МОК выступает в качестве основного ядра, объединяя 4 показателя, что принципиально отличает структуру плеяд ВУ и НУ лиц в процессе ререспирации.

Исследованиями в области теории функциональных систем было показано, что в случае недостаточности какого-либо звена для обеспечения оптимального функционирования, для достижения положительного эффекта система может подключать ресурсы других органов и систем, а при достаточности своих регуляторных возможностей – обходиться только своими резервами (Bertalanffy, 1950). С этих позиций можно выделить ряд особенностей. Так, для магаданцев – жителей приморской зоны, где негативное влияние на организм окружающей среды выражено в меньшей степени, чем у сусуманцев, лица с исходно более высокой устойчивостью и широтой функциональных резервов (ВУ) способны переносить кратковременную ререспирацию без подключения добавочных физиологических систем, обеспечивающих выполнение нагрузки, при этом у них показатель кислорода не имеет корреляционных зависимостей с показателями системы гемодинамики и ВСР. И наоборот, у лиц со сниженной и даже высокой устойчивостью, но проживающих в более экстремальных природно-климатических условиях внутриконтин-

с ВУ и НУ наблюдаются взаимосвязи уровня кислорода с показателями ВСР и гемодинамики, однако их структура между изучаемыми группами имеет существенные различия. Если в условиях фона значения МОК имеют прямую зависимость с MxDMn и обратную с ОПСС, то в процессе ререспирации у ВУ эти взаимосвязи исчезают, но формируется обратная зависимость O_2 с MxDMn. При этом у ВУ сусуманцев наблюдаются корреляционные взаимосвязи кислорода с HF и ОПСС, а показатели MxDMn с характеристиками гемодинамики, наблюдаемые в условиях фона, исчезают. Существенным отличием в структуре плеяды у НУ сусуманцев в процессе ререспирации относительно лиц с ВУ является наличие обратной зависимости уровней МОК с O_2 , характерной и для магаданцев. При этом у сусуманцев с НУ значение O_2 сохраняет положительную зависимость с

нентальной зоны г. Сусуман, для компенсации нарастающей гипоксии и гиперкапнии активизируются механизмы различных функциональных систем, что выражается в формировании корреляционных взаимосвязей между O_2 , показателями гемодинамики и ВСР, общее число которых достигало 9. Учитывая полученные результаты для количественной оценки аллоstaticкой нагрузки на основе корреляционных плеед и градиента разницы уровня кислорода на фоне и при ререспирации, мы предложили следующий алгоритм расчета. В общем виде это можно представить следующей эмпирической формулой: $АН = (\Sigma r_{\phi} + \Sigma r_p) \cdot (O_{2\phi} - O_{2p})$, где АН – аллоstaticкая нагрузка, усл. ед.; Σr_{ϕ} – сумма коэффициентов корреляции в плееде без учета знака на фоне; Σr_p – сумма коэффициентов корреляции в плееде без учета знака при ререспирации; $O_{2\phi}$, O_{2p} – значение уровней кислорода в мешке во время фона и в конце ререспирации.

На основе этого подхода были рассчитаны значения АН для ВУ и НУ юношей г. Магадан и г. Сусуман. Так, у ВУ магаданцев значение АН составило 20,2 усл. ед., а для НУ – 55,8 усл. ед.; у ВУ сусуманцев этот же показатель был равен 26,5 усл. ед., а для НУ – 55,9 усл. ед. Отметим, что для ВУ лиц – жителей континентальной зоны АН была больше на 6 усл. ед., относительно ВУ приморцев, что, по всей видимости определяется более экстремальными природно-климатическими условиями. Подчеркнем, что для НУ этот показатель оказался в 2 раза выше вне зависимости от зоны проживания.

Учитывая роль кислорода в обеспечении корреляционных взаимосвязей различных систем организма и информативность показателей энергообмена в оценке уровня адаптированности организма, были проведены в состоянии оперативного покоя исследования газообмена у роженцев различных поколений (табл. 16). Известно, что при повышении энергетических процессов в организме изменяются параметры легочной вентиляции и газообмена (Farber, 1997; Шик, 1998), при этом значения ДО являются одним из высокоинформативных показателей перестроек системы внешнего дыхания (Давидовская и др., 2005). Из полученных данных видно, что значения ДО имели тенденцию к уменьшению в ряду от мигрантов к 3-му поколению, однако в каждой группе данный показатель превышал нормативный возрастной диапазон. При этом выявлена динамика снижения МОД в ряду от 0-го к 3-му поколению. Отметим, что характерное для жителей северных регионов увеличение МОД, широко



Рисунок 6 – Корреляционные плееды у юношей г. Сусуман с различным уровнем устойчивости к гипоксически-гиперкапническому воздействию в условиях фона и ререспирации

Таблица 16 – Показатели энергозаобмена у мигрантов и уроженцев различных поколений Магаданской области

Показатель	Обследованная группа				Уровень значимости различий между группами, р						
	0-е поколение (1) (n = 62)	1-е поколение (2) (n = 924)	2-е поколение (3) (n = 580)	3-е поколение (4) (n = 66)	1-2	2-3	3-4	1-3	1-4	2-4	
ДО, мл	725,9±29,3	661,4±13,1	643,1±13,7	659,6±16,8	< 0,05	0,33	0,44	< 0,01	< 0,05	0,92	
ЧД, цикл/мин	14,7±0,4	14,8±0,3	14,0±0,2	13,6±0,4	0,85	< 0,05	0,32	0,14	< 0,05	< 0,01	
СО ₂ в выдыхаемом воздухе, %	3,7±0,1	3,7±0,0	3,7±0,0	3,8±0,1	0,89	0,77	0,08	0,69	< 0,05	< 0,05	
ДК, усл. ед.	1,02±0,03	0,93±0,01	0,92±0,01	0,86±0,02	< 0,001	0,71	< 0,01	< 0,001	< 0,001	< 0,01	
ПО ₂ , мл/мин	344,07±11,96	333,8±5,8	325,0±6,1	307,3±7,5	0,44	0,29	0,07	0,15	< 0,01	< 0,001	
МОД, л	10,1±0,4	9,3±0,2	9,0±0,2	8,7±0,3	< 0,05	0,13	0,57	< 0,01	< 0,01	0,11	
О ₂ в выдыхаемом воздухе, %	17,0±0,1	16,7±0,0	16,7±0,0	16,2±0,1	< 0,001	0,57	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	
КИО ₂ , мл/мин	33,3±0,9	36,6±0,4	37,8±0,4	37,1±0,8	< 0,001	< 0,05	0,42	< 0,001	< 0,001	0,60	
VCO ₂ , мл/ЧД	17,0±0,6	19,0±0,4	19,8±0,4	20,6±0,8	< 0,01	0,20	0,36	< 0,001	< 0,001	0,07	
VCO ₂ , мл/мин	245,8±7,5	235,8±3,8	260,3±4,1	267,4±8,2	0,23	< 0,001	0,43	0,08	< 0,05	< 0,001	
VO ₂ , мл/ЧД	19,9±0,7	22,8±0,5	22,9±0,4	23,6±0,8	< 0,001	0,87	0,41	< 0,001	< 0,001	0,36	
VE/VCO ₂	37,7±0,6	35,6±0,3	34,9±0,3	33,5±0,4	< 0,001	0,08	< 0,01	< 0,001	< 0,001	< 0,001	
VE/VO ₂	32,0±0,6	29,6±0,4	29,8±0,4	28,5±0,3	< 0,001	0,78	< 0,01	< 0,001	< 0,001	< 0,01	
КСкал, ккал/мин	1,67±0,07	1,70±0,03	1,62±0,04	1,50±0,05	0,67	0,07	< 0,05	0,52	< 0,05	< 0,001	
REE, ккал/день	2384,9±53,2	2445,0±27,4	2320,3±26,3	2171,3±56,4	0,31	< 0,01	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	
REE/Pred, % (калории к должному)	131,2±2,7	134,2±1,4	125,0±1,2	114,0±2,5	0,32	< 0,001	< 0,001	< 0,05	< 0,001	< 0,001	

распространенное в литературе под названием «полярная одышка», в настоящее время связывают с метаболическим ацидозом, что, по мнению авторов, способствует компенсаторному увеличению легочной вентиляции (Агаджанян и др., 1986). Важной характеристикой энергетически-метаболического профиля организма является величина потребления кислорода (ПО_2), уровень которого определяется внутренней потребностью в нем клеток и тканей (Иржак, Дмитриева, 2006) и высокие значения которого не столько отражают состояние внешнего дыхания, сколько характеризуют обменные процессы в организме (Гудков и др., 2012). Следует отметить, что у юношей 0-го и 1-го поколения значения уровня потребления кислорода превышали нормативные величины, характерные для здорового молодого человека (Попова, 2009), которые снижались к 3-му поколению, но оставались на верхней границе нормативного диапазона, что в большей степени обусловлено оптимизацией процесса утилизации кислорода (увеличение КИО_2) и вентиляционных показателей структуры паттерна дыхания (ДО, МОД, ЧД). Минутное выделение углекислого газа (VCO_2) значительно возрастало от 0-го к 3-му поколению, а показатели вентиляционного эквивалента по кислороду (VE/VO_2) значимо в этом ряду снижались. Аналогичная тенденция была характерна и для показателя вентиляционного эквивалента по углекислому газу (VE/VCO_2), самые низкие значения которого были отмечены в группе уроженцев 3-го поколения. В работах М.А. Якименко с соавторами (1989) также указывается, что проживание в условиях холода ведет к снижению вентиляционной реакции дыхательной системы на CO_2 , что в полной мере согласуется с нашими данными.

Известно, что CO_2 является важным регулирующим фактором внешнего дыхания, при этом повышение его выделения позволяет поддерживать легочную вентиляцию на должном уровне для обеспечения необходимых энергозатрат организма (Рощевский и др., 1995; Ким, 2015). В нашем исследовании показано, что высокие значения легочной вентиляции и дыхательного объема у юношей 0-го, 1-го и 2-го поколения не связаны с повышением уровня выделения CO_2 с выдыхаемым воздухом, тогда как в группе представителей 3-го поколения его более высокие показатели сопряжены с более низкими значениями легочной вентиляции. Несмотря на то что концентрация CO_2 в выдыхаемом воздухе была статистически значима ниже в группе представителей 0–2-го поколения в отличие от юношей 3-го поколения, но ее значения все же были выше значений, полученных в работах других авторов (Евдокимов, 2004). По мнению С.Г. Кривошекова с соавторами (2007), увеличение образования CO_2 может объясняться высоким функциональным резервом гликолитических процессов. У испытуемых 0–2-го поколения это подтверждается повышенными значениями дыхательного коэффициента, величины которого свидетельствуют о преобладании в организме углеводного обмена и, соответственно, об отсутствии у них «полярного метаболического типа», характерного для аборигенов (Панин, 1979; Бойко, 2005). Кислородный эффект дыхательного цикла ($\text{VO}_2/\text{ЧД}$) имел значимую динамику с увеличением в ряду от 0-го к 3-му поколению, и выявлено увеличение КИО_2 в ряду от мигрантов к 3-му поколению, что указывает на повышение диффузии кислорода через альвеоларно-капиллярную мембрану и на улучшение кислородотранспортной функции. Отметим, что в группе мигрантов показатель REE превышал должную величину на 31%, снижаясь в группе уроженцев 3-го поколения до

14%. Несомненно, что перестройки вентиляторных показателей аппарата внешнего дыхания с увеличением поколения направлено на оптимизацию и минимизацию характеристик внешнего дыхания и снижение респираторных энергопотерь при адаптации. Это, в свою очередь, обеспечивает более эффективную диффузию кислорода через альвеолярно-капиллярную мембрану, увеличение потребления кислорода и выведения CO_2 , что находит свое отражение в значимом снижении показателей VE/VO_2 и VE/VCO_2 , увеличении эффективности дыхательного акта при снижении показателей основного метаболизма (REE ; $\text{REE}/\text{Pred}\%$).

В процессе изучения перестроек показателей сердечно-сосудистой системы (ССС) и газообмена у юношей различных поколений в процессе выполнения пробы с ререспирацией также было установлено, что эффективность функциональных перестроек нарастает в ряду от 0-го к 3-му поколению. В табл. 17 приведены основные показатели ССС, HbO_2 , концентрации CO_2 и O_2 в выдыхаемом воздухе в состоянии покоя, а также на пике выполнения пробы с возвратным дыханием у юношей различных поколений – жителей МО. Подчеркнем, что в состоянии покоя, сидя (фон) все изучаемые показатели находились в пределах нормального физиологического диапазона, но имели статистически значимые различия. Так, наиболее низкие показатели уровня CO_2 и наиболее высокие O_2 в выдыхаемом воздухе в состоянии покоя были

Таблица 17 – Показатели сердечно-сосудистой системы и газообмена в состоянии покоя и при ререспирации у мигрантов и уроженцев различных поколений Магаданской области

Показатель	Поколение				Уровень значимости различий между поколениями, p		
	0-е (n = 31)	1-е (n = 63)	2-е (n = 76)	3-е (n = 30)	0-1	2-3	0-3
Фон							
САД, мм рт. ст.	125,6±0,6*	124,3±0,8*	123,7±0,8*	121,3±0,9*	0,16	0,11	< 0,01
ДАД, мм рт. ст.	76,1±0,7*	74,4±0,9*	74,1±0,8*	72,5±1,3*	0,11	0,08	< 0,01
ЧСС, уд./мин	73,2,1±0,8*	73,1±0,7*	71,8±0,8*	68,1±1,3*	0,92	< 0,05	< 0,001
CO_2 в мешке, %	3,65±0,06*	3,72±0,05*	3,77±0,05*	3,96±0,06*	0,37	< 0,05	< 0,001
O_2 в мешке, %	16,43±0,07*	16,37±0,05*	16,29±0,05*	16,14±0,06*	0,49	< 0,05	< 0,01
HbO_2 , %	98,52±0,06*	98,42±0,06*	98,55±0,05*	98,69±0,06*	0,24	0,07	< 0,05
Ререспирация							
САД, мм рт. ст.	132,1±1,4	131,6±1,3	130,0±0,9	126,2±0,5	0,79	< 0,01	< 0,001
ДАД, мм рт. ст.	90,1±1,3	88,6±1,4	86,1±1,2	83,4±1,3	0,43	< 0,05	< 0,001
ЧСС, уд./мин	80,5±0,8	77,8±0,9	75,3±0,8	71,4±0,5	< 0,05	< 0,001	< 0,001
CO_2 в мешке, %	7,05±0,07	7,14±0,08	7,09±0,07	6,91±0,05	0,43	< 0,05	< 0,05
O_2 в мешке, %	12,47±0,09	12,35±0,09	12,42±0,08	12,59±0,06	0,35	0,09	0,23
HbO_2 , %	96,30±0,14	96,35±0,16	96,41±0,14	96,69±0,14	0,81	0,18	< 0,05

Примечание: Звездочкой обозначены значимые различия показателей фон – ререспирация.

характерны для юношей 0-го поколения при том, что значимо более высокие показатели CO_2 и более низкие величины O_2 были выявлены у представителей 3-го поколения. При этом у них наблюдались значимо более высокие показатели HbO_2 . Отметим динамику изменений фоновых значений кислорода и углекислого газа в ряду от 0-го к 3-му поколению, где уровень CO_2 нарастает, O_2 снижается, что укладывается в результаты, полученные другими исследователями о снижении чувствительности дыхательного центра к высоким значениям углекислоты при адаптации к условиям Севера (Якименко, 1989), а также о более эффективной утилизации кислорода из вдыхаемого воздуха.

Сравнительный анализ показателей ССС и газоанализа в ответ на пробу с ререспирацией также выявил некоторые межгрупповые различия. Так, в группе мигрантов возрастные значения по САД на 5%, ДАД – на 18%, а ЧСС – на 10%, что в целом составило 33% реактивности ответа ССС относительно фона. В группе 1-го поколения наблюдалось менее выраженное увеличение: ЧСС и САД – на 6%, а ДАД – на 19%, с общей суммой реактивности в 31%. В группе 2-го поколения увеличение САД составило 5%, ДАД – 16%, ЧСС – 5%, при общей сумме реактивности 26%. У юношей 3-го поколения увеличение САД составило 4%, ДАД – 15% и ЧСС – 4%, что в сумме составило 23% (рис. 7). В ответ на пробу с ререспирацией происходит статистически достоверное изменение показателей CO_2 , O_2 и HbO_2 , что наиболее ярко проявляется при расчете в % величины изменения показателей относительно фона.

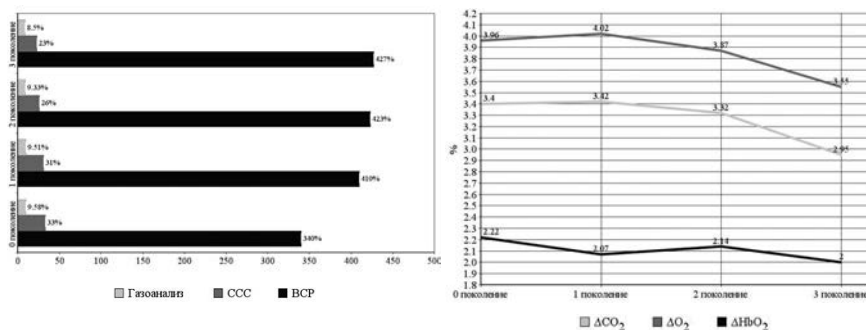


Рисунок 7 – Значения разницы показателей ССС, ВСР и газообмена относительно фона в ответ на ререспирацию у юношей – уроженцев различных поколений

Как показывают результаты исследования, в ответ на пробу с ререспирацией отмечается более выраженная степень разницы по O_2 в группе мигрантов и 1-го поколения со снижением данного показателя к группе 2-го и 3-го поколения. Аналогичная тенденция отмечена и относительно ΔCO_2 , где данная величина в группе представителей 0-го и 1-го поколения превосходила аналогичную характеристику у обследуемых 2-го и 3-го поколения. Отметим, что значение разницы фон – проба по HbO_2 была более выражена в группе мигрантов, достигая 2,2%. В целом, проанализировав суммарную динамику в процентах с учетом степени снижения

или повышения показателей в ответ на пробу у юношей – представителей различных поколений, мы выявили, что для юношей 0-го поколения данная величина (Δ газообмена) была наибольшей, составляя 9,6%, для уроженцев 3-го поколения – 8,50% (см. рис. 10). Учитывая проведенные исследования, отметим, что гипоксически-гиперкапническая проба не вызывает выраженных различий в газообмене среди уроженцев 1–3-го поколения относительно мигрантов, но статистически достоверная динамика изучаемых показателей в связи с увеличением продолжительности жизни на Севере отмечается, что также находит свое отражение и в перестройках ВСР.

В табл. 18 представлены показатели ВСР в процессе выполнения пробы с ререспирацией у юношей 0-го, 1-го, 2-го и 3-го поколений. Учитывая более высокие значения HF у представителей групп 2-го и 3-го поколения в состоянии покоя (табл. 13), а также более выраженную степень увеличения данного показателя при ререспирации, степень увеличения которого возрастала в ряду от 0-го к 3-му поколению от 94 до 157%, можно говорить об увеличении вклада автономного регуляторного контура в управление кардиоритмом в процессе проживания в северных условиях. В настоящее время мощность спектра высокочастотной составляющей дыхательных волн (HF) связывают с синусовой аритмией, суть которой состоит в обеспечении оптимальной концентрации газов в крови и оптимизации газообмена при дыхании путем сопоставления перфузии с ЧСС (Yasuma, Hayano, 2004; Shamailov, Paton, 2012). Исходя из этого, можно предположить, что столь выраженное увеличение высокочастотного компонента в группе 3-го поколения направлено на повышение скорости газообмена в альвеолах, что свидетельствует о росте эффективности использования кислорода. В целом, проанализировав ответную реактивность показателей

Таблица 18 – Показатели ВСР при ререспирации у мигрантов и уроженцев различных поколений Магаданской области (показатели фона представлены в табл. 13)

Показатель	Поколение			
	0-е	1-е	2-е	3-е
МхDMп, мс	367,0 (297;409)	347,0 (287;514)	365,7 (291;523)	342,3 (281;522)
RMSSD, мс	52,5 (43;66)*	57,9 (39;78)*	60,9 (42;87)*	67,2 (40;76)*
Mo, мс	728,9 (628;849)*	732,4 (678;824)*	774,2 (711;875)*	827,12 (776;920)*
AMo50, мс	29,2 (22;32)*	28,7 (23;33)*	27,7 (21;33)*	25,9 (21;35)*
SI, усл. ед.	50,8 (37;73)	48,3 (32;83)	47,2 (27;80)	52,3 (22;77)
HF, мс ²	1313,5 (757;2607)*	2060,2 (1008;3629)*	2180,3 (1035;3772*)	2336,8 (878;3475)*
LF, мс ²	1003,4 (749;1652)*	1111,5 (548;1673)*	1160 (562;1782)*	1162,3 (822;1557)
VLF, мс ²	413,5 (264;661)*	426,5 (170;748)*	444,2 (205;722)*	548,4 (403;608)*
LF/HF, усл. ед.	0,8 (0,4;1,7)*	0,5 (0,3;0,8)*	0,5 (0,3;0,9)*	0,5 (0,3;1,3)*
IC, усл. ед.	1,4 (0,6;2,3)*	0,7 (0,4;1,3)*	0,7 (0,4;1,2)*	0,7 (0,4;1,7)*

Примечание: Звездочкой обозначены значимые различия показателей фон – ререспирация.

кардиоритма на ререспирацию, путем суммирования в процентах степени ответных реакций без учета знака (снижения или повышения), мы выявили, что для группы 0-го поколения она составила 340%, для юношей 1-го и 2-го поколений – 410 и 423%, а у 3-го поколения – 427% (см. рис. 10).

Значительное возрастание активности парасимпатического звена ВНС, и в частности высокочастотной составляющей ритма сердца (HF), было отмечено у юношей в группе 2-го и 3-го поколения, что является фактором, обеспечивающим оптимальный газообмен при выполнении пробы с ререспирацией, и находит свое подтверждение в более низких величинах ΔCO_2 , ΔO_2 , ΔHbO_2 , что наблюдается на фоне меньшей выраженности реакции со стороны САД, ДАД, ЧСС, которая составила 26% у представителей 2-го поколения и 23% у юношей 3-го поколения, против 33 и 31% у адаптантов 0-го и 1-го поколения соответственно.

Учитывая, что однотипные исследования выполнялись на контингенте уроженцев одинаковых поколений, но жителей различных климатических зон, нами был проведен сопоставительный анализ особенностей функциональных показателей организма жителей приморской (см. табл. 6, 16) и континентальной зон Магаданской области (табл. 19). Однако, учитывая малочисленность уроженцев 3-го поколения в г. Сусуман, мы вынуждены ограничиться сопоставлением данных только по результатам, полученным при изучении 0-го, 1-го и 2-го поколений.

В табл. 19 представлены основные морфофункциональные показатели юношей континентальной зоны МО, при этом значимые различия наблюдаются лишь для соматометрических характеристик в основном при сравнении уроженцев 0-го и 2-го поколения по показателям МТ, ОГК. При сопоставлении соматометрических показателей юношей-уроженцев г. Магадана и г. Сусумана относительно одинаковых поколений установлено, что у сусуманцев 0-го, 1-го и 2-го поколения более низкие значения ДТ и индекса пропорциональности телосложения. Аналогичная тенденция отмечается относительно показателей сердечно-сосудистой системы. Так, мигранты, проживающие в приморской и континентальной зонах, не различаются между собой по САД в отличие от уроженцев 1-го и 2-го поколения г. Сусумана, у которых отмечались более высокие значения этого показателя, а также МОК и ОПСС. По значениям газообмена установлено, что у сусуманцев вне зависимости от поколения отмечаются более низкие показатели ДО, МОД, O_2 и более высокие CO_2 и КИО_2 . Показатели ВСР у юношей Сусумана представлены в табл. 20, из которой следует, что по отношению к мигрантам все основные перестройки ВСР заканчиваются на уровне 1-го поколения. При этом вектор направленности в сторону усиления парасимпатической составляющей от 0-го к последующим поколениям сохраняется, что отражалось в более высоких показателях RMSSD , SDNN , TP , HF для уроженцев 2-го поколения и наблюдалось и у юношей приморской зоны (см. табл. 7). Особенности структуры ВСР юношей континентальной зоны проявлялись в более низких величинах IC и LF/HF , свидетельствующих об оптимальном соотношении автономного и центрального уровней вегетативной регуляции.

В целом, анализируя полученные данные, можно заключить, что направление адаптационных сдвигов системных физиологических реакций имеет ряд различий в зависимости от климатической зоны проживания. Так, в условиях континентального климата МО адаптационные морфофункциональные перестройки в группе урожен-

Таблица 19 – Морфофункциональные показатели уроженцев различных поколений континентальной зоны Магаданской области

Показатель	Обследуемая группа			Уровень значимости различий, p		
	0-е поколение (1)	1-е поколение (2)	2-е поколение (3)	1–2	2–3	1–3
Масса тела, кг	69,6±1,6	67,2±1,5	65,8±1,2*	0,32	0,51	< 0,05
Общее содержание жира, %	12,1±0,8*	11,8±0,3*	12,2±0,7*	0,82	0,72	0,94
Длина тела, см	176,1±1,6*	177,4±0,9*	176,5±1,8*	0,41	0,74	0,96
Окружность грудной клетки, см	91,4±1,1	88,5±0,8*	88,0±1,2*	< 0,05	0,70	< 0,05
ИП, усл. ед.	17,2±2,5*	23,7±2,1*	23,9±2,0*	< 0,05	0,98	< 0,05
ПТ, %	88,1±1,0*	90,2±0,8*	90,7±0,8*	0,22	0,68	< 0,05
САД, мм рт. ст.	131,2±4,0	131,8±2,1*	130,0±1,6*	0,79	0,86	0,58
ДАД, мм рт. ст.	76,3±2,1	77,2±1,7	77,1±1,8*	0,82	0,85	0,49
ЧСС, уд./мин	72,9±3,4*	73,8±2,4*	74,8±3,3	0,85	0,80	0,70
УОК, мл	70,7±2,0	69,7±1,4	69,5±2,1	0,74	0,76	0,55
МОК, мл/мин	5254,2±273,6	5193,8±120,3	5203,7±151,5	0,99	0,85	0,81
ОПСС, мл ² ·с·см ⁻⁵	1602,4±87,4	1589,4±38,9*	1560,2±53,0*	0,62	0,78	0,60
ДО, мин	596,7±45,8*	567,9±24,5*	529,1±25,4*	0,62	0,32	0,28
ЧД, цикл / мин	16,6±1,1*	17,2±0,8*	17,0±0,8*	0,91	0,72	0,98
МОД, л	9,0±0,4*	8,9±0,4*	8,6±0,3*	0,62	0,40	0,25
ДК, усл. ед.	0,76±0,1*	0,74±0,1*	0,75±0,1*	0,25	1,00	0,64
ПО ₂ , мл/мин	345,6±16,4	350,9±10,2*	343,0±10,3*	0,85	0,32	0,98
СО ₂ в выдыхаемом воздухе, %	3,81±0,1*	3,92±0,1*	4,00±0,1*	0,62	0,26	0,10
О ₂ в выдыхаемом воздухе, %	16,0±0,1*	16,1 ±0,1*	16,2 ±0,1*	0,62	0,20	0,72
Энергозатраты в покое, ккал/мин	1,73±0,1*	1,81±0,1*	1,72±0,1*	0,80	0,31	0,24
КИО ₂ , мл/л	39,7±1,0*	40,1±0,7*	39,1±0,8*	0,76	0,34	0,25

Примечание: Звездочкой обозначены значимые различия между испытуемыми континентальной и приморской зон проживания.

цев 1-го поколения относительно мигрантов идут более стремительно, чем у юншей приморской зоны, у которых эти процессы продолжаются включительно до 3-го поколения, в то время как у сусуманцев различий между 1-м и 2-м поколением ни по одному из всех изучаемых показателей не наблюдалось. При этом более низкие значения дыхательного коэффициента в группе сусуманцев свидетельствуют о более высоком темпе формирования «северного» типа метаболизма, при котором организм переходит на качественно новый уровень гомеостаза, отличающийся большим использованием на энергетические нужды жиров и белков, чем углеводов, что, по мнению В. И. Хаснулина (1998), в определенной степени связано с выраженностью экстремальных факторов Севера. Отметим, что борьба организма против холодовой гипоксии на органном и тканевом уровнях может иметь некоторые особенности. Так, у жителей приморской зоны они в большей степени достигаются путем повышения легочной вентиляции, а у жителей внутриконтинентальной зоны идут за счет интенсификации газообмена, снижения хемочувствительности дыхательного центра

Таблица 20 – Показатели кардиоритма у юношей континентальной зоны – мигрантов и уроженцев различных поколений МО

Показатель	Обследуемая группа			Уровень значимости различий, p	
	0-е поколение (1)	1-е поколение (2)	2-е поколение (3)	1–2	1–3
МхDMп, мс	315,2 (247;450)	352,0 (290;421)	359,4 (325;420)	< 0,05	< 0,01
RMSSD, мс	50,3 (48;51)*	57,1 (37;68)*	56,8 (43;72)*	< 0,05	< 0,05
Mo, мс	748,9 (690;775)*	775,8 (677;880)*	821,1 (723;875)	0,23	< 0,05
AMo50, мс	30,5 (29;38)*	30,3 (25;35)	29,7 (26;34)	0,45	0,69
SI, усл. ед.	70,2 (46;85)	47,2 (36;73)	53,6 (44;67)	< 0,01	< 0,05
HF, мс ²	1057,4 (1012;1212)*	1562,1 (518;1795)*	1478,2 (844;2460)*	< 0,001	< 0,001
LF, мс ²	876,2 (640;1790)*	1259,9 (759;1665)	1153,1 (761;1931)	< 0,001	< 0,01
VLF, мс ²	490,4 (199;730)	453,2 (240;538)*	515,5 (355;796)*	0,56	0,45
IC, усл. ед.	1,9 (1,5;2,6)*	1,4 (1,1;2,2)*	1,3 (0,8;2,5)*	< 0,05	< 0,01

Примечание: Звездочкой обозначены значимые различия между испытуемыми континентальной и приморской зон проживания.

к углекислоте и повышения эффективности механизмов утилизации кислорода. Характер наблюдаемых изменений у лиц континентальной зоны свидетельствует о том, что снижение вентиляторных характеристик газообмена на фоне выраженного напряжения в деятельности сердечно-сосудистой системы компенсируется у них более чем на 20% повышением КИО₂ на фоне активизации парасимпатического звена в регуляции кардиоритма.

Отметим, что такая перестройка регуляции дыхания и кровообращения является важным механизмом, удерживающим гомеостаз на оптимальном уровне при адаптации в условиях Севера. Данная стратегия может рассматриваться как некоторый инвариант адаптации, при котором у лиц, находящихся в континентальной зоне Северо-Востока с более выраженными экстремальными факторами, относительно приморской, большинство систем организма вынуждены быстрее перестраиваться к неблагоприятным условиям окружающей среды, но при значимо большей степени напряжения своих функциональных систем. Таким образом, можно говорить о некотором адаптивном рывке, когда при максимально выраженном дискомфортном окружении организм вынужден за более короткое время максимально задействовать свои физиологические резервы, что хорошо проявляется в морфофункциональных перестройках у сусуманцев между 0-м и 1-м поколением в сравнении с динамикой аналогичных показателей у магаданцев включительно по 3-е поколение.

ВЫВОДЫ

1. Установлено, что у аборигенов и урженцев Магаданской области в пределах 1–3-го поколений к окончанию периода юношеского онтогенеза заканчиваются ростовые процессы в отличие от сверстников других субъектов РФ, а длина тела достигает своих наибольших значений. При этом возрастная динамика показателей физического развития характеризуется продолжающейся акселерацией, астенизацией и дистармонизацией соматотипа. Типизация обследуемых лиц из числа европеоидов – уроженцев различных поколений, проведенная на основе соматометрических и морфофункциональных характеристик, показала, что нормостенический и астенический типы телосложения в сумме достигают 80%, для которых в абсолютном большинстве свойственен гипокинетический и эукинетический характер гемодинамики, однако вектор изменений показателей артериального давления в изучаемом возрастном диапазоне позволяет говорить о раннем формировании предгипертензионных состояний.

2. Сравнительный анализ морфофункциональных показателей между аборигенами и укорененными европеоидами Северо-Востока по результатам однотипных исследований в 2005 и 2015 г. показал их значительное сближение, что подтверждается и ретроспективной оценкой ранее проводимых исследований, при этом юноши-аборигены Северо-Востока России всё в большей степени отдаляются от классического «арктического адаптивного соматотипа», и по телосложению и морфофункциональному статусу, фенотипически приближаясь к укорененным европеоидам, уроженцам современных поколений северян, что позволяет говорить о формировании среди молодой популяции уроженцев Севера новых региональных морфометрических характеристик и функциональных норм-реакции организма на комплексное воздействие экосоциальных факторов окружающей среды на фоне конвергентного типа адаптации. Разработаны центильные соматометрические оценочные таблицы для молодых европеоидов призывного возраста – постоянных жителей Магаданской области.

3. Установлено, что юноши континентальной зоны Магаданской области в отличие от сверстников, но жителей побережья (приморская зона) имеют статистически меньшие соматометрические характеристики тела и характеристики легочной вентиляции при увеличенном потреблении кислорода. При этом в одинаковые климатические сезоны (осенний период) особенности у магаданцев приморской зоны проявляются в повышении уровня систолического и диастолического артериального давления, общего периферического сопротивления сосудов и снижении ударного объема крови, а у юношей континентальной зоны – в большей интенсификации метаболических процессов, повышении коэффициента использования кислорода при возрастающих энергетических затратах организма.

4. Установлено, что уровни содержания глюкозы как у европеоидов, так и у аборигенов – студентов вузов Магаданской области, находившихся на верхних границах нормы в диапазоне 5,38–5,49 ммоль/л, при этом в возрастном аспекте 17–21 год динамика изменений уровня глюкозы с высокой точностью описывается разработанной нами регрессионной зависимостью типа $y = 0,0293x + 5,3348$, где y – уровень глюкозы, ммоль/л; x – возраст в годах.

5. Анализ показателей функциональной активности ферментативной функции поджелудочной железы выявил отсутствие инсулинорезистентности и гиперинсулинемии в изучаемых этнических группах, исходя из чего установлено, что наиболее значительными факторами, определяющими уровень глюкозы крови у молодых жителей Севера, является несбалансированный рацион питания, проявляющийся повышенной долей моно- и дисахаридов, при этом такие характеристики углеводного обмена в большей степени были выражены в группе юношей-аборигенов, что проявляется более высокими показателями гликозилированного гемоглобина, а также превышением потребления моно- и дисахаридов в рационе питания на 108% от нормативного значения, что отражает один из аспектов отхода данной этнической группы от традиционного образа жизни.

6. Установлено, что на основе стандартных по тяжести, интенсивности и продолжительности функциональных проб типа ортостаза или ререспирации возможна не только типизация обследуемых лиц в зависимости от характера вегетативной регуляции и устойчивости кардиореспираторной системы к возмущающему фактору, но и количественное определение в условных единицах степени аллоstaticеской адаптивной нагрузки на организм в зависимости от экстремальности природно-климатических факторов окружающей среды.

7. Впервые при исследовании молодых европеоидов – уроженцев различных поколений Северо-Востока России показано, что процесс адекватных перестроек морфофункциональных показателей относительно мигрантов возрастает с каждым последующим поколением. При этом показано, что для юношей континентальной зоны с более выраженными неблагоприятными природно-климатическими условиями закрепление положительных адаптивных перестроек происходит более интенсивно в течение 1-го поколения и в последующих 2-м и 3-м поколениях значимых изменений в морфофункциональных показателях не происходит, однако у жителей приморской зоны процесс адекватных адаптационных изменений происходит менее интенсивно и не оканчивается 1-м поколением, что указывает на различные структурные модели формирования состояния адаптированности в зависимости как от факторов среды, так и от функциональных резервов обследуемых лиц.

Список научных работ, опубликованных автором по теме диссертации

Статьи в ведущих рецензированных научных изданиях,
рекомендованных ВАК РФ

1. **Суханова И.В.** Особенности адаптации у юношей Магаданской области: морфофункциональные перестройки (Сообщение 1) / И.В. Суханова, А.Л. Максимов, С.И. Вдовенко // *Экология человека*. – 2013. – № 8. – С. 3–10.
2. **Суханова И.В.** Особенности адаптации у юношей Магаданской области: анализ межсистемных связей (Сообщение 2) / И.В. Суханова, А.Л. Максимов, С.И. Вдовенко // *Экология человека*. – 2014. – № 6. – С. 8–16.
3. Maksimov A.L. Dynamics of Seasonal Parameters of External Respiration and Gas Exchange in the Population of Northeast Russia / A.L. Maksimov, **I.V. Sukhanova**, S.I. Vdovenko // *Human Physiology*. – 2015. – V. 41 (7). – P. 789–795.
4. **Averyanova I.V.** Parameters of Cardiac Hemodynamics and Physical Development in Indigenous Inhabitants and Caucasoids of Military Age Born in Different Northeastern Regions of Russia / I.V. Averyanova, A.L. Maksimov // *Human Physiology*. – 2016. – Vol. 42 (2). – P. 169–176.
5. Максимов А.Л. Перестройки variability кардиоритма у лиц с различными исходными типами вегетативной регуляции в процессе ререспирации / А.Л. Максимов, **И.В. Аверьянова** // *Российский физиологический журнал им. И.М. Сеченова*. – 2016. – Т. 102. – № 5. – С. 606–617.
6. **Аверьянова И.В.** Перестройка гемодинамики и морфофункциональных показателей на протяжении 10 лет у юношей Магаданской области / И.В. Аверьянова, А.Л. Максимов // *Экология человека*. – 2016. – № 8. – С. 8–14.
7. **Аверьянова И.В.** Особенности морфофункциональных профилей и межсистемных взаимосвязей у юношей – уроженцев Севера с различным типом вегетативной регуляции / И.В. Аверьянова, А.Л. Максимов // *Экология человека*. – 2016. – № 9. – С. 21–29.
8. Максимов А.Л. Информативность пробы с ререспирацией для оценки устойчивости организма юношей к сочетанному действию гипоксии и гиперкапнии / А.Л. Максимов, **И.В. Аверьянова** // *Российский физиологический журнал им. И.М. Сеченова*. – 2017. – Т. 103. – № 9. – С. 1058–1068.
9. **Аверьянова И.В.** Сезонная динамика основных показателей липидного и углеводного обмена у студентов – аборигенов и европеоидов Северо-Востока России / И.В. Аверьянова, А.Л. Максимов // *Клиническая лабораторная диагностика*. – 2017. – № 3. – С. 140–146.
10. **Аверьянова И.В.** Возрастная динамика характеристик метаболизма липидов и углеводов у юношей Северо-Востока России / И.В. Аверьянова // *Клиническая лабораторная диагностика*. – 2018. – Т. 63. – № 3. – С. 159–163.
11. **Аверьянова И.В.** Липидно-углеводный обмен и структуры питания у коренного и некоренного населения Северо-Востока России / И.В. Аверьянова, А.Л. Максимов // *Клиническая медицина*. – 2018. – № 6. – С. 544–552.
12. **Аверьянова И.В.** Перестройки показателей гемодинамики и кардиоритма в ответ на активную ортостатическую пробу у юношей, проживающих в различных субъектах Дальневосточного региона России / И.В. Аверьянова // *Якутский медицинский журнал*. – 2019. – № 2. – С. 6–10.

13. **Аверьянова И.В.** Особенности перестроек кардиогемодинамики и газообмена в ответ на пробу с ререспирацией у юношей при различных сроках адаптации к условиям Северо-Востока России / И.В. Аверьянова // Экология человека. – 2019. – № 9. – С. 41–50.

14. **Averyanova I.V.** The Dynamics of Gas Analysis Parameters in Young Males of the Magadan Region from Different Generations of Europeoid Migrants and Adaptants / I.V. Averyanova, S.I. Vdovenko // Journal of Evolutionary Biochemistry and Physiology. – 2019. – Vol. 55. – No. 6. – P. 407–413.

15. **Аверьянова И.В.** Особенности возрастной динамики основных соматометрических характеристик физического развития молодых жителей из числа аборигенного населения Северо-Востока России / И.В. Аверьянова // Экология человека. – 2020. – № 7. – С. 21–26.

16. Максимов А.Л. Особенности структуры гемодинамики и вариабельности кардиоритма у юношей-европеоидов при проведении активной ортостатической пробы. Сообщение 1 / А.Л. Максимов, **И.В. Аверьянова** // Экология человека. – 2021. – № 1. – С. 22–31.

17. Максимов А.Л. Изменение показателей гемодинамики, газообмена и вариабельности кардиоритма у юношей-европеоидов в процессе ререспирации. Сообщение 2 / А.Л. Максимов, **И.В. Аверьянова** // Экология человека. – 2021. – № 2. – С. 34–46.

Авторское свидетельство

Свидетельство о регистрации базы данных RU 2017621269 / Вдовенко С.И., **Аверьянова И.В.**: автор. Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Научно-исследовательский центр «Арктика» Дальневосточного отделения Российской академии наук (RU): правообладатель. – 2017621270; заявл. 15.09.2017; зарегистрировано в Реестре 17.11.2017.

Подписано в печать 17.03.2021 г.
Компьютерный набор. Гарнитура Times New Roman. Формат 60 × 90/16.
Бумага офсетная. Усл. печ. л. 2,0.
Тираж 120. Заказ 3.

НИЦ «Арктика» ДВО РАН. 685000, Магадан, пр. Карла Маркса, 24

Отпечатано в ОАО «МАОБТИ». 685000, Магадан, пл. Горького, 9
