

Российская академия наук  
Дальневосточное отделение  
Федеральное государственное бюджетное учреждение науки  
Научно-исследовательский центр «Арктика»

На правах рукописи

**ЛОСКУТОВА АЛЕСЯ НИКОЛАЕВНА**

**ВОЗРАСТНЫЕ И ТИПОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ  
ВАРИАБЕЛЬНОСТИ СЕРДЕЧНОГО РИТМА У АБОРИГЕНОВ  
И УРОЖЕНЦЕВ-ЕВРОПЕОИДОВ МАГАДАНСКОЙ ОБЛАСТИ**

03.03.01 – физиология

Диссертация на соискание ученой степени  
кандидата биологических наук

Научный руководитель:  
чл.-корр. РАН, д.м.н., профессор  
Максимов Аркадий Леонидович

Магадан – 2015

## ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение .....	3
Глава 1. ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ	
1.1. Физиологические основы и методические подходы к анализу вариабельности сердечного ритма .....	7
1.2. Вегетативная регуляция сердечного ритма в подростковом и юношеском возрасте .....	13
1.3. Особенности функционирования сердечно-сосудистой системы у подростков и юношей из различных этнических групп при адаптации к условиям Севера .....	16
1.4. Информативность показателей вариабельности сердечного ритма и гемодинамики при проведении ортостатической пробы.....	21
Глава 2. МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ	
2.1. Характеристика обследуемого контингента и дизайн исследования .....	25
2.2. Оценка вариабельности сердечного ритма и артериального давления в процессе активной ортостатической пробы .....	29
Глава 3. РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ	
3.1. Особенности структуры вариабельности кардиоритма уроженцев Магаданской области в зависимости от исходного типа вегетативной регуляции .....	33
3.2. Возрастные особенности вариабельности сердечного ритма и гемодинамики у европеоидов, уроженцев Магаданской области .....	48
3.3. Изменения вариабельности сердечного ритма у уроженцев-европеоидов в процессе активной ортостатической пробы .....	57
3.4. Возрастные особенности вариабельности сердечного ритма и гемодинамики у аборигенов Магаданской области.....	71
3.5. Изменения вариабельности сердечного ритма у аборигенов в процессе активной ортостатической пробы .....	79
3.6. Сравнительный анализ соматометрических показателей и кардиоритма у аборигенов и уроженцев-европеоидов Магаданской области .....	91
3.7. Влияние активной ортостатической пробы на вариабельность сердечного ритма у аборигенов и уроженцев-европеоидов Магаданской области с различным исходным типом вегетативной регуляции .....	97
3.8. Особенности вариабельности сердечного ритма у уроженцев Магаданской области при оптимальной реактивности вегетативной нервной системы .....	105
Заключение .....	113
Выводы .....	115
Список сокращений .....	116
Список литературы .....	117

## Введение

Интенсивное освоение в 50–60-х годах XX века Северо-Востока России привело к массовому притоку в эти регионы переселенцев-европеоидов (мигрантов) из более комфортных климатогеографических регионов страны. Как отмечается в многочисленных работах, под влиянием новых условий обитания происходили постепенные адаптационно-приспособительные изменения функциональных систем организма (Казначеев, 1980; Диверт и др., 1989; Агаджанян, Петрова, 1996; Кривошеков, Гребнева, 2000; Медведев, 2003; Грибанов, Волокитина, 2006; Маляренко и др., 2009; Рахманов и др., 2010; Гудков и др., 2012; Суханова и др., 2013). Продолжительное проживание мигрантов на освоенных территориях способствовало формированию популяции, состоящей из уроженцев Севера в первом и последующих поколениях из числа европеоидов. А. Л. Максимов (2008) предложил их рассматривать как укорененных жителей Севера, адаптивные изменения которых отличаются от изменений у мигрантов.

Внедрение новых форм трудовой деятельности и экономических преобразований повлияло на традиционный уклад жизни коренных малочисленных народов Севера (аборигенов). Такие перемены способствовали изменению их адаптационных качеств и защитных действий гомеостатических систем, что на современном этапе определяет необходимость изучения физиологических механизмов адаптации как уроженцев-европеоидов, так и аборигенных этносов, для которых климатические условия северных регионов могут считаться адекватными (Козлов, Вершубская, 1999; Хаснулин и др., 2009; Уварова и др., 2009; Учакина и др., 2009; Манчук, Надточий, 2010; Сороко и др., 2012; Агаджанян, Макарова, 2014).

Наиболее уязвимой группой являются дети и подростки в критические периоды развития, когда происходит формирование индивидуально-типологических особенностей организма. В силу незавершенности морфофункционального развития и незрелости регуляторных механизмов под влиянием условий Севера, в совокупности с возрастающими школьными нагрузками происходит выраженное напряжение и интенсивное использование адаптационных резервов организма (Быков, Исаев, 2001; Галеев и др., 2002; Казин и др., 2008; Шарапов и др., 2014; Calcar, Christensen, 2010).

Выявление закономерностей развития и особенностей деятельности функциональных систем в разные возрастные периоды весьма актуально и необходимо для решения проблем охраны здоровья подрастающего поколения (Безруких и др., 2003; Федотова, 2005; Панкова, 2009). Одним из признаков успешной адаптации ребенка является состояние баланса вегетативной регуляции организма, отражающего уровень его здоровья (Баевский, Берсенева, 1997; Malik, Samm, 1994; Routledge et al., 2010). При этом у подавляющего

большинства детей уже в дошкольном и младшем школьном возрасте обнаруживается вегетативная лабильность, а также избыточное функционирование симпатического или парасимпатического отдела вегетативной нервной системы (Шлык, 1991; Кушнир, 2000; Шайхелисламова и др., 2012; Sherwood, Turner, 1995; Silvetti et al., 2001).

В области экологической физиологии человека показано, что параметры variability сердечного ритма (ВСР) позволяют оценивать как текущее состояние здоровья человека, так и его резервные возможности (Баевский и др., 1999–2013; Шлык, 1991, 2009; Рябыкина, Соболев, 1996; Мачерет и др., 2000; Чухнин, Амиров, 2008; Самсонова, 2010). Состояние активности регуляторных звеньев вегетативной нервной системы определяет адаптационные возможности организма. Оптимальный уровень функционирования систем может быть сохранен только при отсутствии напряжения регуляторных систем организма. Это определяет необходимость выявления количественных различий в показателях ВСР.

В работе Р. М. Баевского и соавт. (2001a) отмечается, что нормативы характеристик кардиоритма следует разрабатывать применительно к каждой микропопуляции людей в зависимости от возраста, пола, уровня физической активности, географического положения и других факторов.

**Цель исследования** – изучить возрастные особенности вегетативной регуляции variability сердечного ритма в покое и при активной ортостатической пробе у аборигенов и уроженцев-европеоидов Магаданской области.

**Задачи исследования:**

1. Обосновать необходимость предварительной оценки исходного типа вегетативной регуляции при изучении variability сердечного ритма в состоянии покоя у уроженцев Северо-Востока России.
2. Определить возрастные периоды значимых изменений variability сердечного ритма в состоянии относительного покоя и активной ортостатической пробы (АОП) у аборигенов и уроженцев-европеоидов Магаданской области в зависимости от исходного типа вегетативной регуляции.
3. Провести сравнительный анализ изменений показателей кардиогемодинамики у аборигенов и уроженцев-европеоидов Магаданской области в зависимости от исходного типа вегетативной регуляции.
4. Установить процентильные диапазоны показателей кардиоритма при активной ортостатической пробе для индивидуальной оценки вегетативной реактивности симпатического и парасимпатического отдела вегетативной нервной системы.

**Научная новизна.** Впервые на территории Магаданской области у аборигенов и укорененных европеоидов в возрасте от 13 до 17 лет изучены особенности показателей variability сердечного ритма в зависимости от исходного типа вегетативной регуляции.

Установленные на основе активной ортостатической пробы процентильные диапазоны показателей variability сердечного ритма позволяют характеризовать степень реактивности вегетативной нервной системы. Вегетативный ответ при активной ортостатической пробе указывает, что в зависимости от исходного типа вегетативной регуляции поддержание оптимального уровня обеспечения регуляции кардиоритма у аборигенов и европеоидов происходит за счет различного уровня активации звеньев вегетативной нервной системы. Это отражается в статистических и спектральных показателях variability сердечного ритма, особенностях реактивности вегетативной нервной системы и позволяет выявлять лиц с различными функциональными резервами.

**Теоретическая и практическая значимость работы.** Полученные данные уточняют и дополняют знания о вегетативной регуляции кардиоритма у жителей Севера-Востока России с учетом этнических, возрастных и типологических особенностей организма. Результаты исследования могут служить основой для разработки региональных физиологических показателей нормы-реакции variability сердечного ритма, определения на их основе уровня адаптированности организма аборигенов и европеоидов к условиям окружающей среды. Установленные в состоянии покоя и при активной ортостатической пробе процентильные диапазоны значений показателей ВСР являются ориентирами для определения функциональных состояний организма на донологическом уровне, а также могут быть использованы в качестве дополнительных критериев оценки здоровья при диспансеризации подростков и юношей – уроженцев Севера-Востока России.

**Основные положения, выносимые на защиту:**

1. Исходный тип вегетативной регуляции связан с особенностями изменения возрастной структуры variability сердечного ритма у аборигенов и уроженцев-европеоидов Магаданской области.

2. В состоянии покоя у обследованных лиц при симпатотонии показатели variability сердечного ритма зависят от возраста и не зависят от этнических различий, а при ваготонии и нормотонии они определяются как этническими, так и возрастными функциональными изменениями.

3. Этнические особенности variability сердечного ритма наиболее ярко проявляются в процессе активной ортостатической пробы и связаны как с исходным типом вегетативной нервной системы, так и с различным уровнем функциональных резервов системы кардиогемодинамики.

**Апробация результатов.** Материалы исследования представлены на VII Сибирском съезде физиологов (Красноярск, 2012); XXII съезде Физиологического общества им. И. П. Павлова (Волгоград, 2013), Всероссийской научной конференции «Чтения памяти академика К. В. Симакова» (Магадан, 2013).

По материалам исследования опубликовано 10 научных работ, из них – 4 статьи в рецензируемых журналах ВАК РФ и 6 тезисов докладов на всероссийских и международных конференциях.

**Личное участие автора.** Организация и проведение исследований, анализ и обработка полученных данных с интерпретацией результатов.

**Легитимность исследования** подтверждена решением Регионального этического комитета при СВНЦ ДВО РАН (протокол № 003/013, 2013 г.).

**Объем и структура работы.** Диссертация изложена на 137 страницах, состоит из введения, трех глав (обзор литературы, материалы и методы исследования, результаты исследования и их обсуждение). Работа содержит 32 таблицы и 20 рисунков. Список цитируемой литературы включает 247 источников (197 – отечественных и 50 – зарубежных).

## Глава 1. ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

### 1.1. Физиологические основы и методические подходы к анализу variability сердечного ритма

Одно из ведущих мест в регуляции ритма сердца занимает вегетативная нервная система, отделы которой подчинены высшим вегетативным центрам (Федоров, 2001; Ноздрачев и др., 2005; Покровский, 2007; Critchley et al., 2003). Анализ регуляторных процессов, определяющих структуру кардиоритма, в основном опирается на двухконтурную модель, предложенную В. В. Париным и Р. М. Баевским (Математические..., 1968). В основе концепции авторами заложены положения биологической кибернетики (Парин, Баевский, 1966) и теории функциональных систем (Анохин, 1970). Регуляция сердечного ритма рассматривается через два взаимосвязанных контура: автономного и центрального с прямой и обратной связью. При этом центральный контур представляет собой сложнейшую многоуровневую систему, которая включает в себя многочисленные звенья от подкорковых центров продолговатого мозга до гипоталамо-гипофизного уровня вегетативной регуляции и коры головного мозга. Первый уровень центрального контура отражает взаимодействие организма с внешней средой. К нему относится центральная нервная система, включая корковые механизмы регуляции. Второй уровень осуществляет межсистемный гомеостаз. Третий уровень обеспечивает внутрисистемный гомеостаз, в частности, кардиореспираторной системы. Ведущую роль для поддержания и обеспечения этого уровня играют подкорковые нервные центры, куда входит вазомоторный центр. Рабочими структурами автономного контура регуляции являются: синусовый узел, блуждающие нервы и их ядра в продолговатом мозгу (парасимпатическая регуляция). Дыхательная система рассматривается как элемент обратной связи в автономном контуре регуляции сердечного ритма. Прямая связь между «контурами» осуществляется через нервные и гуморальные связи, а обратная – афферентной импульсацией с барорецепторов сердца и сосудов, хеморецепторов и обширных рецепторных зон различных органов и тканей (Баевский, 1979).

Нелинейность функционирования и наличие обратных связей входят в число главных причин изменчивости сердечного ритма. Еще одна причина – сложная организация передачи импульсов деполяризации от источника сердечного ритма до сократительного миокарда. Непрерывные изменения длительности от начала цикла одного сердечного сокращения до начала другого обозначают изменчивость (variability) частоты сердцебиений, которая имеет некоторую детерминированность для каждого человека (Макаров, 1998; Баевский и др., 2001a; Хаяутин, Лукошкова, 2002; Шлык и др., 2009).

Анализ variability сердечного ритма основан на распознавании и изменении временных интервалов между R–R-интервалами электрокардиограммы, так как R-зубец легко выделяем из ЭКГ-сигнала с дальнейшим построением динамических рядов кардиоинтервалов и их последующим преобразованием различными математическими методами. Вариативность значений длительности R–R-интервалов позволяет проводить анализ активности симпатического и парасимпатического звена регуляции вегетативной нервной системы, отражать количественные характеристики физических реакций при изменении функционального состояния организма. При анализе ВСР речь идет о синусовой аритмии, которая отражает сложные процессы взаимодействия различных контуров регуляции сердечного ритма (Нидеккер, Федоров, 1993; Васенко и др., 1999; Баевский и др., 2001a; Котельников и др., 2002; Гаврилова, 2014; Schwartz, Priori, 1990).

Исследования и прогностическое применение ВСР начали активно развиваться в СССР с 1960-х годов, прежде всего в космической медицине и клинической практике, в высокогорных экспедициях, у полярников и жителей Крайнего Севера (Парин, Баевский, 1966; Миррахимов и др., 1983; Айдаралиев, Максимов, 1988; Жемайтите, 1989).

В Западной Европе и США применение анализа ВСР начали изучать позже, чем в России, но уже в 1996 году группа экспертов Европейского кардиологического общества и Северо-Американского общества электрофизиологии разработала рекомендации стандартизированной процедуры измерения, математической обработки, физиологической интерпретации и клинического использования показателей кардиоритма (Heart..., 1996). Их российским аналогом можно считать методические рекомендации «Современное состояние исследований по variability сердечного ритма в России» и «Анализ variability сердечного ритма при использовании различных электрокардиографических систем» коллектива авторов под председательством проф. Р. М. Баевского (1999; 2001a).

В настоящее время анализ ВСР широко применяется во многих областях физиологии и клинической медицине для оценки функционального состояния системы кардиогемодинамики и организма в целом и является методом неспецифической (донозологической) диагностики. Однако в интерпретации его некоторых показателей до сих пор нет единого мнения, несмотря на то, что физиологическая трактовка ряда статистических и спектрально-волновых характеристик более или менее однозначна в большинстве публикаций.

Согласно мнению различных исследователей, показатели SDNN, RMSSD, pNN50 отражают активность парасимпатического отдела, а показатели SI, AMo – симпатического (Баевский и др., 1984; Каплан, 1999; Hull et al., 1994). Отмечается, что снижение SDNN до 50 мс является неблагоприятным признаком функционирования сердечно-сосудистой системы и напряжения регуляторных систем. Также в отечественной литературе для оценки состояния

организма широко используется индекс напряжения (SI), изменения которого происходят не только при любых стрессорных воздействиях, но и в состоянии покоя. Этот показатель чрезвычайно чувствителен к усилению тонуса симпатической нервной системы и при физиологическом оптимуме у здоровых людей колеблется в пределах 80–150 усл. ед. (Баевский и др., 2001а).

В настоящее время, благодаря широкому применению в медико-биологических исследованиях методов Фурье-анализа и его производных Вайлет-анализа, стало возможным определять тонкие перестройки периодических составляющих кардиоритма и оценивать их удельный вес в спектре частот. При сохранении стационарности в коротких записях принято выделять три главных спектральных компонента суммарной мощности спектра: высоких (HF), низких (LF) и очень низких (VLF) частот, отражающихся на спектрограмме в виде волновых пиков (Михайлов, 2000; Витязев, 2001; Lotric et al., 2000). Тонические (колебательные) составляющие сердечного ритма имеют нейрогенную природу, о чем свидетельствует их отсутствие у пациентов с трансплантированным сердцем (Sands et al., 1989).

Механизмы образования высокочастотной составляющей (HF – High frequency) связывают с актом дыхания и вагусной активностью (Richter, Spyer, 1990; AlAni et al., 1996; Saboul et al., 2012). Доказательством этого положения может служить исчезновение дыхательной модуляции сердечного ритма после назначения блокаторов м-холинорецепторов (Akselrod et al., 1981; Rimoldi et al., 1990). Установлено, что эфферентным звеном в этом случае является блуждающий нерв, и при непрерывной стимуляции его латентный период составляет около 200 мс. Колебания активности парасимпатической системы порождают изменения сердечного ритма с частотой 0,15–0,40 Гц (Михайлов, 2000). Более того, в эксперименте на собаках при термотахипноэ в работе В. М. Покровского (2007) было показано, что перерезка или холодовая блокада блуждающих нервов прекращает сердечно-дыхательный синхронизм. При этом у собак сохраняется частота сердечных сокращений и дыхания, но они не являются синхронными. В этой работе также даны минимальные и максимальные границы сердечно-дыхательного синхронизма, где у детей от первого детства до подросткового возраста ширина диапазона синхронизации изменяется незначительно. В юношеском возрасте наблюдается выраженное уменьшение диапазона, продолжающееся в последующие возрастные периоды. Как отмечают Ф. Ю. Фомин и А. Б. Шубин (2008), это связано с высокой частотой дыхания у детей младшего школьного возраста, что приводит к смещению мощности спектра высокочастотной составляющей кардиоритма, рекомендуемой международным стандартом для взрослых.

В случае стимуляции сердечных симпатических нервов частота сердечных сокращений начинает повышаться и стабилизируется через 30–60 с. После прекращения стимуляции эффект

постепенно исчезает и ритм возвращается к контрольному уровню, а волны, формирующие периодику, считаются медленными (низкочастотными) – LF (Low frequency) (Михайлов, 2000). На современном этапе продолжаются дискуссии о происхождении данной спектральной составляющей кардиоритма. Наиболее распространенной точкой зрения происхождения этих LF-волн является следствие генерализованных вспышек симпатической вазомоторной активности подкоркового сосудистого центра (Lombardi et al., 1990; Saul et al., 1990; Malliani et al., 1991; Malpas, 2002). Косвенным подтверждением существования центрального происхождения низкочастотных волн может служить независимость variability сердечного ритма от артериального давления у больных с сердечной недостаточностью и имплантированным устройством вспомогательного кровообращения (Cooley et al., 1998). В ряде работ указывается возможность парасимпатической природы модуляции формирования LF-составляющей кардиоритма либо регуляции двумя звеньями вегетативной нервной системы (Щербатых, 1999; Cevese et al., 1995, 2001; Veerappan et al., 2000).

Исследование добровольцев показало неодинаковую чувствительность высокочастотных (HF) и низкочастотных (LF) составляющих спектра на периодические дыхательные возмущения, где переходная зона влияния данных контуров находится в области 0,125 Гц (Киселев и др., 2005). Большое значение при изучении спектральных составляющих спектра играет поза обследуемого (Banskota Nepal, Paudel, 2012). У новорожденных детей границу между HF- и LF-диапазонами определяют как частоту 0,3 Гц (Нароган, 2007). Одной из гипотез, доказывающих присутствие парасимпатических влияний в медленных волнах, может являться выброс крови из сердца и пульсация сосудов в зависимости от дыхания. На вдохе снижается систолический объем выброса из левого желудочка и увеличивается приток крови к сердцу. Это сопровождается увеличением крови из периферии, где в пульсовом движении крови возникает дополнительная волна – дыхательная. В результате в такт дыханию меняется высота пульсовой волны крови (Михайлов, 2000). Менее изученным участком спектрально-волновой составляющей кардиоритма для 5-минутной записи кардиоинтервалов являются очень низкочастотные колебания – VLF (Very low frequency) в диапазоне 0,04–0,015 Гц. Специальной Комиссией Европейского кардиологического общества и Северо-Американского общества электрофизиологии было отмечено, что физиологическая природа очень медленных волн остается неясной (Heart..., 1996). Однако еще в 1984 году были сделаны предположения о том, что VLF-колебания связаны с активностью надсегментарных (в частности, гипоталамических) центров вегетативной регуляции, которые генерируют медленные ритмы, передающиеся к сердцу через симпатическую нервную систему. При этом низкочастотные колебания LF- и VLF-составляющей спектра характеризуют состояние центрального контура регуляции (Баевский и др., 1984).

Э. М. Кутерман и Н. Б. Хаспекова (1995) на моделях неврологической патологии показали, что амплитуду или относительный вклад VLF можно использовать для оценки церебральной симпатико-адреналовой (эрготропной) активации. Дальнейшие исследования Н. Б. Хаспековой (2003) свидетельствуют о минимальных показателях VLF-составляющей в спектре у здоровых людей. В случае органических опухолей, инсультов, паркинсонизма, связанных с поражением головного мозга, данная составляющая снижается, а у больных психовегетативным синдромом коррелирует с уровнем тревоги.

Увеличение VLF-составляющей кардиоритма наблюдается у больных гипертонической болезнью и инфарктом миокарда (Жемайтите и др., 1999), при тяжелом течении гриппа А(Н1N1) (Ширшов, Говорин, 2011), при ожирении (Волкивская и др., 2012).

В то же время отмечают, что VLF-диапазон может являться чувствительным индикатором метаболических процессов в организме, о чем свидетельствует однотипная суточная динамика с гормоном жировых клеток – лептина (Takabatake et al., 2001). Снижение мощности в VLF-диапазоне может указывать на энергодефицитное состояние организма, а его повышение – о гиперадаптации (Флейшман, 1999). Н. Б. Панковой и соавт. (2009) методом лазерной корреляционной спектроскопии изучен характер метаболизма в группе подростков с различным уровнем физической активности. Было показано, что VLF-составляющая отражает гуморальные влияния, а LF-составляющая кардиоритма у малоподвижных детей указывает на «затянутость» процесса функционального созревания симпатического звена вегетативной регуляции и имеет биохимические основы. Увеличение HF-составляющей кардиоритма связано с катаболической направленностью системного метаболизма и наблюдается при повышенной физической нагрузке.

Как отмечается в работе А. Р. Киселева и соавт. (2005), значение HF-составляющей является прогностическим критерием для оценки адаптационного резерва, тогда как LF-составляющая определяет функциональное состояние в конкретный момент времени. Также LF-составляющую спектра можно характеризовать как «стрессреализующую», по которой можно судить о мобилизации спортивно важных качеств, где «нужна взрывная сила» (Гаврилова, 2014).

В современной литературе нет определенной стандартизации в выборе критерия для количественной оценки исходного тонуса вегетативной регуляции сердечного ритма. В работе О. В. Кузнецовой, В. Д. Сонькина (2009) отмечается, что под исходным вегетативным тонусом «исследователи понимают относительно стабильные характеристики вегетативных показателей в состоянии покоя, которые определяются соотношением тонических влияний симпатического и парасимпатического отделов автономной нервной системы на частоту сердечных сокращений» (С. 94).

Наиболее широкое применение для оценки вегетативного гомеостаза нашел индекс напряжения регуляторных систем (SI), который у лиц с вегетативным равновесием (нормотоники) соответствует 51–199 усл. ед., у лиц с умеренной ваготонией (ваготоники) находится в диапазоне меньше 50 усл. ед. ( $SI < 50$  усл. ед.), у лиц с умеренной симпатотонией (симпатотоники) – более 200 усл. ед. ( $SI > 200$  усл. ед.). Выделяются также выраженная ваготония ( $SI < 15$  усл. ед.) и симпатотония ( $SI > 500$  усл. ед.) (Баевский и др., 1984). Отметим, что во многих публикациях наблюдается различная градация SI для выбора оценки преобладающего тонуса вегетативной регуляции.

Благодаря внедрению спектрального анализа появилась возможность оценивать баланс нейровегетативных влияний на сердце по соотношению амплитуд или площадей высокочастотной (HF) и низкочастотной (LF) составляющих спектра ритма сердца. Одним из таких показателей выступает соотношение LF/HF: значения в диапазоне 0,7–1,1 усл. ед. характеризуют сбалансированное влияние – нормотонию; больше 1,1 – симпатотонию, меньше 0,7 – ваготонию (Баевский и др., 1999). Однако в условиях, когда одна из этих колебательных составляющих отсутствует в спектре или грубо снижается (в случае патологии), измерение вегетативного тонуса по индексу LF/HF становится невозможным или некорректным (Котельников и др., 2002; Galinier et al., 2000).

Н. Б. Хаспекова (2003) предложила способ определения вегетативного тонуса по силе коррелятивного влияния абсолютной мощности каждой из составляющей спектра на показатель общей вариабельности сердечного ритма (СКО-RR), оценивая тем самым роль сегментарного (LF, HF) и надсегментарного (VLF) уровней регуляции. У здоровых лиц коэффициент корреляции VLF с СКО-RR равен 0,4 и ниже. Влияния HF и LF на общую вариабельность кардиоритма уравновешены [ $r = 0,8; 0,7$ ], что позволяет говорить о ненапряженном вегетативном балансе. В случае увеличения силы корреляционных связей VLF с СКО-RR [ $r = 0,65; 0,8$ ] вегетативный тонус оценивают как напряженный вегетативный баланс с участием церебральных эрготропных влияний.

В исследованиях Н. И. Шлык (2009) критериями определения типа вегетативной регуляции сердечного ритма являются такие показатели ВСП, как SI и VLF. В монографии «Сердечный ритм и тип регуляции у детей, подростков и спортсменов» (2009), автор подробно характеризует четыре группы с разной степенью взаимодействия отделов ВНС: в случае умеренного преобладания центральной регуляции сердечного ритма показатель  $SI > 100$  усл. ед. и  $VLF > 240 \text{ мс}^2$  (I группа), а при выраженном преобладании  $SI > 100$  усл. ед. и  $VLF < 240 \text{ мс}^2$  (II группа). Умеренное преобладание автономной регуляции находится в следующем диапазоне:  $25 < SI < 100$  усл. ед. и  $VLF > 240 \text{ мс}^2$  (III группа), при выраженном преобладании соответственно показатель  $SI < 25$  усл. ед. и  $VLF > 500 \text{ мс}^2$  (IV группа).

Подчеркивается индивидуальный подход к анализу ВСР. При этом в предисловии к указанной монографии Р. М. Баевский отмечает, что группы вегетативной регуляции соответствуют общепризнанному делению на симпатотонический, нормотонический и ваготонический тип. Подчеркивается, что нормотонический тип рассматривается в двух вариантах: симпатонормотоническом (I группа) и ваго-нормотоническом (III группа) (С. 8).

Таким образом, показатели ВСР позволяют проводить тонкую дифференцировку преобладающего типа вегетативной регуляции организма и оценивать не только резервные возможности системы кардиогемодинамики, но и состояние здоровья человека, начиная с донозологического уровня до различных стадий дезадаптационных расстройств (включая состояние болезни и патологии). В этом направлении происходит постоянное накопление новых, но порой противоречивых данных, что определяет расширяющийся спектр исследований, проводимых на основе анализа ВСР, по различным направлениям физиологии, экологии человека и клинической медицины.

## **1.2. Вегетативная регуляция сердечного ритма в подростковом и юношеском возрасте**

Подростковый возраст является критическим периодом в процессе онтогенеза, который определяется важнейшим биологическим этапом – половым созреванием. Происходят качественные морфофункциональные преобразования основных физиологических систем и целостного организма, вследствие чего может наблюдаться напряжение адаптационных механизмов и развитие дезадаптационных состояний (Фарбер, Безруких, 2001; Weise et al., 2002). Характерная для этого возраста физиологическая гиперфункция гипоталамуса и гипофиза обеспечивает высокий уровень активности всех желез внутренней секреции и приводит к смене во взаимодействии подкорковых структур и коры головного мозга, необходимых для совершенствования центральных механизмов регуляции (Безруких и др., 2003).

Одним из признаков успешного формирования и развития ребенка является состояние вегетативной регуляции организма (Баевский, Берсенева, 1997). Литературные данные по изучению вариабельности сердечного ритма у подростков достаточно противоречивы. По результатам исследования М. М. Безруких (1989) было показано, что у подростков 13–16 лет возрастные изменения регуляции сердечного ритма характеризуются усилением холинэргических влияний. Следствием этого является постепенная «экономизация» функций сердечно-сосудистой системы, проявляющаяся в уменьшении частоты сердечных сокращений, усилении сократительной мощности миокарда на фоне повышения показателей центральной

гемодинамики и приближения их к дефинитивному уровню. В статье А. Р. Галеева и соавт. (2002) у школьников отмечается повышение тонуса парасимпатического отдела вегетативной нервной системы с 6 до 16 лет. Параметры variability сердечного ритма демонстрируют «волнообразные» изменения в возрастной динамике и отражают регуляторные сдвиги, которые носят адаптивный характер. По мнению авторов, это не позволяет говорить о стабилизации сердечного ритма до 15–16 лет. В работах других исследователей также показано, что оптимальная структура кардиоритма формируется у подростков в 15–16 лет (Гринене и др., 1990; Карпенко, 2011; Goto et al., 1997).

В лонгитудинальных наблюдениях физического и психофизиологического развития учащихся Э. М. Казин и соавт. (2003) определили, что неоптимальный уровень функционирования аппарата кровообращения наблюдается в 13–14 лет, а улучшение психофизиологических характеристик происходит на завершающих этапах пубертатного периода к 15 годам. В работе Л. А. Щеплягиной (2003) аналогично отмечалась наиболее высокая активность симпато-адреналовой системы у мальчиков в 14 лет, после чего происходит уменьшение активности только к 17–18 годам.

Полученные данные Н. Б. Панковой и соавт. (2009) свидетельствуют об относительном отставании функционального развития вегетативной регуляции сердечно-сосудистой системы 13–14-летних подростков, не занимающихся спортом, по сравнению с юными спортсменами. Это отставание компенсируется к 15–16 годам, но достаточный уровень вегетативной активности достигается путем активации центральных регуляторных механизмов, при относительно низком вкладе периферических вагусных и барорефлекторных механизмов.

Симпатические и парасимпатические эфферентные волокна находятся в состоянии непрерывного тонуса. Удовлетворительное поддержание гомеостаза и создание условий для формирования функциональных резервов организма обеспечиваются за счет их динамической сбалансированности (Баевский, Берсенева, 1997; Рябыкина, Соболев, 1996; Coumel, Leenhardt, 1991; De Rosa, 2004; Routledge et al., 2010). При оценке регуляторных механизмов в ходе адаптации к экстремальным условиям окружающей среды и функциональным нагрузкам рядом исследователей была установлена четко выраженная зависимость адаптационных изменений в организме от исходного типа вегетативной регуляции (ваготонии, симпатотонии и нормотонии).

Д. Б. Дёмин и соавт. (2012) при проведении БОС-тренингов (биологически обратная связь) у подростков выявили более высокое фоновое и динамическое значение амплитудно-частотных характеристик спектра электроэнцефалограммы (ЭЭГ) в группе с симпатотонией по отношению к лицам с нормотонией. Увеличение альфа-активности у половины подростков с симпатотонией происходило за счет вспышек в теменно-центрально-лобных областях

головного мозга. При сбалансированном вегетативном тоне более выражена реактивность «функциональных качелей» при биоуправлении, где наблюдалось усиление активности парасимпатического отдела вегетативной регуляции и в некоторых случаях также снижение амплитудно-частотных характеристик ЭЭГ.

Э. М. Казин и соавт. (2008) показали, что у подростков с ваготонией и симпатотонией наблюдалась низкая психосоциальная адаптация с разнонаправленной реакцией нервных процессов. Так, если при ваготонии отмечался невысокий уровень косвенной агрессии и низкий уровень ситуативного стресса на фоне неуравновешенности нервных процессов со сдвигом в сторону торможения, то при симпатотонии происходил сдвиг баланса в сторону возбуждения и агрессивного поведения. У подростков с уравновешенным типом вегетативной регуляции наблюдался высокий уровень ситуативного стресса и стабильное эмоциональное состояние.

Также в исследованиях О. А. Комаровой и соавт. (2012) при анализе корреляционных взаимосвязей отмечалось, что сбалансированный тип регуляции является более совершенным и реализуется за счет звена нервной регуляции без привлечения эндокринных ресурсов. Межсистемные взаимосвязи параметров вегетативно-эндокринной регуляции позволили автору установить, что у подростков с превалированием уравновешенного типа приспособительные реакции осуществляются в выраженном автономном режиме функционирования вегетативно-гормонального комплекса с меньшим вовлечением центральных механизмов. У ваготоников формируется тип функционального метаболического реагирования, сопровождающийся существенным увеличением тесных функциональных связей между психофизиологическими, вегетативными и гормональными системами. Данный вариант корреляционных взаимосвязей автор расценивает как «уход от стресса». У подростков с активностью симпатического звена наблюдаются интенсивное использование кортикостероидных гормонов и рассогласование межсистемных функциональных взаимосвязей.

Рядом авторов было показано, что в школьном возрасте учащиеся с уравновешенным типом вегетативной регуляции сердечного ритма также характеризуются оптимальными значениями индекса функционального напряжения и устойчивостью к различным нагрузкам (Кузмичёв, Лукьянова, 2008; Миндубаева и др., 2011; Кудря, 2011). Умеренное превалирование высокочастотного компонента в спектре у лиц с ваготонией и нормотонией согласуется с положением об адаптационно-трофическом защитном действии блуждающих нервов на сердце. При этом парасимпатические влияния выступают одним из факторов индивидуальной устойчивости здорового организма к действию неблагоприятных факторов и даже эмоционального стресса (Судаков и др., 1995; Игишева и др., 2006). Однако урежение ритма в детском возрасте можно рассматривать как неблагоприятный признак, требующий самого пристального внимания и регулярного динамического наблюдения (Школьникова и др., 2002).

В то же время у спортсменов синусовая брадикардия может отражать значительные функциональные резервы, при оптимальном уровне нейровегетативной регуляции характеризую относительное снижение симпатического тонуса при повышении тонуса блуждающего нерва. При этом увеличение активности симпатического звена вегетативной нервной системы проявляется в снижении variability сердечного ритма. Учитывая это, регуляцию синусового узла с подключением центральных механизмов можно считать физиологической нормой, хотя она поддерживается повышенным напряжением регуляторных механизмов (Земцовский, 1995; Шлык, Сапожникова, 2011; Гаврилова, 2014; Plews et al., 2013).

Таким образом, индивидуально-типологические особенности вегетативной регуляции сердечного ритма являются информативными показателями состояния не только сердечно-сосудистой системы, но и организма в целом, позволяя оценивать текущее состояние и прогнозировать его изменения, включая функциональные резервы.

### **1.3. Особенности функционирования сердечно-сосудистой системы у подростков и юношей из различных этнических групп при адаптации к условиям Севера**

Природно-климатические факторы Севера предъявляют к функциональным системам организма человека повышенные требования (Кривошеков и др., 1995; Неверова, 1998; Маляренко и др., 2009; Рахманов и др., 2010; Гудков и др., 2012; Paschane, 1998; Shea, Smart, 2004). Уже к концу XX века было определено, что у уроженцев Севера акклиматизация заключается не в копировании процессов, характерных для аборигенных жителей, а в формировании новых и зачастую различных адаптационных стратегий (Казначеев, 1980; Медведев, 2003; Агаджанян, Петрова, 1996; Максимов, 2000, 2009). В. И. Хаснулин и П. В. Хаснулин (2012) отмечают, что северный стресс с его «общепатологическими» последствиями рассматривается как присущий Северу «общеорганизменный синдром».

При миграции человека на Север система кровообращения одной из первых включается в реакцию адаптации к новым экологическим условиям. Такой подход закономерен, поскольку система кровообращения является связующим звеном между «управляющими центрами и управляемыми элементами» (Баевский, 1979).

Изменения в функциональном состоянии системы кровообращения у мигрантов в условиях Севера носят фазный характер и зависят от «полярного стажа» (Казначеев, 1980). Полученные данные свидетельствуют о том, что физиологические системы у пришлого (мигрантов) контингента (18–50 лет), прибывшего в условия Севера из более благоприятных климатических регионов России и государств СНГ, достигают состояния относительной

адаптированности к 5 годам проживания, и эта фаза может продолжаться в основном до 15 лет (Максимов, 2006).

Аналогичные особенности были отмечены в работе И. В. Винокуровой (2006) у юношей допризывного возраста (15–16 лет), у которых наблюдалась зависимость соматических и вегетативных параметров от влияния продолжительности проживания в условиях Среднего Приобья. Установлено, что показатели систолического и диастолического артериального давления, пульсового и среднего гемодинамического давления достигают максимального значения у юношей при проживании в регионе более 7 лет. С увеличением северного стажа до 7 лет наблюдается снижение уровня адаптации сердечно-сосудистой системы и возрастает число лиц с симпатическим вегетативным тонусом. При стаже проживания в северных регионах 1–7 лет показатели электрокардиограммы (RR, QRS, QT, QTc) находятся в пределах возрастной нормы.

Исследования у новоселов, приехавших из южных районов России, показали сдвиги в регуляции сердечного ритма в сторону повышения тонуса симпатического отдела ВНС с 1-го по 5-й месяц нахождения их на Севере. В динамике 5-го обследования у новоселов наблюдалось снижение показателя HF (%). При ваготонии отмечалась устойчивая тенденция к повышению по LF, при равновесном типе этот показатель оставался практически неизменным, а при симпатотонии – повышался (Гудков и др., 2012).

Подчеркнем, что к настоящему времени в северных регионах России сформировалась популяция постоянных жителей этих территорий – уроженцев в первом и последующих поколениях из числа европеоидов, которых, исходя из современных антропо-социальных подходов, предложено рассматривать как укорененную популяцию в отличие от аборигенных этносов (Максимов, 2008). Следует отметить, что данные литературы по сравнительному анализу особенностей организма аборигенов и укорененных европеоидов весьма малочисленны, в то время как популяция аборигенов, определяемая как коренные малочисленные народы Севера (КМНС), изучена достаточно хорошо.

Многовековое проживание аборигенов в суровых условиях окружающей среды сформировало «эколого-физиологический портрет» человека с генетически закрепленными антропометрическими и морфофункциональными характеристиками с устойчивыми адаптационными механизмами (Агаджанян, Петрова, 1996). Стремительное заселение территорий Севера и жизнедеятельность мигрантов в северных регионах с внедрением новых форм трудовой деятельности и экономических преобразований повлияли на традиционный уклад жизни аборигенов. Это привело к снижению адаптационных качеств и защитных действий гомеостатических систем организма (биохимических, физиологических, морфологических и иммунологических) аборигенной популяции (Годовых, Годовых, 2006;

Хаснулин и др., 2009; Манчук, Надточий, 2010; Мурашко, 2011). Усиленные миграционные процессы способствовали росту этнических смешанных браков, в результате чего наблюдается увеличение роли наследственных факторов в развитии патологии у малочисленных народов Севера, не свойственных им ранее (Головцев, 2008; Воевода, 2009; Баирова, 2009).

Как отмечает А. Л. Максимов (2000), формируются новые границы нормы реакции физиологических показателей, как для аборигенов, так и для укорененных лиц, где значимую роль приобретают индивидуально-типологические и конституционные характеристики человека, обеспечивающие активацию генофенотипических адаптивных программ. При этом проживание даже в одном регионе, но в населенных пунктах, отличающихся по широте и удаленности от крупных административных центров, может влиять на физиологическое развитие детей, подростков и студентов (Поскотинова и др., 2006; Батршин, 2010; Калужный и др., 2014; Бочаров и др., 2015).

Проведенные на территории Магаданской области исследования показали, что у детей и подростков из числа аборигенных этносов физическое развитие имеет равномерный характер в возрастной динамике в отличие от укорененных европеоидов. У городских школьников более высокий уровень физического развития по сравнению с поселковыми (Гречкина, Карандашева, 2011). В то же время более ранние исследования свидетельствуют о том, что у аборигенов с 1991 по 2005 год произошло снижение показателей адаптационного потенциала системы кровообращения и уровня физического развития организма. В регуляции системы кровообращения наблюдается значительное преобладание активности симпатического отдела ВНС (Соколов и др., 2007). Исследования С. И. Сороко и соавт. (2011, 2012) выявили, что у значительного количества детей и подростков по сравнению со сверстниками из Санкт-Петербурга наблюдаются билатеральная асимметрия скоростей кровотока в артериях основания мозга, реоэнцефалографические признаки сосудистой дистонии и затруднения венозного оттока, а также функциональная задержка в развитии головного мозга. У укорененных подростков-европеоидов обнаружена тенденция к формированию гипокинетического характера кровотока по среднемозговым артериям. При этом скоростные показатели кровотока в магистральных артериях каротидного и вертебрально-базилярного бассейнов головного мозга у эвенов и коряков выше. У значительного количества детей-северян отмечается повышенный тонус сосудов резистивного типа (в сравнении с возрастными нормативами).

Сравнительный анализ данных у подростков, проживающих в г. Сыктывкар и в сельской местности Республики Коми, показал, что сельские мальчики уступают городским не только по антропометрическим характеристикам, но и по показателям кардиореспираторной системы. У сельских мальчиков отмечалась высокая частота сердечных сокращений в покое и инертность регуляции гемодинамики после нагрузки (20 приседаний за 30 с), была снижена переносимость

гипоксемии, наблюдалась гипервентиляция легких при меньших резервах внешнего дыхания и замедлена психомоторика (Бойко и др., 2011). Разница по широте проживания проявляет свое физиологическое влияние на растущий организм подростков 14–15 лет. Так, у подростков (в основном представители национальности коми), проживающих ближе к полюсу ( $65^{\circ}$  с. ш.), выявлено ухудшение регуляторных систем организма по сравнению с жителями юга Республики Коми ( $62^{\circ}$  с. ш.) (Солонин и др., 2012).

Функциональные показатели вариационной пульсометрии уроженцев г. Сургута в возрасте от 7 до 20 лет характеризовались значительной лабильностью. Средние значения индекса напряжения у младших школьников (7–10 лет) свидетельствовали о высокой активности симпатического отдела ВНС, тогда как в динамике с 11 до 19 лет наблюдалась нормотония (Литовченко, Соловьев, 2008). У мальчиков-хантов период напряжения механизмов адаптации выражен только в младшем школьном возрасте, но к 15–17 годам тонус вегетативной нервной системы смещается в сторону парасимпатического отдела (Нифонтова и др., 2007). Отмечается, что при сравнении показателей ВСР у мальчиков-аборигенов первого поколения (дети мигрантов) выявлено усиление симпатических влияний на сердечный ритм относительно 10–16-летних мальчиков лесных хантов (Нифонтова, Говорухина, 2007).

Результаты исследований А. П. Койносова (2009) свидетельствуют, что среди представителей коренного (ненцы, ханты) и пришлого населения, рожденного и проживающего на территории Ханты-Мансийского автономного округа (Югры), адаптационный потенциал характеризуется высокими баллами. Это позволяет говорить о хорошей приспособительной реакции их организма к окружающей среде. При этом наблюдается удовлетворительное состояние вегетативного обеспечения у 66,7 % исследуемых, а напряженность в регуляторных механизмах сердечной деятельности – у 13,5 %. Характерно увеличение влияния симпатического отдела ВНС, когда к 17–18 годам индекс напряжения регуляторных систем достигает максимальных значений. По эхокардиографическим показателям установлено, что размерные и объемные параметры сердца детей коренного населения характеризуются умеренными перестройками, тогда как в группе детей пришлого населения они достигают верхних границ возрастной нормы.

Исследования детей пришлого населения в Ямало-Ненецком автономном округе показали, что северный стаж с рождения и проживание свыше 10 лет (г. Надым) оказывают влияние на формирование факторов риска: дефицита массы тела и повышенного артериального давления (АД). У детей, родившихся в высоких широтах, фактор повышенного АД встречается практически в 3 раза чаще, чем у детей-мигрантов (Токарев, 2008). Также в работе Н. Н. Гребневой и С. Г. Кривошекова (2001) отмечается, что у 60 % обследованных аборигенов (ненцы) в возрасте 13–15 лет, проживающих в этом же автономном округе (п. Самбург),

наблюдалось напряжение регуляторных систем. Среди русских детей-мигрантов еще больший процент подростков находился в стадии напряжения или неудовлетворительной адаптации к условиям среды. Особенно это касалось мальчиков в 80 % случаев, у которых преимущественно преобладали признаки правополушарности.

Н. С. Половодовой и Т. В. Мальцевой (2009) при оценке вегетативного тонуса у детей коренной национальности (ханты, ненцы) и пришлого населения, проживающего с рождения в Ямальском регионе, показано преобладание лиц с активностью симпатического отдела ВНС – 72,5 и 61,3 % соответственно. Баланс парасимпатического и симпатического отделов ВНС выявлен всего в 2,5 и 6,4 % случаев. Различная направленность вегетативного тонуса сказывается на иммунном статусе, где наибольший дисбаланс отмечается среди школьников из числа пришлых европеоидов.

В условиях Крайнего Севера у детей-ненцев артериальное давление имеет существенно более низкие значения, чем у детей-мигрантов. Однако артериальное давление у детей-якутов одинаково с показателями для детей-мигрантов. Высказывается предположение о генетической обусловленности более низкого артериального давления у детей-ненцев, чем у европейцев (Часнык и др., 2005; Уварова и др., 2009).

В Республике Тыва при сравнении детей из тувинской и русской национальностей показаны меньшие значения ЧСС у мальчиков 8–10 лет из числа европеоидов. Однако у обследуемых уже в 11 лет наблюдается противоположная ситуация (Красильникова и др., 2008). У русских школьников в 13–16 лет сохранялся более высокий показатель ЧСС, чем у тувинцев (с. Сарыг-Сеп). При этом у русских школьников чаще были варианты неудовлетворительной адаптации, когда наблюдалось преобладание исходной симпатической активности, а у коренных тувинцев – парасимпатической (Ермошкина и др., 2012).

Определение исходного вегетативного тонуса детей Республики Бурятия показало преобладание ваготонии, которая отмечалась у некоренных жителей (русские) в 43 %, у коренных (буряты) в 36 % случаев, а эйтония была у 24 и 28 % соответственно. При этом исходный вегетативный тонус имеет прямую связь с отягощенной наследственностью сердечно-сосудистых заболеваний по линии матери (Баирова, 2009).

Таким образом, определение физиологических диапазонов региональной нормы-реакции различных систем организма, включая особенности регуляции сердечного ритма и состояния вегетативной нервной системы, является актуальной проблемой в изучении современных тенденций адаптации и экологии человека на Севере.

#### **1.4. Информативность показателей variability сердечного ритма и гемодинамики при проведении ортостатической пробы**

О состоянии надежности и стабильности вегетативной регуляции необходимо судить при воздействии на организм возмущающих факторов, например, различных функциональных нагрузок (Миррахимов и др., 1983; Слободская, 1995; Киселев и др., 2005; Шлык и др., 2009; Дёмин и др., 2012; Панкова, 2013; Tanaka et al., 2002; Davrath et al., 2003; Maximov, Maximova 2004). Одним из высокоинформативных методов определения вегетативного обеспечения является активная ортостатическая проба (от греч. ortos – прямо; statos – неподвижный), переход человека из горизонтального в вертикальное положение. Смена положения тела в пространстве приводит к изменению гидростатического давления в сосудистой системе. Под действием силы тяжести затрудняется возврат крови к сердцу, и в связи с этим уменьшается центральный объем крови. В нижней половине тела депонируется значительное количество крови. Восстановление гидростатического компонента приводит к снижению артериального давления, являясь мощным раздражителем для механорецепторов различных барорефлекторных зон (Вейсс и др., 1986; Михайлов, 2000; Karemaker, Wesseling, 2008). При этом достаточно хорошо изучена роль механорецепторного рефлекса в регуляции кровообращения, которая заключается в минимизации отклонений АД не только при кратковременных воздействиях, но и в долгосрочном режиме (Цырлин, 2013). В то же время в работе Д. Жемайтите (2002) отмечается параллельность изменения характеристик барорефлекса и ВСР, когда у больных с ишемической болезнью сердца в процессе АОП наблюдалось их снижение по сравнению с таковыми у здоровых лиц.

Постоянство АД определяется всей совокупностью нейро-гуморальных влияний со стороны как вегетативной, так и центральной нервной системы. Подчеркнем, что первые секунды ортостаза (переходный период) отличаются нестабильными изменениями тонуса *p.vagus*, влияющего на ЧСС. Однако по истечении 1–2 мин происходит учащение частоты пульса и увеличение периферического сопротивления сосудов, что связывают с усилением секреции катехоламинов и повышением тонуса симпатического отдела вегетативной нервной системы, и лишь затем включается ренин-ангиотензин-альдостероновый механизм (Михайлов, 2000; Strike, Steptoe, 2003).

Такая реакция отмечается в большинстве исследований центральной гемодинамики во время ортостатической нагрузки для здоровых лиц (Zhang et al., 1998; Cooke et al., 1999; Carey et al., 2001). В книге «Вегетативные расстройства: Клиника, диагностика, лечение» под ред. А. М. Вейна (2003) нормальным вегетативным обеспечением в процессе АОП для

здоровых людей считается увеличение ЧСС до 30 уд./мин, кратковременный подъем САД до 20 мм рт. ст. и в меньшей степени диастолического давления.

В работе Н. В. Заболотских (2008) реакция центральной и церебральной гемодинамики во время активного ортостаза у здоровых лиц показала, что у всех испытуемых наблюдается увеличение ЧСС во время максимального снижения линейной скорости кровотока в средней мозговой артерии. В то же время по динамике изменения параметров артериального давления в процессе ортостаза наблюдались два типа реакции: увеличение параметров артериального давления (АД) в начале пробы и их последующее нарастание (1-й тип), а также снижение без возвращения к исходным значениям (2-й тип). Отмечается, что у лиц 1-го типа изменения связаны с явно выраженными симпатoadреналовыми реакциями. Наблюдалось увеличение сердечного выброса и периферического сосудистого сопротивления при максимально выраженном увеличении диастолического АД за счет констрикции периферических сосудов. Второй тип характеризовался увеличением сердечного выброса, большим увеличением систолического АД (гипердинамия кровообращения) и меньшим – диастолического АД (по сравнению с 1-м типом). При таком типе возможен риск развития ортостатической неустойчивости, так как наблюдается отсутствие ауторегулирующей вазодилатации мозговых сосудов с прогрессирующим снижением скоростных характеристик средней мозговой артерии.

В работах других авторов установлено, что у подростков с нормальными значениями АД риск развития артериальной гипертензии связан с более высоким уровнем активности симпатического отдела ВНС в покое и снижением ее реактивности в процессе выполнения ими ортостатической пробы (Подпалов и др., 2006; Fagard et al., 1999).

При ортостатическом тестировании детей, подростков и взрослых была определенная зависимость между возрастом и хронотропной реакцией сердца. В работе В. К. Петровой (2011) при обследовании здоровых детей от 5 до 16 лет было показано, что более выраженное увеличение ЧСС на ортостаз отмечается у подростков 15–16 лет. При этом у них снижение показателя ударного объема крови было больше, чем в младших группах обследования. Со стороны показателя минутного объема кровообращения (МОК) в ответ на ортостаз также отмечается его снижение. Аналогичные изменения гемодинамических показателей наблюдались у учащихся 5–9-х классов при выполнении физкультурно-оздоровительного комплекса упражнений. При этом стресс-индекс у учащихся 5–7-х классов в ортостатическом положении увеличивался, а в старших классах – уменьшался.

С. В. Яхонтов и И. В. Янковская (2006) показали, что в 11–15 лет и 17–21 год существуют различные варианты ортостатической реакции ДАД и ЧСС. Гипертензивный вариант (повышение ДАД), весьма характерный для школьников, практически не встретился в старшей возрастной группе. Для школьников менее характерным являлся вариант

с ортостатическим снижением давления. Основным диапазоном ортостатических изменений ДАД на АОП для группы 11–15 лет составлял до 40 мм рт. ст. С возрастом (17–21 год) наблюдается сдвиг этого диапазона в сторону более низких значений. Как отмечают авторы, у каждого параметра кровотока и напряженности регуляторных систем существует свой диапазон значений, определяемый как «физиологический». Вмешательство системных регуляторных механизмов, характеризующих адекватность перестройки сердечно-сосудистой системы при переходе на новый уровень функционирования при нагрузках, происходит в случае выхода функционального состояния кровеносной системы за пределы диапазона исходных значений параметров, отражающих это состояние.

Обладая достаточными функциональными возможностями, организм на стрессовое воздействие реагирует так называемым «рабочим напряжением регуляторных систем», который в короткий промежуток времени способен к восстановлению (Парин, Баевский, 1966). Как отмечается в работе Р. М. Баевского и соавт. (2001а), при незначительных нагрузках и оптимальном регулировании сердечного ритма происходит увеличение централизации управления, и показатель SI увеличивается в 1,5–2,0 раза. При значительных нагрузках показатель SI вырастает в 5–10 раз. На основании исходных значений SI и особенностей изменения его значений относительно фона ( $SI_2/SI_1$ ) выделяют нормальную, гиперсимпатикотоническую, асимпатикотоническую реактивность (Белоконь, Кубергер, 1987).

Переход из положения «лежа» в положение «стоя» ведет к значительному увеличению мощности низкочастотной составляющей спектра. С возрастом активность вазомоторного центра падает, и у лиц пожилого возраста этот эффект практически отсутствует. Также у них в большей степени наблюдается увеличение мощности медленных волн 2-го порядка (VLF). Это означает, что процесс регуляции АД осуществляется при участии неспецифических механизмов путем активации симпатического отдела вегетативной нервной системы (Баевского и др. 2001а).

По данным В. М. Михайлова (2000), в норме при переходе в вертикальное положение снижается спектральная мощность всех компонентов (VLF, LF, HF). При этом в большей степени снижается мощность высокочастотных компонентов и в меньшей – низкочастотных волн (относительная мощность в нормированных единицах возрастает).

Как отмечают В. М. Хаютин и Е. В. Лукошкова (2002), у здоровых молодых людей ортостатическое изменение положения тела неизменно проявляется регулярными низкочастотными волнами с увеличением их мощности (относительные показатели спектра), являясь нормальной реакцией на функциональную нагрузку, мощность дыхательных волн всегда уменьшается. Аналогичные изменения по низкочастотным составляющим (LF и VLF) были получены В. П. Омельченко и соавт. (2006), но при различной степени изменения

показателя HF (резкое, плавное, умеренное снижение и увеличение). При этом отмечалось, что резкое изменение мощности частотных составляющих спектра свидетельствует об ухудшении качества регуляторных механизмов.

Выполненный А. Н. Шарповым и соавт. (2009) кластерный анализ по показателям HF- и LF-спектра у школьников 7–10 лет позволил выявить три дифференцированные группы. Как отмечается в работе, у детей-симпатотоников при АОП происходит снижение мощности низко- и высокочастотных колебаний (относительные значения), что авторы расценивают как неадекватную реакцию. У детей при сбалансированном типе регуляции с преобладанием парасимпатических влияний наблюдается четко выраженное снижение высокочастотного и увеличение низкочастотных колебаний, и такой вариант реакции указывает на активное включение вазомоторного центра в процесс регуляции сосудистого тонуса.

Особенности ортостатических реакций у «условно здоровых» детей и подростков изучали многие исследователи, но не проводили предварительную типизацию по исходному типу вегетативной регуляции, что зачастую способствовало к получению некорректных данных. На это указывают современные исследования в области анализа ВСР у лиц с учетом индивидуальных типологических особенностей вегетативной регуляции (Шлык и др., 2009; Берсенева и др., 2012; Ботова 2015). Во многих работах подчеркиваются различные количественно-качественные соотношения механизмов вегетативной регуляции сердечного ритма (Эштрекова, Сабанчиева, 2007; Болова и др., 2008; Шумихина и др., 2011; Обухова и др., 2011; Кудря, 2011; Лопатина и др., 2012).

Таким образом, использование АОП позволяет оценить состояние активности регуляторных звеньев вегетативной нервной системы, особенности адаптивных перестроек у человека при воздействии экстремальных факторов окружающей среды и выявлении дизрегуляторных изменений.

## Глава 2. МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

### 2.1. Характеристика обследуемого контингента и дизайн исследования

Проведено обследование учащихся мужского пола общеобразовательных школ Магаданской области с 2005 по 2013 год. Методом случайной выборки обследовано 270 аборигенов и 950 уроженцев-европеоидов Магаданской области в первом–третьем поколении школьного возраста (13–17 лет).

Данные об этнической принадлежности выясняли путем опроса, включая указания на национальную принадлежность предков. Согласно анкетному опросу на момент исследования школьники не имели жалоб, были «условно здоровыми» и посещали уроки физкультуры.

Обследование проводили в первой половине дня на протяжении всей недели обучения. В медицинском кабинете, после предварительного отдыха на кушетке 5–10 мин с использованием аппаратного комплекса «ВК 2.5 Варикард» и программы «Иским-6» (г. Рязань, ООО «Рамена») осуществлялась запись ВСР непрерывно в течение 5 мин в положении обследуемого лежа (фон) и 6 мин – стоя. Период первой минуты переходного процесса АОП исключен. Отметим, что в связи с некоторым психоэмоциональным дискомфортом, вызванным самим процессом обследования, у некоторых школьников (8 чел.) запись ВСР производили повторно в другие учебные дни.

При записи и анализе ВСР руководствовались методическими рекомендациями группы российских экспертов (Баевский и др., 2001a), Европейского кардиологического общества и Северо-Американского общества электрофизиологии (Heart..., 1996). Анализировались следующие показатели вариабельности сердечного ритма: ЧСС, уд./мин – частота сердечных сокращений; Mean, мс – среднее значение длительности кардиоинтервалов; Mx, мс – максимальное значение кардиоинтервалов; Mn, мс – минимальное значение кардиоинтервалов в динамическом ряде значений; MxDMn, мс – разность между максимальным и минимальным значениями кардиоинтервалов; Mo, мс – мода; AMo50, %/50 мс – амплитуда моды при ширине класса 50 мс; SDNN, мс – стандартное отклонение полного массива кардиоинтервалов; RMSSD, мс – квадратный корень суммы разностей последовательного ряда кардиоинтервалов; pNN50, % – число пар кардиоинтервалов с разностью более 50 мс в %, к общему числу кардиоинтервалов в массиве; SI, усл. ед. – стресс-индекс (индекс напряжения регуляторных систем).

Показатели спектрально-волновой составляющей кардиоритма: IS, усл. ед. – индекс централизации; HF,  $\text{мс}^2$  – мощность спектра высокочастотного компонента variability сердечного ритма в диапазоне 0,4–0,15 Гц (период составляет 2,5–6,6 с); LF,  $\text{мс}^2$  – мощность спектра низкочастотного компонента variability сердечного ритма в диапазоне 0,15–0,04 Гц (период составляет 6,6–25,0 с); VLF,  $\text{мс}^2$  – мощность спектра очень низкочастотного компонента variability ритма сердца в диапазоне 0,04–0,015 Гц (период составляет 25–66 с) (Баевский и др., 2001а). Исходя из этих спектральных составляющих кардиоритма, определяли суммарную мощность спектра – TP,  $\text{мс}^2$ .

Отметим, что анализ ультра низкочастотной составляющей ВСР (Ultra Low Frequency – ULF) с частотой выше 0,003 Гц в общей мощности спектра не проводился, так как ее вычисление для коротких записей временных рядов (5 мин и менее) не является корректным для методов, использующих Фурье-преобразование (Витязев, 2001; Heart..., 1996).

Комплексный показатель активности регуляторных систем (IARS, балл) характеризует вклад вегетативной регуляции в структуру кардиоритма и косвенно общее состояние резервов организма, позволяет дифференцировать различные степени напряжения по выраженности в баллах от 1 до 10, где условно выделяют три зоны функциональных состояний по системе «светофора». Состояние оптимального напряжения регуляторных систем характеризуется зеленой зоной (IARS = 1–3 балла), а при срыве адаптации с нарушением адаптационных механизмов в саморегуляции – красной (IARS = 8–10 баллов) (Баевский, Берсенева, 1997).

Для определения преобладающего типа вегетативной регуляции сердечного ритма, основываясь на концепции Р. М. Баевского и соавт. (1984), принимали во внимание диапазоны показателей ВСР: SI, AMo50, MxDMn. Из всей совокупности оценки значений этих показателей и определяли исходный тип вегетативной регуляции: с преобладанием парасимпатической активности (ваготония): SI < 50 усл. ед.; AMo50 < 30 %; MxDMn > 300 мс; симпатической активности (симпатотония): SI > 151 усл. ед.; AMo50 > 50 %; MxDMn < 150 мс и вегетативным равновесием звеньев ВНС (нормотония): при SI в диапазоне 51–150 усл. ед.; AMo50 31–49 % и MxDMn 160–290 мс. Также учитывали показатели TP и HF при типизации лиц по исходному типу вегетативной регуляции.

Современные подходы при типизации вегетативного тонуса определяют нормотонический тип как с преобладанием симпатической, так и парасимпатической составляющей. Такие типы ВСР наиболее часто встречаются при сбалансированности вегетативной регуляции и характеризуются оптимальностью адаптационных реакций (Баевский и др., 2013).

Для изучения особенностей возрастной динамики и дальнейшего статистического анализа обследуемые (830 чел.) были разделены на группы согласно их возрасту и исходному

типу вегетативной регуляции (таблица 1). Руководствовались возрастной периодизацией, принятой в 1965 году при Институте возрастной физиологии и физического воспитания Академии педагогических наук РСФСР в Москве, согласно которой школьники соответствовали подростковому (13–16 лет) и юношескому возрасту (17–21 год) (Безруких и др., 2003).

Школьников (65 чел.) со значениями  $SI < 25$  усл. ед. ( $MxDMn > 500$  мс) и  $SI > 350$  усл. ед. ( $MxDMn < 150$ ) исключали из анализа, так как при этих значениях исследователи часто наблюдают донозологические состояния (Баевский и др., 2001).

Таблица 1 – Выборка обследуемых лиц с различным типом вегетативной регуляции

Возраст, лет	Аборигены, n = 255			Европеоиды, n = 510		
	ваготония	нормотония	симпатотония	ваготония	нормотония	симпатотония
13	14	15	19	30	40	29
14	10	17	16	35	59	23
15	22	28	17	40	41	30
16	17	15	17	33	37	25
17	11	16	21	32	37	19
Всего	74	91	90	170	214	126

Регистрировали систолическое (САД, мм рт. ст.) и диастолическое артериальное давление (ДАД, мм рт. ст.). На основании показателей артериального давления (АД) только в положении обследуемого лежа (фон) определяли:

пульсовое давление (ПД, мм рт. ст.) (Колышкин, 1995; Агаджанян и др., 1997):

$$ПД = САД - ДАД, \quad (1)$$

среднее артериальное давление (АД<sub>ср</sub> мм рт. ст.):

$$АД_{ср} = ДАД + 1/3 \times ПД, \quad (2)$$

среднединамическое давление по формуле Хикема (СДД, мм рт. ст.):

$$СДД = ДАД + 0,42 \times ПД, \quad (3)$$

ударный объем сердца (УОС, мл, по Старру) (Гуминский и др., 1990; Колышкин, 1995):

$$УОС = [(101 + 0,5 \times ПД) - 0,6 \times ДАД] - 0,6 \times В, \quad (4)$$

для определения у детей до 15 лет применяли модифицированную формулу Старра:

$$УОС = [(40 + 0,5 \times ПД) - 0,6 \times ДАД] + 3,2 \times В, \quad (5)$$

где В – возраст испытуемого;

минутный объем кровообращения (МОК, л/мин):

$$МОК = УОС \times ЧСС, \quad (6)$$

общее периферическое сопротивление сосудов (ОПСС,  $\text{дин}^2 \cdot \text{с} \cdot \text{см}^{-5}$ ) по формуле Пуайзеля:

$$\text{ОПСС} = \text{СДД} \times 79980 / \text{МОК}, \quad (7)$$

индекс кровообращения (ИК,  $\text{мл/кг, мин}$ ) (Аринчин В. Н., Аринчин А. Н., 1987):

$$\text{ИК} = \text{МОК} / \text{Р}, \quad (8)$$

где Р – длина тела (см).

внешнюю работу миокарда (ВРМ, усл. ед.) (Агаджанян и др., 1997):

$$\text{ВРМ} = (\text{АДср} \times \text{УО}) / 1000 \quad (9)$$

двойное произведение (ДП, усл. ед.) (Кольшкин, 1995):

$$\text{ДП} = \text{ЧСС} \times \text{САД} / 100 \quad (10)$$

С учетом возраста (В), длины (Р) и массы (М) тела, показателя частоты сердечных сокращений (ЧСС) и артериального давления (АД) для каждого обследуемого рассчитывали индекс функциональных изменений (ИФИ, балл) (Баевский и др., 2001б):

$$\text{ИФИ} = 0,011 \times \text{ЧСС} + 0,014 \times \text{САД} + 0,008 \times \text{ДАД} + 0,014 \times \text{В} + 0,009 \times \text{М} - 0,009 \times \text{Р} - 0,27 \quad (11)$$

В соответствии с предложенной классификацией уровней здоровья по значениям ИФИ выделяли следующие группы лиц:

- 1) с удовлетворительной адаптацией – до 2,6 балла;
- 2) с напряжением механизмов адаптации в диапазоне 2,6–3,1 балла;
- 3) с неудовлетворительной адаптацией в диапазоне 3,1–3,5 балла;
- 4) со срывом адаптации – более 3,5 балла.

Аналогичные показатели использовали при оценке соматического (физического) здоровья (УФЗ, усл. ед.) (Кольшкин, 1995):

$$\text{УФЗ} = (700 - 3 \times \text{ЧСС} - 2,5 \times \text{АДср} - 2,7 \times \text{В} + 0,28 \times \text{М}) : (350 - 2,7 \times \text{В} + 0,21 \times \text{Р}), \quad (12)$$

на основе значений для функциональных классов выделяли диапазоны, усл. ед.:

- 1) низкий уровень – 0,375 и менее;
- 2) ниже среднего – 0,376–0,525;
- 3) средний уровень – 0,526–0,675;
- 4) выше среднего – 0,676–0,825;
- 5) высокий – 0,826 и более.

## 2.2. Оценка вариабельности сердечного ритма и артериального давления в процессе активной ортостатической пробы

С учетом того, что о возможностях функциональных резервов кардиогемодинамики наиболее полно можно судить при различных нагрузочных пробах, где одной из достаточно простых и высокоинформативных в обнаружении нарушений со стороны сердечно-сосудистой системы и механизмов ее регуляции служит АОП, мы у всех обследуемых лиц регистрировали показатели ВСР в процессе ее выполнения.

Для выявления типологических особенностей вегетативной реактивности (ВР) у обследуемых была использована методика С. Г. Эштрековой и Л. А. Сабанчиевой (2007), согласно которой был определен интерквартильный диапазон от 3-го до 97-го перцентиля значений разницы ( $\Delta$ ) до и после АОП показателей АМо50 и МхDMn, а также различная их комбинаторика у каждого обследуемого.

На основании величины и направления изменения показателей  $\Delta$ АМо50 и  $\Delta$ МхDMn при АОП устанавливали вегетативную реактивность симпатического и парасимпатического отделов ВНС при выделении следующих состояний:

1. высокая реактивность парасимпатического отдела ВНС или его гиперреактивность при низкой реактивности симпатического отдела или его парадоксальной реакции ( $\Delta$ АМо50 < 25 %,  $\Delta$ МхDMn < 25 %);
2. нормальная реактивность парасимпатического отдела ВНС при низкой реактивности симпатического отдела или его парадоксальной реакции ( $\Delta$ АМо50 < 25 %,  $25 \% \leq \Delta$ МхDMn  $\leq$  75 %);
3. низкая реактивность обоих отделов ВНС или парадоксальные реакции ( $\Delta$ АМо50 < 25 %,  $\Delta$ МхDMn > 75 %);
4. высокая реактивность парасимпатического отдела или его гиперреактивность при нормальной реактивности симпатического отдела ( $25 \% \leq \Delta$ АМо50  $\leq$  75 %,  $\Delta$ МхDMn < 25 %);
5. нормальная реактивность обоих отделов ВНС ( $25 \% \leq \Delta$ АМо50  $\leq$  75 %,  $25 \% \leq \Delta$ МхDMn  $\leq$  75 %);
6. нормальная реактивность симпатического отдела ВНС при низкой реактивности парасимпатического отдела или его парадоксальной реакции ( $25 \% \leq \Delta$ АМо50  $\leq$  75 %,  $\Delta$ МхDMn > 75 %);
7. высокая реактивность обоих отделов ВНС или их гиперреактивность ( $\Delta$ АМо50 > 75 %,  $\Delta$ МхDMn < 25 %);

8. высокая реактивность симпатического отдела или его гиперреактивность при нормальной реактивности парасимпатического отдела ( $\Delta AM_{o50} > 75\%$ ,  $25\% \leq \Delta M_{xDMn} \leq 75\%$ );
9. высокая реактивность симпатического отдела ВНС или его гиперреактивность при низкой реактивности парасимпатического отдела или его парадоксальной реакции ( $\Delta AM_{o50} > 75\%$ ,  $\Delta M_{xDMn} > 75\%$ ).

Согласно методике процентильные диапазоны, значения  $\Delta AM_{o50}$  и  $\Delta M_{xDMn}$ , отнесенные к диапазону 25–75 %, характеризовали нормальную вегетативную реактивность. На парадоксальные реакции отделов ВНС указывали значения  $\Delta AM_{o50}$  в диапазоне от 3-го до 10-го процентиля и значения  $\Delta M_{xDMn}$  в диапазоне от 90-го до 97-го процентиля соответственно. О патологических реакциях симпатического и парасимпатического отделов ВНС свидетельствовали значения  $\Delta AM_{o50}$  и  $\Delta M_{xDMn}$  за пределами 3-го и 97-го процентиля (Эштрекова, Сабанчиева, 2007). С учетом полученных групп вегетативной реактивности авторы выделяли 5 типов вегетативного обеспечения сердечной деятельности:

- 1) низкое вегетативное обеспечение – низкая реактивность симпатического и парасимпатического отделов ВНС или их парадоксальные реакции (3-я группа вегетативной реактивности);
- 2) нормальное равномерное вегетативное обеспечение за счет нормальной реактивности симпатического и парасимпатического отделов ВНС (5-я группа вегетативной реактивности);
- 3) избыточное вегетативное обеспечение – высокая реактивность симпатического и парасимпатического отделов ВНС или их гиперреактивность (7-я группа вегетативной реактивности);
- 4) вегетативное обеспечение преимущественно за счет симпатического отдела ВНС (6-, 8-, 9-я группы вегетативной реактивности);
- 5) вегетативное обеспечение преимущественно за счет парасимпатического отдела ВНС (1-, 2-, 4-я группы вегетативной реактивности).

Изменения показателей АД в процессе ортостатического тестирования определялась согласно методике, описанной в работе «Вегетативные расстройства: Клиника, диагностика, лечение» под ред. А. М. Вейна (2003):

- нормальное вегетативное обеспечение деятельности (нормальная реакция): при вставании – кратковременный подъем САД до 20 мм рт. ст., в меньшей степени диастолического и преходящее увеличение ЧСС до 30 уд./мин. Во время стояния иногда

может падать САД (на 15 мм рт. ст. ниже исходного уровня), ДАД неизменно или несколько поднимается, ЧСС может увеличиваться до 40 уд./мин от исходного уровня.

Варианты реакции при избыточном вегетативном обеспечении:

- увеличение ЧСС во время стояния более чем на 30–40 уд./мин при относительно неизменном АД;
- подъем систолического АД более чем на 20 мм рт. ст. Диастолическое АД также повышается, иногда более значительно, чем систолическое, может падать или оставаться на прежнем уровне;
- самостоятельный подъем только диастолического давления при вставании;
- увеличение частоты сердечных сокращении более чем на 30 уд./мин;
- ощущение прилива крови к голове и потемнение в глазах в момент вставания (С. 74–77).

Недостаточное вегетативное обеспечение наблюдается при преходящем падении систолического АД более чем на 10–15 мм рт. ст. непосредственно после вставания, диастолическое АД может одновременно повышаться или снижаться. Могут возникнуть покачивание и ощущение слабости в момент вставания.

Во время стояния систолическое АД падает более чем на 15–20 мм рт. ст. ниже исходного уровня. Диастолическое остается низким или несколько поднимается – гипотоническое нарушение регуляции, что можно расценивать как нарушение адаптации. Аналогично можно расценивать падение диастолического АД.

Для статистической обработки полученных данных использовали программу «Statistica» v. 6 и методы непараметрической статистики, так как среди всех количественных признаков 75 % не имели нормального распределения (критерий Шапиро-Уилки). Все показатели представлены медианой (Md) и значениями 25-го и 75-го перцентилей.

Несмотря на плановые мониторинговые исследования, выборка сформирована случайным образом. Поэтому для их анализа использовали: критерий Манна-Уитни (U) для сравнения двух независимых групп, критерий Вилкоксона (T) для сравнения двух зависимых переменных, где Z соответствует параметрическому t-критерию Стьюдента при соответствующих анализах, критерий Крускала-Уолиса (H) для определения изменения уровня признака между тремя и более группами. Если полученное эмпирическое значение критерия превышало критическое значение с доверительной вероятностью 95 %, то нулевая гипотеза ( $H_0$ ) об отсутствии различий отвергалась. Различия для всех видов анализа считали статистически значимыми при  $p < 0,05$ .

Для оценки процентного уровня распределения изучаемых показателей в типизированных группах относительно медианы, рассчитанной для выборки в целом, был

применен медианный тест. Степень варибельности значений изучаемых показателей кардиоритма в выделенных группах оценивали по величине дисперсии ( $\sigma^2$ ).

Рассчитывался коэффициент ранговой корреляции Спирмена ( $r_s$ ) с учетом критических значений ( $r_{кр}$ ) и уровня значимости (для  $n = 50$ ,  $r_{кр} = 0,28$ ,  $p = 0,05$ ;  $r_{кр} = 0,36$ ,  $p = 0,01$ ) (Гланц, 1999; Боровиков, 2003).

### Глава 3. РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

#### 3.1. Особенности структуры variability кардиоритма уроженцев

##### Магаданской области в зависимости от исходного типа вегетативной регуляции

Для обоснования дифференциации обследуемых лиц по исходному типу вегетативной регуляции, с учетом работ Р. М. Баевского с соавторами (1999–2013) и Н. И. Шлык (1991, 2009) нами было проведено специальное исследование, в котором приняло участие 390 уроженцев-европеоидов Магаданской области.

В таблице 2 представлены значения ВСР для общей выборки и в типизированных группах. Анализ значений кардиоритма показал, что медианы изучаемых показателей в сформированных группах (группы 1–3) существенно отличаются. Однако при рассмотрении их величин в объединенной выборке (группа 4) видна нивелировка и сдвиг в сторону значений, характерных только для лиц с нормотонией (группа 2).

Таблица 2 – Типизированные и обобщенные показатели кардиоритма из случайной выборки подростков 15–16 лет, уроженцев Магаданской области, Md (25-й; 75-й процентиль)

Изучаемые показатели	Обследуемые группы лиц			4 – общая группа, без учета типа регуляции (n = 390)
	1 группа – ваготония (n = 129)	2 группа – нормотония (n = 167)	3 группа – симпатотония (n = 94)	
Mean, мс	899 (838; 955)	813 (761; 875)	711 (661; 771)	821 (751; 898)
Mx, мс	1094 (1051; 1178)	948 (892; 1015)	809 (753; 863)	975 (876; 1078)
Mn, мс	704 (653; 754)	673 (625; 728)	622 (577; 698)	677 (617; 732)
MxDMn, мс	381 (357; 419)	282 (247; 305)	180 (147; 206)	291 (220; 360)
Mo, мс	902 (826; 979)	816 (764; 879)	712 (651; 764)	818 (738; 904)
AMo50, %/50 мс	27 (24; 30)	38 (34; 43)	59 (52; 69)	37 (29; 47)
SDNN, мс	75 (67; 84)	53 (50; 60)	34 (28; 39)	55 (42; 69)
RMSSD, мс	73 (60; 84)	50 (38; 56)	25 (19; 31)	51 (34; 65)
pNN50, %	48 (40; 59)	29 (18; 40)	4 (1; 10)	31 (12; 46)
SI, усл. ед.	39 (33; 49)	83 (63; 108)	223 (174; 314)	74 (49; 137)
TP, мс <sup>2</sup>	4086 (2876; 5380)	2076 (1404; 3060)	900 (553; 1266)	2154 (1216; 3530)
HF, мс <sup>2</sup>	1877 (1397; 2428)	900 (600; 1270)	350 (179; 436)	960 (506; 1652)
LF, мс <sup>2</sup>	1512 (1044; 1908)	766 (520; 1222)	332 (234; 502)	790 (463; 1309)
VLF, мс <sup>2</sup>	697 (435; 1044)	410 (284; 560)	215 (140; 328)	404 (247; 571)
IC, усл. ед.	1,1 (0,9; 2,0)	1,4 (1,0; 2,0)	2,0 (1,3; 3,1)	1,4 (1,0; 2,1)

Сравнительный анализ показателей ВСР (в положении лежа) у обследованных лиц из общей четвертой группы с данными у подростков и юношей, проживающих в других регионах России, свидетельствует о сопоставимых диапазонах (Калюжный и др., 2011; Кривоногова и др., 2012; Ермошкина и др., 2012).

Однако в нашем исследовании в таблице 2 диапазон значений variability сердечного ритма между 25- и 75-м перцентилями в общей группе 4 увеличивается при резком росте значений дисперсии ( $\sigma^2$ ) даже по отношению к типизированной группе с нормотонией, что указывает на неоднородность группы 4 (таблица 3).

Таблица 3 – Значения дисперсии показателей у нормотоников (2) и в общей группе (4)

Изучаемые показатели	Величина дисперсии		Отношение значений дисперсии группы 4 к группе 2
	2 группа – нормотоники (n = 167)	4 группа – общая группа (n = 390)	
Mean, мс	6074	13066	2,2
Mx, мс	6752	22132	3,3
Mn, мс	5716	9878	1,7
MxDMn, мс	2076	8891	4,3
Mo, мс	7248	14778	2,0
AMo50, %/50 мс	35	281	8,1
SDNN, мс	71	377	5,3
RMSSD, мс	157	508	3,2
pNN50, %	181	392	2,2
SI, усл. ед.	668	11345	17,0
TP, мс <sup>2</sup>	703994	3714114	5,3
HF, мс <sup>2</sup>	204497	767564	3,8
LF, мс <sup>2</sup>	172311	488751	2,8
VLf, мс <sup>2</sup>	68049	145587	2,1
IC, усл. ед.	1,0	2,0	2,0

Подчеркнем, что в группе 4 дисперсия таких интегральных характеристик кардиоритма, как SI и TP, по отношению к типизированным лицам с нормотонией соответственно возрастает в 17 и 5,3 раза, и нет ни одного случая, когда бы увеличение значений было менее 100 %.

С учетом этого мы использовали математический аппарат медианного теста и определили процентное распределение лиц со значениями показателей, находящихся выше или ниже общей медианы (без учета типа вегетативной регуляции) (рисунок 1). Оказалось, что распределение показателей существенно отличается относительно общей медианы у лиц с различным типом вегетативной регуляции.

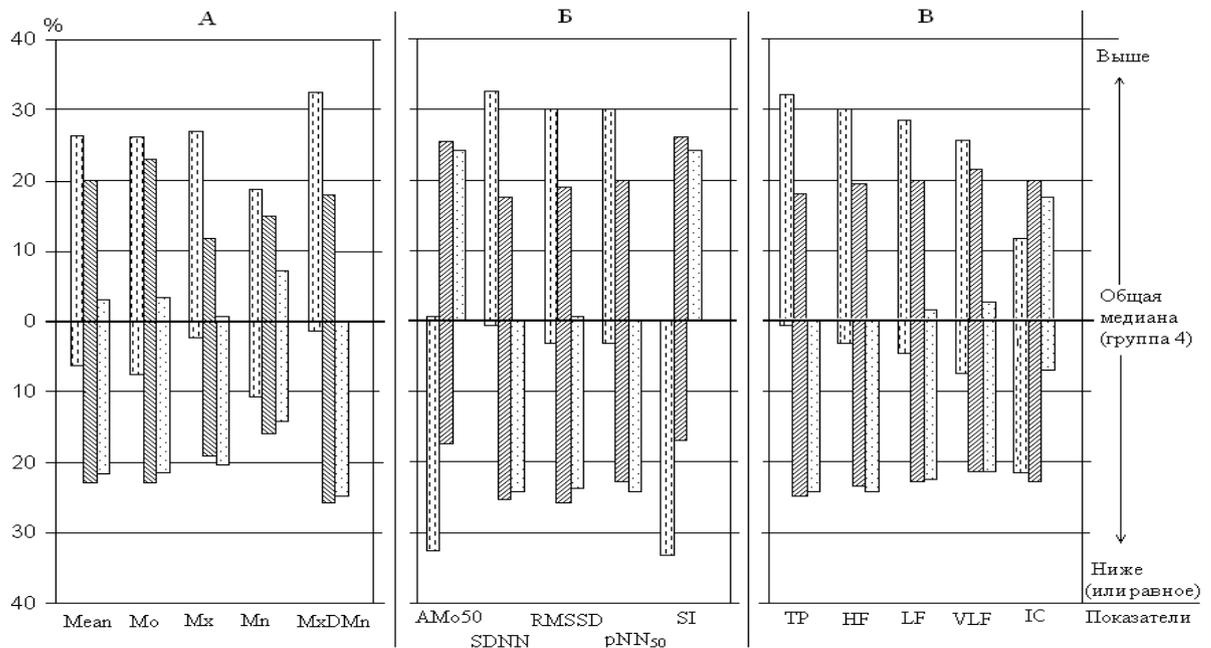


Рисунок 1 – Процентное распределение показателей статистических (А, Б) и спектральных (В) характеристик variability сердечного ритма в типизированных группах (1, 2, 3) по отношению к медиане общей группы (4)

*Примечание.* Первый столбик – данные при ваготонии, второй – при нормотонии, третий – при симпатотонии.

Так, относительно общей медианы у подростков с ваготонией значения существенно выше по 12 показателям: Mean, Mo, Mx, Mn, MxDMn, SDNN, RMSSD, pNN50, TP, HF, LF, VLF, а ниже – по AMo50, SI, IC.

В группе лиц с симпатотонией эти же значения имеют полностью асимметричную картину. При нормотонии выраженная асимметрия распределения показателей кардиоритма относительно медианного уровня отсутствует, что указывает на их значительную вариабельность.

Отметим, что особенности картины процентного распределения показателей ВСР относительно медианы являются информативным признаком, характеризующим группу, объединяющую лиц только с конкретно преобладающим тонусом активности звеньев вегетативной нервной системы. При этом оказалось, что у подростков с ваготонией и симпатотонией суммированное значение процентных составляющих по показателям были во всех случаях более 50 %. Так, уровень значения MxDMn у ваготоников превышал медиану на 33 %, а у симпатотоников был ниже ее на 25 %, что в сумме равнялось 58 % (без учета вектора направления изменений). Расчет среди этих показателей ВСР выявил, что диапазон их суммарных изменений относительно медианы составляет 54–58 %.

Однако при сложении процентных значений по таким показателям, как Mean, Mx, Mn, Mo, IC, LF, VLF, установлено, что их суммарные изменения относительно медианы были равны

или ниже 50 %, указывая на относительно меньшую информативность этих показателей при определении преобладающего уровня вегетативной регуляции.

При этом медиана общей мощности спектра (TP), характеризующего суммарный уровень активности регуляторных систем организма, у лиц с ваготонией выше, чем при нормотонии и тем более при симпатотонии в 1,8 и 4,3 раза соответственно. Известно, что более низкие его значения наблюдаются при сниженных резервах и характерны для лиц, регуляторные механизмы которых находятся в состоянии повышенного напряжения (Ишеков, Мосягин, 2009). Так, активация симпатического звена вегетативной регуляции обычно сопровождается снижением общей мощности спектра, а при усилении парасимпатической составляющей наблюдается обратная реакция (Михайлов, 2000). Полученные нами данные ВСП в типизированных группах обследуемых подростков подтверждают, что наибольший вклад в суммарной мощности спектра ВСП составляют высоко- и низкочастотные колебания (около 80 %). В настоящее время считается установленным, что HF-компонента спектра ритма сердца обусловлена вагусной активностью и связана с актом дыхания (Richter, Spyer, 1990; AlAni et al., 1996). Известно, что умеренная ваготония характерна для лиц с высокими функциональными возможностями и, в частности, для спортсменов. Вместе с тем увеличение активности симпатического звена регуляции сердечного ритма проявляется в повышенном напряжении состояния системы кардиогемодинамики (Баевский, Мотылянская, 1986; Булатецкий, Бяловский, 2001; Викулов и др., 2005; Шлык, 2009; Мальцев и др., 2010).

На основе проведенного анализа результатов медианного теста, позволившего определить информативность показателей ВСП, мы в дальнейшей процедуре обработки полученного материала из всего массива обследуемых лиц (390 чел.) вновь сформировали 3 группы лиц: с ваготонией, нормотонией и симпатотонией (таблица 4).

В каждой группе было одинаковое количество лиц (по 50 чел.), что удовлетворяло статистическим требованиям сравнения равных по численности независимых выборок со значениями, отклоняющимися от нормального распределения. Подчеркнем, что в этом случае в каждую группу попали только те обследуемые, которые по абсолютному большинству показателей кардиоритма были отнесены к строго конкретному типу лиц с определенной активностью вегетативной нервной системы, значения которых по большинству показателей соответствовали диапазону 25- и 75-го перцентилей, указанных в таблице 2.

Учитывая взаимосвязи показателей ВСП и системной гемодинамикой (Шлык, 1991; Астахов и др., 2002; Кузнецова, Сонькин, 2009; Цырлин, 2013; Somes et al., 2001), мы проанализировали их изменения у лиц с различным типом вегетативной регуляции сердечного ритма (таблица 5).

Таблица 4 – Региональные показатели кардиоритма у обследуемых 15–16 лет, уроженцев Магаданской области, с различным типом вегетативной регуляции в состоянии покоя, Md (25-й; 75-й процентиль)

Изучаемые показатели	Обследуемые группы лиц (n = 50)			Статистические критерии и уровень значимости различий между сравниваемыми группами (U, Z, p)		
	1 – ваготоники	2 – нормотоники	3 – симпатотоники	1–2	2–3	1–3
Mean, мс	890 (859; 921)	808 (781; 827)	702 (668; 737)	308; 6,3; 0,001	115; 7,8; 0,001	22; 8,4; 0,001
Mx, мс	1075 (1051; 1102)	947 (911; 972)	784 (757; 832)	59; 7,0; 0,001	18; 7,3; 0,001	0; 8,1; 0,001
Mn, мс	692 (669; 732)	681 (644; 709)	604 (572; 653)	583; 1,8; 0,07	263; 4,8; 0,001	264; 5,9; 0,001
MxDMn, мс	372 (361; 400)	266 (241; 299)	181 (169; 200)	27; 8,4; 0,001	47; 8,2; 0,001	0; 8,6; 0,001
Mo, мс	884 (851; 934)	808 (777; 833)	697 (660; 735)	350; 6,2; 0,001	131; 7,7; 0,001	13; 8,5; 0,001
AMo50, %/50 мс	27 (26; 29)	39 (36; 42)	57 (52; 64)	9,5; 8,6; 0,001	45; 8,3; 0,001	0; 8,6; 0,001
SDNN, мс	75 (70; 80)	50 (47; 57)	34 (30; 38)	27; 8,4; 0,001	51; 8,3; 0,001	0; 8,6; 0,001
RMSSD, мс	73 (61; 81)	48 (40; 54)	26 (20; 29)	133; 7,7; 0,001	94; 7,9; 0,001	0; 8,6; 0,001
pNN50, %	48 (40; 57)	27 (23; 37)	4 (2; 8)	220; 7,1; 0,001	104; 7,8; 0,001	1; 8,6; 0,001
SI, усл. ед.	39 (37; 44)	89 (74; 105)	224 (186; 270)	0; 8,6; 0,001	0; 8,6; 0,001	0; 8,6; 0,001
TP, мс <sup>2</sup>	4770 (4110; 5466)	2392 (2001; 2995)	1125 (902; 1454)	92; 7,9; 0,001	94; 7,9; 0,001	0; 8,6; 0,001
HF, мс <sup>2</sup>	1864 (1459; 2297)	790 (620; 1294)	314 (196; 409)	342; 6,3; 0,001	118; 7,8; 0,001	1; 8,6; 0,001
LF, мс <sup>2</sup>	1569 (1127; 1898)	774 (519; 1045)	332 (251; 502)	314; 6,5; 0,001	376; 6,0; 0,001	64; 8,1; 0,001
VLF, мс <sup>2</sup>	571 (389; 790)	379 (284; 486)	236 (165; 323)	647; 4,2; 0,001	544; 4,9; 0,001	271; 6,7; 0,001
IC, усл. ед.	1,0 (0,9; 1,2)	1,3 (1,0; 2,0)	2,0 (1,4; 3,3)	1196; 0,4; 0,71	726; 3,6; 0,001	663; 4,0; 0,001

Примечание. U – критерий Манна-Уитни; Z соответствует t-критерию Стьюдента для независимых выборок; p – уровень значимости.

Таблица 5 – Показатели гемодинамики у обследуемых 15–16 лет, уроженцев Магаданской области, с различным типом вегетативной регуляции в состоянии покоя, Md (25-й; 75-й процентиль)

Изучаемые показатели	Обследуемые группы лиц (n = 50)			Статистические критерии и уровень значимости различий между сравниваемыми группами (U, Z, p)		
	1 – ваготоники	2 – нормотоники	3 – симпатотоники	1–2	2–3	1–3
ЧСС уд./мин	67 (65; 70)	74 (72; 77)	86 (82; 90)	219; 7,1; 0,001	111; 7,8; 0,001	9; 8,6; 0,001
САД, мм рт. ст.	120 (113; 127)	121 (114; 125)	122 (117; 127)	1198; 0,4; 0,71	1187; 0,3; 0,71	1081; 1,0; 0,32
ДАД, мм рт. ст.	60 (59; 65)	67 (60; 70)	66 (63; 70)	888; 2,5; 0,012	1200; 0,2; 0,86	749; 3,3; 0,001
ПД, мм рт. ст.	59 (51; 64)	54 (50; 58)	56 (49; 60)	1020; 1,6; 0,11	1176; 0,3; 0,73	1046; 1,2; 0,21
АДср, мм рт. ст.	80 (77; 85)	84 (78; 88)	84 (80; 89)	985; 1,8; 0,07	1161; 0,4; 0,65	866; 2,5; 0,011
СДД, мм рт. ст.	85 (82; 90)	88 (84; 92)	89 (86; 94)	1024; 1,6; 0,12	1142; 0,6; 0,56	905; 2,2; 0,03
УОС, мл	83 (77; 86)	77 (74; 82)	77 (73; 82)	878; 2,6; 0,010	1171; 0,4; 0,71	822; 2,8; 0,004
МОК, мл/мин	5553 (5158; 5852)	5734 (5366; 6211)	6570 (6114; 7164)	936; 2,2; 0,03	474; 5,3; 0,001	201; 7,2; 0,001
ОПСС, $\text{дин}^{-2} \cdot \text{с} \cdot \text{см}^{-5}$	1225 (1132; 1323)	1227 (1078; 1351)	1105 (1000; 1247)	1347; 0,4; 0,72	798; 3,8; 0,001	671; 4,6; 0,001
ДП, усл. ед.	81 (76; 86)	91 (83; 95)	104 (100; 112)	529; 4,9; 0,001	358; 6,1; 0,001	103; 7,9; 0,001
ИК, усл. ед.	89 (79; 102)	87 (67; 101)	125 (106; 137)	649; 4,14; 0,001	679; 3,82; 0,001	369; 5,99; 0,001
ВРМ, усл. ед.	6,5 (6,2; 7,1)	6,6 (6,2; 6,9)	6,5 (6,2; 6,9)	1246; 0,02; 0,98	1182; 0,31; 0,76	1222; 0,02; 0,98
ИФИ, балл	1,9 (1,8; 2,0)	2,0 (1,8; 2,1)	2,1 (2,0; 2,4)	1205; 0,13; 0,89	1111; 0,79; 0,42	1176; 0,34; 0,73

*Примечание.* U – критерий Манна-Уитни; Z соответствует t-критерию Стьюдента для независимых выборок; p – уровень значимости.

Так, из таблицы 5 следует, что по показателю САД не отмечалось статистически значимых различий между анализируемыми группами, а показатель ДАД при ваготонии был меньше по отношению к обследуемым с нормо- и симпатотонией. При рассмотрении показателей в группах от ваготонии к нормотонии и симпатотонии можно отметить направленное возрастание у подростков значений минутного объема кровообращения (МОК). Однако если у лиц с ваготонией эти изменения происходят за счет увеличения УОС, то у лиц с нормотонией, и тем более при симпатотонии, изменения наблюдаются за счет ЧСС. Это является неэкономичным для системы кровообращения, снижает эффективность приспособительной реакции организма и связано с тем, что число периодов изометрического напряжения в минуту, не проявляющихся в виде внешней работы, но требующих значительного потребления кислорода, возрастает при увеличении частоты сердечных сокращений (Ванюшин, 1999; Айзман, Будук-оол, 2011).

Показательным негативным моментом, указывающим на снижение функциональных резервов организма при симпатотонии, является увеличение механической деятельности сердца (ДП). О повышенной энергетике сердца свидетельствует увеличение ДП  $\geq 100$  усл. ед. (Баевский, Берсенева, 1997), что было характерно для подростков с симпатотонией. В этой группе обследуемых отмечаются относительно более низкие значения показателя общего периферического сопротивления сосудов (ОПСС) по отношению к группе с ваготонией и нормотонией. Полученные результаты не противоречат известным данным о компенсаторных механизмах между параметрами сердечного выброса и периферическим сопротивлением, где существует обратная зависимость (Бисярина и др., 1986).

В целях определения взаимосвязей анализируемых показателей кардиогемодинамики был проведен корреляционный анализ, который позволил выявить особенности физиологических механизмов, обеспечивающих тот или иной уровень адаптации. Так, между анализируемыми показателями ВСР количество значимых внутрисистемных корреляционных связей у лиц при рассмотрении в ряду от ваготонии до нормотонии и симпатотонии увеличивалось с 39 до 47 и 64 (таблица 6–8). При этом, вне зависимости от преобладающего типа вегетативной регуляции, во всех трех группах наблюдалось 29 одинаковых по своему характеру (прямых и обратных) корреляционных связей между показателями ВСР, что согласно теории функциональной системы может свидетельствовать об определенном количестве специфических «узловых механизмов», составляющих внутреннюю архитектуру (Анохин, 1970). Отметим, что у лиц с ваготонией по показателю  $MxDMn$  наблюдались обратные взаимосвязи с  $M_0$ ,  $Mean$ ,  $Mn$ , тогда как при нормотонии, напротив, отмечалась прямая корреляционная взаимосвязь только с  $Mx$ , при  $p < 0,05$ .

Таблица 6 – Матрицы коэффициентов корреляции Спирмена показателей кардиоритма при ваготонии

Изучаемые показатели	Mo	Mean	Mx	Mn	AMo50	MxDMn	SDNN	RMSSD	pNN50	SI	TP	HF	LF	VLF	IC
Mo	1														
Mean	<b>0,83</b>	1													
Mx	<b>0,48</b>	<b>0,76</b>	1												
Mn	<b>0,63</b>	<b>0,81</b>	<b>0,78</b>	1											
AMo50	0,17	0,09	0,05	0,10	1										
MxDMn	<b>-0,33</b>	<b>-0,34</b>	-0,09	<b>-0,59</b>	0,04	1									
SDNN	-0,08	-0,06	0,09	-0,25	<b>-0,54</b>	<b>0,48</b>	1								
RMSSD	0,03	0,18	0,26	0,26	-0,24	-0,13	0,15	1							
pNN50	0,09	0,17	0,12	0,20	-0,24	-0,18	0,01	<b>0,85</b>	1						
SI	-0,20	-0,21	-0,22	0,05	<b>0,73</b>	<b>-0,32</b>	<b>-0,70</b>	-0,08	-0,05	1					
TP	-0,12	-0,11	0,07	-0,18	<b>-0,57</b>	<b>0,35</b>	<b>0,79</b>	0,21	0,09	<b>-0,66</b>	1				
HF	-0,07	-0,08	0,08	0,13	<b>-0,28</b>	-0,16	0,16	<b>0,71</b>	<b>0,58</b>	-0,03	<b>0,36</b>	1			
LF	-0,13	-0,04	0,02	-0,14	<b>-0,28</b>	0,18	<b>0,38</b>	-0,23	-0,25	<b>-0,37</b>	<b>0,52</b>	-0,11	1		
VLF	0,16	0,13	-0,01	-0,10	-0,27	0,22	<b>0,49</b>	-0,15	-0,09	<b>-0,46</b>	<b>0,42</b>	-0,26	0,22	1	
IC	-0,05	0,02	-0,02	-0,27	-0,12	<b>0,40</b>	<b>0,38</b>	<b>-0,50</b>	<b>-0,49</b>	<b>-0,39</b>	<b>0,29</b>	<b>-0,65</b>	<b>0,66</b>	<b>0,57</b>	1

Примечания: знак «-» – обратная корреляционная связь между показателями; полужирным шрифтом выделены статистически достоверные коэффициенты корреляции Спирмена ( $r_s$ ); полужирным курсивом – корреляционные связи, наблюдаемые во всех типизированных группах; критические значения для группы из 50 человек:  $r_{кр} = 0,28$ ,  $p = 0,05$ ;  $r_{кр} = 0,36$ ,  $p = 0,01$  (Гланц, 1999).

Таблица 7 – Матрицы коэффициентов корреляции Спирмена показателей кардиоритма при нормотонии

Изучаемые показатели	Mo	Mean	Mx	Mn	AMo50	MxDMn	SDNN	RMSSD	pNN50	SI	TP	HF	LF	VLF	IC
Mo	1														
Mean	<b>0,87</b>	1													
Mx	<b>0,66</b>	<b>0,91</b>	1												
Mn	<b>0,52</b>	<b>0,81</b>	<b>0,75</b>	1											
AMo50	0,11	0,04	-0,22	0,03	1										
MxDMn	-0,05	0,00	<b>0,38</b>	-0,04	<b>-0,33</b>	1									
SDNN	0,07	0,04	0,31	-0,19	<b>-0,70</b>	<b>0,62</b>	1								
RMSSD	0,21	0,27	<b>0,33</b>	0,04	<b>-0,44</b>	<b>0,33</b>	<b>0,55</b>	1							
pNN50	0,14	0,18	0,30	0,03	<b>-0,35</b>	0,22	<b>0,38</b>	<b>0,93</b>	1						
SI	-0,26	-0,23	<b>-0,50</b>	-0,02	<b>0,69</b>	<b>-0,70</b>	<b>-0,87</b>	<b>-0,53</b>	<b>-0,36</b>	1					
TP	-0,04	-0,03	0,26	-0,17	<b>-0,63</b>	<b>0,53</b>	<b>0,90</b>	<b>0,61</b>	<b>0,47</b>	<b>-0,75</b>	1				
HF	-0,07	0,01	<b>0,28</b>	-0,05	<b>-0,57</b>	0,23	<b>0,54</b>	<b>0,76</b>	<b>0,73</b>	<b>-0,48</b>	<b>0,65</b>	1			
LF	-0,05	-0,11	0,16	-0,06	<b>-0,43</b>	<b>0,29</b>	<b>0,61</b>	0,12	0,00	<b>-0,51</b>	<b>0,66</b>	0,13	1		
VLF	-0,20	<b>-0,31</b>	-0,27	-0,27	0,14	0,11	0,06	-0,23	-0,26	-0,03	0,12	-0,23	0,22	1	
IC	-0,02	-0,10	-0,10	0,08	0,25	0,05	-0,05	<b>-0,52</b>	<b>-0,57</b>	0,07	-0,09	<b>-0,69</b>	<b>0,49</b>	<b>0,45</b>	1

Примечания: знак «-» – обратная корреляционная связь между показателями; полужирным шрифтом выделены статистически достоверные коэффициенты корреляции Спирмена ( $r_s$ ); полужирным курсивом – корреляционные связи, наблюдаемые во всех типизированных группах; критические значения для группы из 50 человек:  $r_{кр} = 0,28$ ,  $p = 0,05$ ;  $r_{кр} = 0,36$ ,  $p = 0,01$  (Гланц, 1999).

Таблица 8 – Матрицы коэффициентов корреляции Спирмена показателей кардиоритма при симпатотонии

Изучаемые показатели	Mo	Mean	Mx	Mn	AMo50	MxDMn	SDNN	RMSSD	pNN50	SI	TP	HF	LF	VLF	IC
Mo	1														
Mean	<b>0,98</b>	1													
Mx	<b>0,84</b>	<b>0,89</b>	1												
Mn	<b>0,87</b>	<b>0,88</b>	<b>0,87</b>	1											
AMo50	0,13	0,11	-0,01	0,25	1										
MxDMn	-0,16	-0,11	0,07	<b>-0,28</b>	<b>-0,47</b>	1									
SDNN	<b>-0,38</b>	<b>-0,33</b>	-0,15	<b>-0,49</b>	<b>-0,61</b>	<b>0,68</b>	1								
RMSSD	<b>0,51</b>	<b>0,54</b>	<b>0,49</b>	<b>0,37</b>	-0,11	0,04	0,13	1							
pNN50	<b>0,39</b>	<b>0,44</b>	<b>0,40</b>	0,22	-0,05	0,11	0,13	<b>0,86</b>	1						
SI	0,04	0,01	-0,11	0,24	<b>0,73</b>	<b>-0,63</b>	<b>-0,83</b>	<b>-0,34</b>	<b>-0,29</b>	1					
TP	-0,23	-0,21	-0,05	<b>-0,32</b>	<b>-0,52</b>	<b>0,70</b>	<b>0,67</b>	0,00	0,02	<b>-0,57</b>	1				
HF	<b>0,39</b>	<b>0,44</b>	<b>0,47</b>	<b>0,31</b>	<b>-0,35</b>	<b>0,32</b>	0,18	<b>0,60</b>	<b>0,65</b>	<b>-0,32</b>	<b>0,35</b>	1			
LF	-0,21	-0,22	-0,16	<b>-0,36</b>	<b>-0,32</b>	<b>0,59</b>	<b>0,42</b>	-0,23	-0,15	<b>-0,35</b>	<b>0,66</b>	0,12	1		
VLF	<b>-0,42</b>	<b>-0,41</b>	<b>-0,31</b>	<b>-0,43</b>	<b>-0,28</b>	<b>0,29</b>	<b>0,30</b>	-0,20	-0,10	-0,18	<b>0,53</b>	-0,07	0,27	1	
IC	<b>-0,60</b>	<b>-0,63</b>	<b>-0,56</b>	<b>-0,59</b>	0,03	0,09	0,27	<b>-0,59</b>	<b>-0,53</b>	-0,07	0,19	<b>-0,74</b>	<b>0,36</b>	<b>0,44</b>	1

Примечания: знак «-» – обратная корреляционная связь между показателями; полужирным шрифтом выделены статистически достоверные коэффициенты корреляции Спирмена ( $r_s$ ); полужирным курсивом – корреляционные связи, наблюдаемые во всех типизированных группах; критические значения для группы из 50 человек:  $r_{кр} = 0,28$ ,  $p = 0,05$ ;  $r_{кр} = 0,36$ ,  $p = 0,01$  (Гланц, 1999).

Ввиду того, что максимальная составляющая ВСР ( $Mx$ ) более изменчива, чем минимальная ( $Mn$ ), можно предположить большую зависимость поддержания соответствующего функционального состояния у подростков с нормотонией от ситуативной обстановки. Это также отражается у них в обратной корреляционной зависимости  $Mx$  и  $MxDMn$  с показателем  $SI$ ,  $r < 0,01$ . У подростков с симпатотонией наблюдались множественные корреляционные связи с данными показателями, что может свидетельствовать о «жесткости» механизмов регуляции сердечного ритма при уменьшении степеней свободы. При этом сила корреляционного участия спектральных составляющих в суммарном уровне активности регуляторных систем (ТР) у обследуемых групп различна. В группе лиц с нормотонией наблюдалась уравновешенность симпатических [LF,  $r_s = 0,66$ ] и парасимпатических механизмов [HF,  $r_s = 0,65$ ] регуляции вегетативного тонуса при минимальном участии VLF [ $r_s = 0,12$ ]. В группе симпатотоников в общей мощности спектра преобладали корреляционные связи с низкочастотными составляющими кардиоритма LF и VLF, что подтверждается преобладанием влияния церебральных и симпатических влияний на сердечный ритм. При ваготонии анализируемые составляющие спектра имеют одинаковую силу влияния в суммарной мощности спектра, что может указывать на высокую активность всех механизмов сегментарного и надсегментарного уровня. Это также отражалось у них в обратной корреляционной связи показателей  $SI$  с LF и VLF, тогда как у лиц с нормотонией и симпатотонией он взаимосвязан с HF и LF.

В то же время степень зависимости показателей структуры кардиоритма в исходном состоянии фона с показателями гемодинамики указывает на увеличение числа значимых межсистемных корреляционных связей при рассмотрении лиц в ряду от ваготонии до симпатотонии (таблица 9–11), которые отражены при построении плеяд (рисунок 2). Во всех анализируемых группах наблюдалось максимальное количество прямых корреляционных связей с показателем ОПСС и обратных с МОК [ $0,28 < r_s < 0,6$ ]. При этом у симпатотоников сила корреляционных связей показателей  $Mo$ ,  $Mean$ ,  $Mx$ ,  $Mn$  с ОПСС была слабой [ $r_s < 0,3$ ] по отношению к другим рассматриваемым группам. Наблюдались обратные связи показателей  $Mo$ ,  $Mean$  с ДАД, АДср, СДД, тогда как у подростков с ваготонией эти показатели имели прямые связи с САД, ПД, АДср, СДД. Такие особенности свидетельствуют о том, что поддержание оптимального функционального состояния приводит к различному взаимодействию кардиогемодинамических составляющих системы.

Состояние динамического равновесия симпатического и парасимпатического звена ВНС находится в прямой корреляционной зависимости от амплитуды изменения показателей артериального давления, что отражено во взаимосвязи ПД с  $MxDMn$  и обратной с  $Mo$ ,  $Mean$ .

Таблица 9 – Матрицы коэффициентов корреляции Спирмена показателей кардиогемодинамики при ваготонии

Изучаемые показатели	Mo	Mean	Mx	Mn	AMo50	MxDMn	SDNN	RMSSD	pNN50	SI	TP	HF	LF	VLF	IC
САД	<b>0,49</b>	<b>0,36</b>	0,19	0,24	0,17	-0,19	-0,08	-0,20	-0,10	-0,06	-0,14	-0,23	0,01	0,05	0,11
ДАД	0,25	0,12	0,02	0,04	0,00	-0,05	0,03	-0,24	-0,18	-0,14	-0,08	-0,08	0,02	0,00	0,07
ПД	<b>0,38</b>	<b>0,35</b>	0,16	0,23	0,16	-0,17	-0,03	-0,06	-0,02	0,00	-0,11	-0,24	-0,08	0,07	0,06
АДср	<b>0,39</b>	0,23	0,12	0,15	0,09	-0,12	-0,06	-0,24	-0,13	-0,10	-0,12	-0,15	0,00	0,01	0,07
СДД	<b>0,42</b>	0,26	0,14	0,17	0,11	-0,14	-0,06	-0,26	-0,14	-0,09	-0,13	-0,17	0,00	0,03	0,08
УОС	0,11	0,17	0,09	0,13	0,16	-0,10	-0,06	0,00	-0,02	0,13	-0,04	-0,17	-0,09	0,07	0,02
МОК	<b>-0,34</b>	<b>-0,39</b>	<b>-0,38</b>	<b>-0,37</b>	0,08	0,07	-0,06	-0,13	-0,11	0,21	-0,03	-0,16	-0,07	0,00	0,04
ОПСС	<b>0,50</b>	<b>0,43</b>	<b>0,31</b>	<b>0,32</b>	0,00	-0,11	0,02	-0,08	-0,01	-0,22	-0,07	-0,04	-0,01	0,04	0,02
ВРМ	<b>0,42</b>	<b>0,39</b>	0,19	0,26	0,17	-0,18	-0,07	-0,16	-0,10	0,00	-0,16	<b>-0,30</b>	-0,08	0,06	0,11
ДП	0,00	-0,22	-0,22	-0,22	0,00	0,02	0,08	-0,25	-0,18	-0,02	0,02	-0,12	0,12	0,00	0,13
ИК	<b>-0,28</b>	<b>-0,36</b>	<b>-0,42</b>	<b>-0,38</b>	0,00	0,14	0,11	0,03	0,04	0,14	-0,02	-0,06	-0,01	0,08	0,14

*Примечания:* здесь и в таблицах 10, 11 знак «-» – обратная корреляционная связь между показателями; полужирным шрифтом выделены статистически достоверные коэффициенты корреляции; полужирным курсивом – корреляционные связи, наблюдаемые во всех типизированных группах и используемые при построении корреляционных плеяд (рис. 2); критические значения для группы из 50 человек:  $r_{кр} = 0,28$ ,  $p = 0,05$ ;  $r_{кр} = 0,36$ ,  $p = 0,01$  (Гланц, 1999).

Таблица 10 – Матрицы коэффициентов корреляции Спирмена показателей кардиогемодинамики при нормотонии

Изучаемые показатели	Mo	Mean	Mx	Mn	AMo50	MxDMn	SDNN	RMSSD	pNN50	SI	TP	HF	LF	VLF	IC
САД	-0,10	-0,16	-0,05	<b>-0,35</b>	0,08	0,11	0,01	-0,11	-0,05	-0,09	0,02	-0,01	0,06	0,13	0,03
ДАД	0,13	0,11	0,01	-0,12	0,04	-0,16	-0,05	-0,17	-0,18	0,02	-0,08	-0,09	-0,05	0,02	0,00
ПД	<b>-0,28</b>	<b>-0,30</b>	-0,03	-0,23	-0,01	<b>0,31</b>	0,09	0,05	0,14	-0,17	0,11	0,09	0,10	0,05	0,01
Адср	0,07	0,05	0,02	-0,21	0,06	-0,04	-0,01	-0,16	-0,17	-0,03	-0,04	-0,07	-0,01	0,03	0,01
СДД	0,05	0,02	0,00	-0,24	0,08	-0,03	-0,01	-0,17	-0,17	-0,03	-0,04	-0,06	0,01	0,04	0,03
УОС	-0,25	-0,25	0,03	0,09	-0,05	0,25	0,04	-0,01	0,03	-0,07	0,02	0,02	0,15	-0,01	0,14
МОК	<b>-0,57</b>	<b>-0,58</b>	<b>-0,38</b>	<b>-0,29</b>	-0,02	0,20	-0,01	-0,10	-0,03	0,07	0,02	0,01	0,13	0,09	0,13
ОПСС	<b>0,43</b>	<b>0,43</b>	<b>0,32</b>	<b>0,34</b>	0,07	-0,19	-0,05	-0,04	-0,06	-0,03	-0,08	-0,09	-0,10	-0,06	-0,06
ВРМ	-0,16	-0,15	0,01	-0,12	-0,03	0,20	0,04	-0,10	-0,08	-0,12	-0,01	-0,06	0,13	0,06	0,09
ДП	<b>-0,49</b>	<b>-0,55</b>	<b>-0,39</b>	<b>-0,56</b>	0,09	0,08	-0,08	-0,22	-0,12	0,11	-0,02	-0,01	0,03	0,13	0,03
ИК	-0,17	-0,20	-0,12	-0,25	0,08	0,18	0,09	-0,03	-0,06	-0,09	0,05	0,01	0,04	0,14	0,13

Таблица 11 – Матрицы коэффициентов корреляции Спирмена показателей кардиогемодинамики при симпатотонии

Изучаемые показатели	Mo	Mean	Mx	Mn	AMo50	MxDMn	SDNN	RMSSD	pNN50	SI	TP	HF	LF	VLF	IC
САД	-0,14	-0,20	-0,27	-0,24	-0,09	0,17	0,20	0,09	0,02	-0,10	0,26	0,09	0,25	0,13	0,07
ДАД	<b>-0,28</b>	<b>-0,30</b>	-0,19	-0,25	-0,10	0,16	0,16	0,02	-0,03	-0,10	0,08	-0,03	-0,01	0,03	0,00
ПД	0,05	0,02	-0,11	0,00	-0,04	-0,02	0,05	0,10	0,03	0,01	0,12	0,16	0,16	0,04	-0,02
Адср	-0,25	<b>-0,30</b>	-0,22	-0,26	-0,12	0,21	0,22	0,06	0,00	-0,12	0,16	0,04	0,08	0,04	0,00
СДД	-0,24	<b>-0,29</b>	-0,23	-0,26	-0,14	0,22	0,24	0,08	0,02	-0,14	0,19	0,07	0,12	0,06	-0,01
УОС	0,19	0,19	0,09	0,21	0,02	-0,16	-0,06	0,10	0,09	0,06	0,00	0,16	0,08	-0,03	-0,09
МОК	<b>-0,44</b>	<b>-0,45</b>	<b>-0,49</b>	<b>-0,38</b>	-0,05	-0,04	0,07	<b>-0,31</b>	-0,25	0,12	0,14	-0,11	<b>0,29</b>	<b>0,28</b>	<b>0,29</b>
ОПСС	<b>0,28</b>	<b>0,29</b>	<b>0,30</b>	<b>0,28</b>	0,01	0,10	0,02	<b>0,29</b>	0,19	-0,13	-0,04	0,09	-0,16	-0,21	-0,24
ВРМ	-0,03	-0,08	-0,20	-0,11	-0,06	0,04	0,12	0,07	0,00	-0,04	0,14	0,10	0,19	0,06	0,03
ДП	<b>-0,73</b>	<b>-0,79</b>	<b>-0,77</b>	<b>-0,73</b>	-0,19	0,19	<b>0,28</b>	<b>-0,37</b>	<b>-0,35</b>	-0,01	<b>0,31</b>	-0,20	<b>0,31</b>	<b>0,38</b>	<b>0,43</b>
ИК	-0,26	-0,20	-0,23	-0,25	-0,25	0,06	0,13	-0,05	0,01	-0,16	0,22	0,15	0,10	0,20	0,03

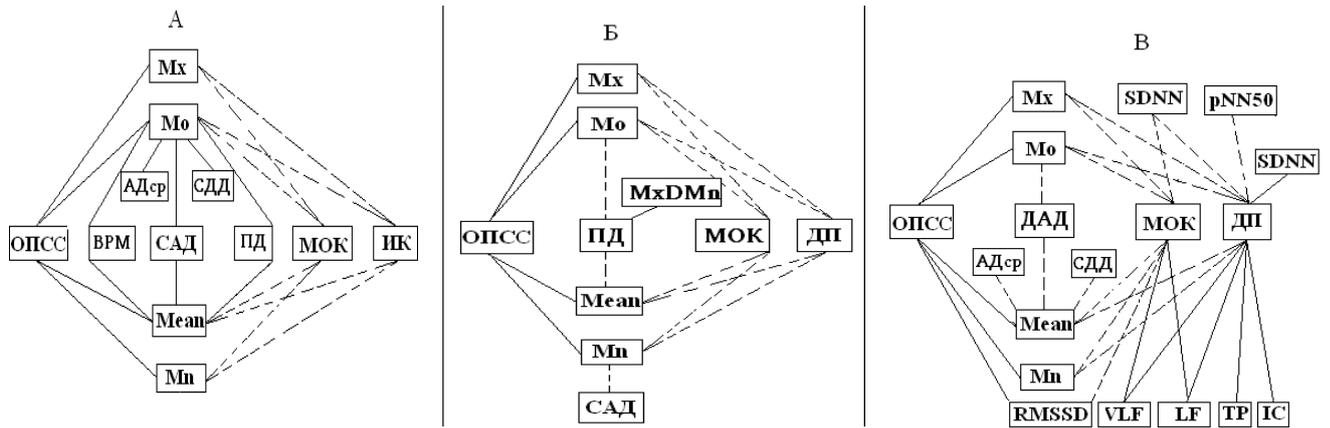


Рисунок 2 – Структура статистически значимых корреляционных связей показателей кардиогемодинамики при ваготонии (А), нормотонии (Б) и симпатотонии (В)

*Примечание.* Сплошная линия – прямая корреляционная связь, пунктирная – обратная корреляционная связь,  $p < 0,05$ .

Компенсаторные механизмы системы кровообращения направлены на уменьшение энергетики сердца, где у лиц с ваготонией об этом свидетельствуют обратные связи показателей Mo, Mean, Mx, Mn с индексом кровообращения (ИК), а при нормотонии и симпатотонии – с показателем двойного произведения (ДП). При этом только у симпатотоников влияние центрального контура регуляции на систему кардиогемодинамики отражалось в прямых корреляционных связях показателя МОК с LF, VLF и IC,  $p < 0,01$ . Аналогичные корреляционные связи показателей ВСР наблюдались с ДП, что еще раз подчеркивает повышенные метаболические потребности организма при преобладании симпатических и церебральных влияний на сердечный ритм. В то же время обратные корреляционные связи показателей RMSSD и pNN50 с ДП свидетельствуют об обратном эффекте, что может говорить о положительном влиянии увеличения роли парасимпатической активности ВНС. Это, в частности, находит свое подтверждение в методике биологической обратной связи (БОС), когда у подростков с симпатотонией при повышении резервов парасимпатической регуляции наблюдалась оптимизация функциональной активности мозга и повышение устойчивости подкорковых структур регуляции (Дёмин и др., 2012).

Таким образом, обязательным методическим условием при популяционных исследованиях ВСР человека должна быть его предварительная индивидуальная типизация, направленная на определение преобладающего типа вегетативной регуляции. Весь комплекс проведенных исследований по изучению показателей кардиоритма у молодых лиц Магаданской области позволяет считать, что наиболее информативными могут выступать не столько такие из них, как его минимальные и максимальные значения R-R-интервалов, медиана и мода, а следующие статистические и спектрально-волновые характеристики: MxDMn, SDNN, RMSSD, pNN50, AМо50, SI, TP, HF. Перечисленные математические показатели сердечного ритма,

определяемые в состоянии относительного покоя, не только являются минимально достаточными для точного определения преобладающего индивидуального типа вегетативной нервной регуляции, но и позволяют в определенной степени прогностически оценить функциональные и адаптационные возможности организма. По всей видимости, в процессе формирующегося конвергентного типа адаптации, особенности которого были описаны в работе А. Л. Максимова (2009), у северян из числа уроженцев-европеоидов оптимальным является нормотонический либо умеренно парасимпатический уровень реакции организма, характеризующийся показателями ВСР в пределах установленных диапазонов, представленных в таблице 4.

Однако даже в состоянии относительного покоя напряжение регуляторных систем может быть высоким, способствуя истощению функциональных резервов. В таком случае наблюдается неоптимальная регуляция с активацией высших уровней и повышенного тонуса симпатического отдела вегетативной нервной системы (Антипова и др., 2009; Чуюн и др., 2009; Шлык, 2009; Алферова, Осин, 2011). Практически это всегда отмечается при воздействии на человека неблагоприятных факторов окружающей среды, связанных с процессами адаптации организма к различным природно-климатическим и экстремальным условиям (Винокурова, 2006; Агаджанян и др., 2007; Максимов, 2008; Григорян и др., 2010).

Со стороны гемодинамических показателей у лиц с увеличением роли влияния симпатического звена на формирование структуры сердечного ритма происходит увеличение МОК и ДП с противоположными особенностями со стороны показателей УОС и ОПСС. Проведенный корреляционный анализ свидетельствует об увеличении внутри- и межсистемных корреляционных взаимосвязей при усилении влияния симпатического звена вегетативной регуляции на сердечный ритм. Происходит усложнение структурированности в плеяде, что может указывать на увеличение самоорганизации системы (Сорокин и др., 1996; Булатецкий, 2008; Maximov, Maximova, 2004). Согласно общей теории функциональных систем (Анохин, 1970), под системой можно понимать множество компонентов, направленных на получение нового конечного полезного результата. Отмечается, что функциональная система всегда гетерогенна и состоит из определенного количества ключевых элементов, каждый из которых занимает собственное место. В нашем случае в типизированных группах наблюдается 29 одинаковых корреляционных связей, которые могут свидетельствовать о детерминированных компенсаторных механизмах регуляции симпатического и парасимпатического звена ВНС. Формирующиеся в организме при воздействии на него факторов окружающей среды множественные внутри- и межсистемные корреляционные связи осуществляются за счет мобилизации и расходования функциональных резервов, что отмечается в большей мере у подростков с симпатотонией.

### 3.2. Возрастные особенности variability сердечного ритма и гемодинамики у европеоидов, уроженцев Магаданской области

Для оценки уровня адаптации подростков и юношей из числа укорененных жителей Севера были определены значения интегральных показателей функционального состояния организма. Так, у обследованных в возрасте 13–17 лет показатель уровня физического здоровья (УФЗ) находился в пределах 0,642–0,797 усл. ед. Индекс функциональных изменений (ИФИ) не превышал 2,6 балла, что свидетельствует о среднем и выше среднего уровне их развития (Колышкин, 1995; Чумаков и др., 2004).

Среди подростков и юношей из числа укорененных жителей Магаданской области, согласно критериям оценки, указанным в разделе 2.1, состояние ваготонии определялось в 33 %, нормотонии – в 42 % и симпатотонии – в 25 % случаев из числа всей выборки (510 чел.).

Как следует из таблицы 12, у обследуемых с преобладанием парасимпатического звена вегетативной регуляции были самые высокие показатели моды ( $M_0$ ), стандартного отклонения полного массива кардиоинтервалов (SDNN), квадратного корня суммы разностей последовательного ряда кардиоинтервалов (RMSSD), числа пар кардиоинтервалов с разностью более 50 мс (pNN50) и разности значений кардиоинтервалов ( $M \times DM_n$ ) по отношению к подросткам с нормотонией и симпатотонией,  $p < 0,05$ . Общая мощность спектра (TP) снижалась с активацией симпатического звена ВНС. Это хорошо проявляется во всех возрастных группах у подростков с симпатотонией, где значения TP более чем в 3 раза меньше по отношению к подросткам с ваготонией.

Известно, что низкие значения TP наблюдаются при сниженных резервах организма и характерны для лиц, находящихся в состоянии повышенного напряжения (Ишеков, Мосягин, 2009). В возрастных группах, согласно медианам, высокочастотная составляющая преобладала в общем спектре вне зависимости от типа вегетативной регуляции ( $HF > LF > VLF$ ), отражая физиологическую дыхательную аритмию у здоровых лиц (Соболев, 2002; Астахов и др., 2002; Покровский, 2007). В общей мощности спектра доля HF-волн больше у ваготоников, что согласуется с адаптационно-трофическим защитным действием влияния блуждающих нервов на состояние миокарда.

Известно, что проявление парасимпатических влияний повышает эффективность газообмена в легких, синхронизируя легочный кровоток с объемом легких в каждом дыхательном цикле, увеличивая «выгодность» легочного кровотока (Hayano et al., 1996). Этот механизм обеспечивает поддержание гомеостаза организма, связанного со снижением диффузии кислорода через альвеолярно-капиллярную мембрану при понижении уровня оксигенации артериальной крови.

Таблица 12 – Статистические и спектральные показатели кардиоритма у уроженцев-европеоидов с различным типом вегетативной регуляции,

Md (25-й; 75-й процентиль)

Изучаемые показатели	Исходный тип ВНС	Возраст, лет				
		13 (n = 99)	14 (n = 117)	15 (n = 111)	16 (n = 95)	17 (n = 88)
Mo, мс	Ваготония	875 (800; 926)	876 (800; 924)	942 (876; 1012)*	915 (866; 947)	910 (847; 954)
	Нормотония	760 (724; 790) <sup>1</sup>	776 (727; 832) <sup>1</sup>	777 (725; 825) <sup>1</sup>	800 (775; 874) <sup>1</sup>	820 (791; 893) <sup>1</sup>
	Симпатотония	680 (647; 720) <sup>2,3</sup>	720 (639; 755) <sup>2,3</sup>	695 (643; 737) <sup>2,3</sup>	700 (650; 793) <sup>2,3</sup>	751 (625; 780) <sup>2,3</sup>
AMo50, %/50 мс	Ваготония	27 (25; 32)	29 (26; 33)	28 (25; 31)	29 (27; 33)	28 (25; 33)
	Нормотония	40 (36; 44) <sup>1</sup>	41 (36; 44) <sup>1</sup>	38 (34; 44) <sup>1</sup>	37 (34; 42) <sup>1</sup>	40 (36; 45) <sup>1</sup>
	Симпатотония	57 (50; 73) <sup>2,3</sup>	53 (48; 62) <sup>2,3</sup>	61 (51; 69) <sup>*2,3</sup>	63 (53; 71) <sup>2,3</sup>	52 (47; 71) <sup>2,3</sup>
MxDMn, мс	Ваготония	363 (343; 395)	333 (310; 382)	387 (361; 400)*	356 (334; 383)	356 (331; 399)
	Нормотония	270 (249; 298) <sup>1</sup>	275 (250; 302) <sup>1</sup>	268 (232; 293) <sup>1</sup>	283 (246; 316) <sup>1</sup>	265 (234; 290) <sup>1</sup>
	Симпатотония	180 (158; 204) <sup>2,3</sup>	183 (160; 197) <sup>2,3</sup>	173 (135; 210) <sup>2,3</sup>	175 (156; 200) <sup>2,3</sup>	182 (140; 214) <sup>2,3</sup>
SDNN, мс	Ваготония	71 (66; 75)	69 (62; 72)	74 (63; 80)*	72 (63; 76)	71 (64; 79)
	Нормотония	51 (46; 56) <sup>1</sup>	53 (46; 58) <sup>1</sup>	50 (45; 57) <sup>1</sup>	53 (47; 61) <sup>1</sup>	49 (47; 58) <sup>1</sup>
	Симпатотония	34 (29; 37) <sup>2,3</sup>	34 (30; 38) <sup>2,3</sup>	32 (26; 39) <sup>2,3</sup>	34 (30; 38) <sup>2,3</sup>	34 (28; 37) <sup>2,3</sup>
RMSSD, мс	Ваготония	77 (66; 85)	68 (60; 79)	72 (60; 80)	67 (59; 78)	66 (57; 83)
	Нормотония	45 (40; 56) <sup>1</sup>	45 (37; 53) <sup>1</sup>	46 (40; 56) <sup>1</sup>	50 (42; 56) <sup>1</sup>	47 (36; 57) <sup>1</sup>
	Симпатотония	30 (24; 38) <sup>2,3</sup>	25 (19; 34) <sup>2,3</sup>	24 (16; 29) <sup>2,3</sup>	26 (20; 33) <sup>2,3</sup>	24 (20; 29) <sup>2,3</sup>
pNN50, %	Ваготония	52 (44; 59)	46 (34; 57)	48 (39; 58)	46 (37; 54)	44 (39; 58)
	Нормотония	26 (18; 34) <sup>1</sup>	28 (17; 32) <sup>1</sup>	27 (16; 41) <sup>1</sup>	28 (23; 39) <sup>1</sup>	25 (16; 36) <sup>1</sup>
	Симпатотония	6,2 (3,3; 12,8) <sup>2,3</sup>	4,3 (1,2; 7,3) <sup>2,3</sup>	3,2 (0,7; 9,0) <sup>2,3</sup>	6,0 (2,2; 11,0) <sup>2,3</sup>	4,7 (0,9; 9,5) <sup>2,3</sup>
SI, усл. ед.	Ваготония	45 (39; 50)	50 (42; 50)	39 (34; 48)*	50 (28; 50)	42 (37; 50)
	Нормотония	99 (80; 108) <sup>1</sup>	91 (78; 114) <sup>1</sup>	91 (76; 115) <sup>1</sup>	84 (70; 111) <sup>1</sup>	103 (78; 112) <sup>1</sup>
	Симпатотония	213 (187; 307) <sup>2,3</sup>	214 (173; 254) <sup>2,3</sup>	267 (188; 330) <sup>2,3</sup>	226 (176; 301) <sup>2,3</sup>	201 (161; 290) <sup>2,3</sup>
IARS, балл	Ваготония	4 (3; 5)	4 (3; 5)	4 (3; 5)	4 (4; 5)	4 (3; 4)
	Нормотония	3 (2; 4)	3 (2; 3)	2 (1; 4)	2 (2; 3)	2 (1; 3)
	Симпатотония	4 (3; 5)	3 (3; 4)	4 (3; 5)	4 (2; 5)	3 (2; 5)

Изучаемые показатели	Исходный тип ВНС	Возраст, лет				
		13 (n = 99)	14 (n = 117)	15 (n = 111)	16 (n = 95)	17 (n = 88)
TP, мс <sup>2</sup>	Ваготония	3875 (3056; 5457)	3755 (2912; 4654)*	4000 (2750; 5188)	3540 (2536; 5071)	3550 (2581; 4884)
	Нормотония	2060 (1587; 2712) <sup>1</sup>	2064 (1485; 3064) <sup>1</sup>	2167 (1267; 2980) <sup>1</sup>	2130 (1484; 2982) <sup>1</sup>	1998 (1643; 2565) <sup>1</sup>
	Симпатотония	881 (631; 1216) <sup>2,3</sup>	904 (513; 1230) <sup>2,3</sup>	850 (497; 1267) <sup>2,3</sup>	858 (604; 1173) <sup>2,3</sup>	854 (578; 1314) <sup>2,3</sup>
HF, мс <sup>2</sup>	Ваготония	2153 (1770; 2795)	1828 (1593; 2204)*	1830 (1217; 2245)	1555 (1067; 2488)	1572 (1167; 2296)
	Нормотония	1040 (764; 1338) <sup>1</sup>	851 (544; 1346) <sup>1</sup>	1067 (600; 1432) <sup>1</sup>	1010 (625; 1300) <sup>1</sup>	800 (680; 1060) <sup>1</sup>
	Симпатотония	380 (250; 521) <sup>2,3</sup>	354 (168; 500) <sup>2,3</sup>	330 (160; 436) <sup>2,3</sup>	277 (187; 378) <sup>2,3</sup>	330 (164; 430) <sup>2,3</sup>
LF, мс <sup>2</sup>	Ваготония	1137 (868; 1745)	1349 (880; 1550)	1470 (1018; 1970)	1306 (1025; 1787)	1272 (1014; 1778)
	Нормотония	690 (553; 904) <sup>1</sup>	818 (597; 1043) <sup>1</sup>	700 (430; 1029) <sup>1</sup>	780 (597; 1222) <sup>1</sup>	773 (623; 895) <sup>1</sup>
	Симпатотония	330 (250; 490) <sup>2,3</sup>	345 (200; 440) <sup>2,3</sup>	313 (229; 502) <sup>2,3</sup>	347 (277; 450) <sup>2,3</sup>	304 (247; 570) <sup>2,3</sup>
VLF, мс <sup>2</sup>	Ваготония	585 (418; 917)	578 (439; 900)	700 (515; 973)	679 (444; 796)	706 (400; 810)
	Нормотония	330 (270; 470) <sup>1</sup>	395 (344; 675) <sup>1</sup>	400 (237; 519) <sup>1</sup>	340 (262; 460) <sup>1</sup>	425 (340; 610) <sup>1</sup>
	Симпатотония	171 (131; 205) <sup>2,3</sup>	205 (145; 290) <sup>2,3</sup>	207 (108; 329) <sup>2,3</sup>	234 (140; 345) <sup>2,3</sup>	220 (167; 314) <sup>2,3</sup>

*Примечания:* звездочкой отмечены достоверные различия показателя по сравнению с предыдущим возрастом у европеоидов с одинаковым типом вегетативной регуляции,  $p < 0,05$ ; «1» – достоверные различия по изучаемым показателям у учащихся одного возраста с ваготонией и нормотонией; «2» – достоверные различия у учащихся с нормотонией и симпатотонией; «3» – достоверные различия у учащихся с ваготонией и симпатотонией,  $p < 0,05$ .

Значения низкочастотных составляющих были больше у подростков и юношей с ваготонией по отношению к лицам с нормотонией и симпатотонией, что отражалось в более высоких значениях показателей LF и VLF,  $p < 0,001$ . Однако соотношение всех составляющих в общей мощности спектра свидетельствует о преобладании дыхательных волн в каждой типизированной группе.

В состоянии покоя (лежа) значимые различия наблюдались у подростков с ваготонией в 14–15 лет по показателям  $M_0$ ,  $MxDMn$ , SDNN, SI, TP, HF,  $p < 0,05$ . В 14 лет можно отметить более низкие значения TP за счет уменьшения дыхательной волн (HF) в среднем на  $330 \text{ мс}^2$  по отношению к 13-летним подросткам. Однако уже в 15 лет у подростков с ваготонией вновь усиливалась активация автономного контура ВНС на сердечный ритм, на что указывали значимые увеличения показателей  $M_0$ ,  $MxDMn$ , SDNN и минимальные значения SI по отношению к 14-летним подросткам. Для подростков с симпатотонией в 14–15 лет, наоборот, достоверно высокие значения  $AMo50$  у 15-летних свидетельствовали об увеличении активности симпатического звена ВНС на сердечный ритм.

В ряде работ указывается, что в период с 13 до 17 лет у европеоидов наблюдается повышение тонуса парасимпатического отдела ВНС. Периоды активного формирования механизмов регуляции сердечного ритма характеризуются «волнообразными» изменениями показателей вариационной пульсометрии и зависят от различных факторов (климатических, социальных, психологических и др.) (Гринене и др., 1990; Галеев и др., 2002; Казин и др., 2008; Карпенко, Димитриев, 2012; Goto et al., 1997). Однако в связи с тем, что цитируемые авторы применяли разные подходы к оценке типа вегетативной нервной системы, не представляется возможным сопоставить полученные нами результаты с данными литературных источников.

Согласно разработанным экспертами Рекомендациям Всероссийского научного общества кардиологов и Ассоциации детских кардиологов России, уровень нормального АД не должен превышать 89-й перцентиль кривой распределения в популяции. Высокому нормальному АД, при котором имеется повышенный риск развития сердечно-сосудистых заболеваний, соответствует диапазон от 90-го до 95-го перцентилей (Диагностика..., 2009).

Анализ распределения АД всей выборки обследуемых свидетельствует о том, что у 80 % европеоидов (вне зависимости от типа вегетативной регуляции) наблюдались значения САД в пределах 103–129 мм рт. ст., а ДАД – 55–73 мм рт. ст. Значения АД меньше 10-го перцентилей встречались в 9 % случаев, а равные или превышающие 90-й перцентиль – в 11 %. В нашем исследовании у подростков и юношей (без учета исходного типа ВНС) значения медианы ( $Md$ ) и средней ( $M$ ) показателей АД практически не различались.

Так, абсолютные значения медианы и средней (со среднеквадратичной ошибкой) систолических показателей в возрастной динамике с 13 до 17 лет были следующими: 112 (113±1,0), 113 (115±0,9), 119 (119±0,8), 119 (119±1,0), 120 (121±1,3). Статистический анализ показал достоверное увеличение САД в 15 лет относительно показателей у подростков в 14 лет. В то же время значения ДАД в 13–14 лет соответствовали 62 мм рт. ст. (63±0,7), и с возрастом динамика изменения имела незначительные колебания в пределах 2 мм рт. ст.

Сравнительный анализ полученных значений АД в положении лежа (без учета исходного типа вегетативной регуляции) с литературными данными свидетельствует о сопоставимых значениях в 13–14 лет и более низких значениях ДАД в 15–17 лет у магаданских подростков и юношей по отношению к проживающим в Ямало-Ненецком АО и уроженцам Среднего Приобья (Мальцева и др., 2008; Литовченко, Нифонтова, 2010). Аналогичный результат наблюдался при сравнении диастолического показателя в возрастном периоде 12–17 лет уроженцев-европеоидов Магаданской области и Архангельска (Новикова, Ишеков, 2009). При этом у магаданских обследуемых показатель САД выше среднеширотных нормативов для подростков 13–14 (106/64 мм рт. ст.) и 15–17 лет (116/67 мм рт. ст.) (Безруких и др., 2003).

В таблице 13 представлено процентильное распределение показателей АД и ЧСС с учетом исходного типа вегетативной регуляции, из которой следует, что при увеличении симпатической активности диапазон нормального АД смещается к большим величинам.

Таблица 13 – Процентильные шкалы артериального давления и частоты сердечных сокращений у 13–17-летних европеоидов Магаданской области

Исходный тип ВНС	Процентильный диапазон						
	5	10	25	50	75	90	95
	САД, мм рт. ст.						
Ваготония	100	103	108	115	123	128	131
Нормотония	100	102	110	118	124	130	135
Симпатотония	104	104	113	120	128	132	135
ДАД, мм рт. ст.							
Ваготония	52	54	57	61	66	71	73
Нормотония	54	56	58	64	69	75	78
Симпатотония	54	56	62	67	72	76	80
ЧСС, уд./мин							
Ваготония	54	57	62	66	70	75	77
Нормотония	68	70	72	76	80	84	85
Симпатотония	72	75	79	85	93	99	103

В возрастной динамике с 13 до 17 лет эти изменения отмечаются в значимом увеличении САД, что в большей степени характерно для лиц с ваготонией и симпатотонией (таблица 14). У подростков с нормотонией динамика изменения была незначимой и соответствовала более медленному увеличению САД. При этом диастолические показатели АД не имели выраженной зависимости от исходного тонуса ВНС,  $p > 0,05$ . Такие особенности в динамике артериального давления отражались в росте амплитуды пульсового давления (ПД), значения которого у обследуемых при ваготонии в 14 и 15 лет значимо больше, чем значения в предыдущих возрастных группах. Сопоставляя изменения показателей сердечного выброса в этот возрастной период, можно отметить, что у подростков 14 и 16 лет значимое повышение МОК обусловлено увеличением в основном ударного объема сердца, а в 15 лет это происходит даже на фоне более низкой частоты сердечных сокращений. Это может свидетельствовать о переходе системы кровообращения на более экономичный путь функционирования (Гребнева, Кривошеков, 2001; Суханова, 2007). Отметим, что при нормотонии и симпатотонии характерно достоверное увеличение показателей сердечного выброса в 15 лет по сравнению с этими показателями подростков 14 лет.

Изменения показателей гемодинамики происходят неравномерно у лиц с различным типом вегетативной нервной системы. Так, с увеличением активности симпатического звена наблюдается возрастание МОК в основном за счет частоты сердечных сокращений, что определяет большую нагрузку на миокард и отражается в физиологически невыгодном повышении энергетических затрат (Морман, Хеллер, 2000). Также отмечается значимое увеличение диастолического АД с 14 лет по отношению к подросткам с ваготонией, что может свидетельствовать об исходно повышенном тоне сосудов у симпатотоников. Все это влияет на увеличение показателя среднего артериального давления (АДср), который является важной интегральной характеристикой гемодинамики и представляет собой равнодействующую всех изменений давления в сосудах и косвенно отражает движущую силу кровотока. Такие компенсаторные механизмы проявляются в большей механической работе сердца у подростков с симпатотонией, где показатель ДП соответствует 93–120 усл. ед. и значимо больше, чем у подростков с ваготонией и нормотонией,  $p < 0,01$ .

В регионах России наблюдаются особенности показателей динамики физического развития подростков и их взаимосвязи с морфофункциональными характеристиками, на которые влияют социальные и экологические факторы окружающей среды (Ямпольская, 2005). В исследованиях ряда авторов отмечается, что длина тела является основным маркером наследственности и скорости ростовых процессов, тогда как масса тела в большей степени связана с особенностями жизнедеятельности индивидуума и влиянием на него эндогенных и экзогенных факторов (Бутова и др., 1998; Федотова, 2005; Koenig et al., 2014).

Таблица 14 – Показатели гемодинамики у европеоидов с различным типом вегетативной регуляции сердечного ритма, Md (25-й; 75-й процентиль)

Изучаемые показатели	Исходный тип ВНС	Возраст, лет				
		13 (n = 99)	14 (n = 117)	15 (n = 111)	16 (n = 95)	17 (n = 88)
ЧСС, уд./мин	Ваготония	68 (63; 73)	67 (63; 74)	65 (60; 68)*	66 (63; 69)	65 (62; 69)
	Нормотония	80 (75; 83) <sup>1</sup>	75 (72; 80) <sup>1*</sup>	77 (73; 81) <sup>1</sup>	75 (70; 77) <sup>1</sup>	72 (70; 76) <sup>1</sup>
	Симпатотония	86 (83; 93) <sup>2,3</sup>	84 (81; 90) <sup>2,3</sup>	89 (81; 94) <sup>2,3</sup>	83 (80; 92) <sup>2,3</sup>	79 (76; 94) <sup>2,3</sup>
САД, мм рт. ст.	Ваготония	111 (103; 115)	112 (106; 121)*	118 (100; 123)*	119 (112; 125)	120 (113; 127)
	Нормотония	115 (107; 123) <sup>1</sup>	117 (104; 124)	120 (115; 125)	120 (113; 127)	118 (111; 125)
	Симпатотония	115 (109; 120) <sup>3</sup>	116 (110; 125)	122 (115; 128)	121 (116; 128)	126 (122; 130)* <sup>2,3</sup>
ДАД, мм рт. ст.	Ваготония	61 (57; 64)	61 (56; 64)	60 (56; 65)	62 (56; 66)	64 (59; 69)
	Нормотония	64 (59; 68)	63 (57; 71)	66 (60; 70) <sup>1</sup>	66 (60; 70) <sup>1</sup>	63 (58; 66)
	Симпатотония	64 (57; 72)	64 (60; 74) <sup>3</sup>	67 (64; 72) <sup>3</sup>	68 (64; 72) <sup>3</sup>	68 (64; 71) <sup>2,3</sup>
ПД, мм рт. ст.	Ваготония	48 (43; 53)	50 (46; 56)*	55 (50; 61)*	56 (50; 64)	56 (50; 63)
	Нормотония	50 (44; 57)	49 (44; 56)	53 (47; 63)	55 (49; 60)	53 (49; 62)
	Симпатотония	51 (46; 54)	53 (47; 56)	54 (49; 60)	53 (49; 60)	58 (52; 62)*
АДср, мм рт. ст.	Ваготония	78 (72; 80)	78 (74; 83)	78 (75; 85)	79 (76; 85)	83 (78; 88)
	Нормотония	80 (75; 86) <sup>1</sup>	80 (74; 88) <sup>3</sup>	83 (78; 87) <sup>1</sup>	83 (79; 87) <sup>1</sup>	81 (78; 85)
	Симпатотония	81 (75; 85) <sup>3</sup>	81 (77; 89)	85 (81; 89) <sup>3</sup>	87 (82; 91) <sup>3</sup>	88 (83; 89) <sup>2,3</sup>
СДД, мм рт. ст.	Ваготония	82 (76; 84) <sup>1</sup>	83 (78; 86)	84 (80; 90)	85 (81; 90)	88 (82; 93)
	Нормотония	85 (79; 90)	85 (78; 93) <sup>3</sup>	88 (83; 91)	88 (84; 92)	86 (82; 89)
	Симпатотония	85 (80; 89) <sup>3</sup>	85 (81; 93)	89 (85; 94)	91 (87; 95) <sup>3</sup>	93 (88; 94) <sup>2,3</sup>
УОС, мл	Ваготония	70 (64; 73)	74 (70; 79)*	80 (74; 84)*	83 (78; 86)*	81 (76; 86)
	Нормотония	70 (64; 74)	71 (68; 76) <sup>1</sup>	78 (70; 83)*	80 (75; 85)	80 (77; 86)
	Симпатотония	70 (64; 73)	71 (67; 76) <sup>3</sup>	76 (72; 80) <sup>3*</sup>	79 (74; 82) <sup>3</sup>	80 (74; 83)

Изучаемые показатели	Исходный тип ВНС	Возраст, лет				
		13 (n = 99)	14 (n = 117)	15 (n = 111)	16 (n = 95)	17 (n = 88)
МОК, мл/мин	Ваготония	4737 (4320; 5100)	4960 (4650; 5440)*	4983 (4740; 5400)	5283 (4800; 5770)*	5280 (4880; 5700)
	Нормотония	5357 (4990; 5800) <sup>1</sup>	5543 (4937; 5860) <sup>1</sup>	5770 (5180; 6520)* <sup>1</sup>	5880 (5400; 6100) <sup>1</sup>	5825 (5530; 6233) <sup>1</sup>
	Симпатотония	5960 (5470; 6360) <sup>2,3</sup>	5972 (5634; 6470) <sup>2,3</sup>	6630 (6050; 7130)* <sup>2,3</sup>	6600 (6070; 6950) <sup>2,3</sup>	6263 (5860; 7210) <sup>2,3</sup>
ОПСС, $\text{дин}^2 \cdot \text{с} \cdot \text{см}^{-5}$	Ваготония	1320 (1230; 1520)	1344 (1190; 1500)	1344 (1235; 1480)	1245 (1125; 1470)	1333 (1240; 1434)
	Нормотония	1260 (1100; 1400) <sup>1</sup>	1238 (1099; 1430) <sup>1</sup>	1192 (1060; 1390) <sup>1</sup>	1214 (1070; 1345)	1138 (1034; 1307) <sup>1</sup>
	Симпатотония	1150 (996; 1290) <sup>2,3</sup>	1140 (1079; 1280) <sup>3</sup>	1110 (970; 1228) <sup>2,3</sup>	1083 (973; 1250) <sup>2,3</sup>	1150 (1035; 1240) <sup>3</sup>
ДП, усл. ед.	Ваготония	75 (68; 80)	75 (72; 81)	75 (66; 83)	77 (71; 83)	78 (72; 86)
	Нормотония	89 (84; 99) <sup>1</sup>	87 (80; 98) <sup>1</sup>	91 (85; 97) <sup>1</sup>	89 (80; 95) <sup>1</sup>	83 (78; 89) <sup>1</sup>
	Симпатотония	99 (93; 108) <sup>2,3</sup>	99 (87; 115) <sup>2,3</sup>	104 (99; 113) <sup>2,3</sup>	102 (96; 112) <sup>2,3</sup>	102 (93; 120) <sup>2,3</sup>

*Примечания:* звездочкой отмечены достоверные различия показателя по сравнению с предыдущим возрастом у европеоидов с одинаковым типом вегетативной регуляции,  $p < 0,05$ ; «1» – достоверные различия по изучаемым показателям у учащихся одного возраста с ваготонией и нормотонией; «2» – достоверные различия у учащихся с нормотонией и симпатотонией; «3» – достоверные различия у учащихся с ваготонией и симпатотонией,  $p < 0,05$ .

Имеется достаточно сведений о том, что современные подростки, жители Севера (даже из одной этнической группы) сопоставимого возраста и пола отличаются по антропометрическим характеристикам от сверстников прошлых десятилетий (Гречкина, Соколов, 2007; Максимов, 2009; Учакина и др., 2009).

В наших исследованиях абсолютные значения медианы (средней со среднеквадратичной ошибкой) без учета исходного типа ВНС по показателю длины тела с 13 до 17 лет были следующими: 158,0 (158,0±0,9); 164 (164±0,7); 171,0 (170,8±0,6); 174,0 (174,9±0,7); 175,5 (176,0±0,8) см. В аналогичный возрастной период значения массы тела соответствовали: 45,8 (47,3±1,0); 50,0 (51,7±0,9); 57,4 (58,2±0,8); 60,0 (61,0±0,8); 63,0 (63,9±1,0) кг. В динамике эти соматометрические характеристики сопоставимы с ранее полученными результатами у подростков и юношей Магаданской области, обследованных в течение последних 10 лет (Соколов, Гречкина, 2008).

В таблице 15 представлены показатели длины и массы тела у обследуемых в зависимости от исходного типа вегетативной регуляции сердечного ритма.

Таблица 15 – Показатели длины и массы тела у европеоидов Магаданской области с различным типом вегетативной регуляции, Md (25-й; 75-перцентиль)

Возраст, лет	Исходный тип вегетативной регуляции					
	ваготония		нормотония		симпатотония	
	Длина тела, см	Масса тела, кг	Длина тела, см	Масса тела, кг	Длина тела, см	Масса тела, кг
13	156,9 (150; 163)	46,6 (39; 56)	159,5 (153; 166)	47,0 (41; 56)	154,0 (151; 162)	42,0 (35; 53) <sup>2</sup>
14	164,0 (159; 169)*	50,3 (45; 58)	164,0 (156; 173)*	51 (43; 58)	164,5 (156; 169)*	47,5 (45; 54)*
15	173,0 (168; 178)*	58,1 (54; 67)*	170,0 (165; 174)*	55,0 (49; 60)* <sup>1</sup>	169,5 (166; 175)*	54,0 (48; 68)*
16	175,0 (169; 179)	63,0 (57; 68)	174,0 (171; 180)*	61,0 (59; 64)*	176,0 (168; 179)	56,1 (57; 61) <sup>2,3</sup>
17	176 (173; 182)	64,0 (56; 74)	174 (170; 180)	61,0 (57; 69)	182,5 (175; 185)* <sup>2</sup>	65,5 (62; 69)*

*Примечания:* звездочкой отмечены достоверные различия показателя по сравнению с предыдущим возрастом у европеоидов с одинаковым типом вегетативной регуляции,  $p < 0,05$ ; «1» – достоверные различия по изучаемым показателям у учащихся одного возраста с ваготонией и нормотонией; «2» – достоверные различия у учащихся с нормотонией и симпатотонией; «3» – достоверные различия у учащихся с ваготонией и симпатотонией,  $p < 0,05$ .

Известно, что особенности морфофункциональной конституции человека существенно влияют на характер основных физиологических показателей деятельности регуляторных систем организма (Александров, Розанов, 1998; Казакова и др., 2009; Новикова, 2011; Волкивская и др., 2012; Latchman, et al., 2011). Так, в динамике их изменений между подростками с ваготонией и нормотонией только в 15 лет были статистические различия по массе тела. У подростков

с нормотонией показатели массы тела характеризовались достоверно большими значениями по отношению к симпатотоникам в 13 и 16 лет,  $p < 0,05$ . Эти особенности связаны с различными периодами максимальных приростов длины и массы тела, которые имеют неравномерный характер в подростковый период. Как следует из абсолютных значений медианы, у подростков с ваготонией и нормотонией периоды увеличения длины тела характеризуются двумя последовательными этапами: с 13–14 (7,1 и 4,5 см/год) и 14–15 лет (9,0 и 6,0 см/год), затем темпы прироста к 17 годам замедляются до 3–4 см/год. У лиц с симпатотонией наибольшее увеличение длины тела происходит в 13–14 лет (10,5 см/год), и темпы сохраняются до 17 лет. Возрастная динамика максимального прироста показателей массы тела только у подростков с ваготонией совпадает с периодом увеличения длины тела в 14–15 лет и составляет 7,8 кг/год. При нормотонии увеличение наблюдается на год позже, в 15–16 лет (6 кг/год), а при симпатотонии можно отметить два этапа: в 14–15 лет (6,5 кг/год) и в 16–17 лет (10,4 кг/год).

Полученные результаты указывают на взаимосвязи типов вегетативной нервной системы и росто-весовыми характеристиками у подростков и юношей, постоянных жителей Крайнего Севера. Процессы морфофункциональных изменений у лиц мужского пола носят в основном гетерохронный характер. У европеоидов с ваготонией и нормотонией в большинстве случаев изменения показателей ВСП совпадают с периодами активного увеличения показателей сердечного выброса.

### **3.3. Изменения вариабельности сердечного ритма у уроженцев-европеоидов в процессе активной ортостатической пробы**

Как следует из таблицы 16, в процессе АОП у подростков и юношей с превалированием парасимпатического звена вегетативной регуляции в 14–15 лет наблюдали наибольшее количество значимых изменений показателей ВСП. Во всех рассматриваемых случаях значения  $M_0$ ,  $M_{xDMn}$ ,  $SDNN$ ,  $pNN50$  были больше в возрасте 15 лет, что может свидетельствовать об устойчивом сохранении влияния парасимпатического звена ВНС после ортостаза. В общей мощности спектра преобладала низкочастотная составляющая (LF), указывая на умеренную роль активации вазомоторного центра у 15-летних подростков. Аналогичные изменения по этому показателю наблюдали у симпатотоников того же возраста по отношению к 14-летним подросткам с увеличением значений в среднем на  $200 \text{ мс}^2$ . При нормотонии в процессе АОП характерно преобладание в регуляции сердечного ритма симпатического звена ВНС в 17 лет, где показатель  $AM_050$  был на 7 % больше по отношению к 16-летним подросткам.

Таблица 16 – Статистические и спектральные показатели кардиоритма у европеоидов с различным типом вегетативной регуляции в процессе активной ортостатической пробы, Md (25-й; 75-й процентиль)

Исследуемые показатели	Исходный тип ВНС	Возраст, лет				
		13 (n = 99)	14 (n = 117)	15 (n = 111)	16 (n = 95)	17 (n = 88)
Mo, мс	Ваготония	669 (607; 684)	633 (586; 670)	687 (632;779)*	701 (626; 758)	681 (620; 746)
	Нормотония	616 (570; 666) <sup>1</sup>	621 (576; 673)	665 (600; 680) <sup>1</sup>	627 (605; 705) <sup>1</sup>	630 (587; 673) <sup>1</sup>
	Симпатотония	573 (542; 618)	580 (530; 647) <sup>2</sup>	576 (522; 638) <sup>2</sup>	571 (530; 632) <sup>2</sup>	595 (520; 630) <sup>2</sup>
AMo50, %/50 мс	Ваготония	41 (34; 46)	44 (36; 53)	37 (33; 44)*	42 (33; 51)	42 (36; 54)
	Нормотония	45 (39; 52)	46 (38; 58)	46 (38; 53) <sup>1</sup>	43 (36; 51)	50 (41; 68)*
	Симпатотония	64 (52; 70) <sup>2</sup>	57 (45; 68) <sup>2</sup>	60 (47; 79) <sup>2</sup>	65 (48; 96) <sup>2</sup>	67 (57; 85) <sup>2</sup>
MxDMn, мс	Ваготония	250 (218; 280)	253 (204; 287)	297 (235; 340)*	270 (217; 310)	240 (205; 300)
	Нормотония	227 (200; 280)	233 (184; 267)	217 (180; 255) <sup>1</sup>	229 (186; 280)	199 (175; 235) <sup>1</sup>
	Симпатотония	172 (148; 193)	176 (143; 223) <sup>2</sup>	169 (127; 222) <sup>2</sup>	159 (122; 224) <sup>2</sup>	146 (117; 203) <sup>2</sup>
SDNN, мс	Ваготония	45 (40; 60)	48 (40; 53)	55 (47; 69)*	51 (44; 61)	48 (40; 55)
	Нормотония	45 (38; 52)	42 (35; 51) <sup>1</sup>	42 (34; 50) <sup>1</sup>	43 (34; 56) <sup>1</sup>	41 (33; 45) <sup>1</sup>
	Симпатотония	33 (30; 40) <sup>2</sup>	32 (27; 38) <sup>2</sup>	35 (23; 44) <sup>2</sup>	30 (23; 42) <sup>2</sup>	26 (22; 38) <sup>2</sup>
RMSSD, мс	Ваготония	24 (17; 38)	24 (18; 33)	30 (22; 37)	25 (20; 30)	23 (17; 27)
	Нормотония	24 (16; 29)	19 (14; 29)	19 (14; 30) <sup>1</sup>	19 (14; 28)	17 (14; 22) <sup>1</sup>
	Симпатотония	16 (13; 21) <sup>2</sup>	15 (11; 20) <sup>2</sup>	15 (10; 19) <sup>2</sup>	13 (9; 19)	13 (10; 20,0) <sup>2</sup>
pNN50, %	Ваготония	4,9 (1,9; 17,6)	4,8 (1,9; 12,0)	8,9 (2,7; 15,6)	5,0 (2,8; 10,7)	3,7 (1,4; 6,2)
	Нормотония	4,2 (1,2; 8,6)	2,4 (0,5; 8,0)	1,9 (0,9; 6,0) <sup>1</sup>	2,1 (0,9; 6,4) <sup>1</sup>	1,2 (0,7; 4,0) <sup>1</sup>
	Симпатотония	1,6 (0,7; 2,1) <sup>2</sup>	0,9 (0,3; 2,2) <sup>2</sup>	0,7 (0,3; 1,9) <sup>2</sup>	0,4 (0; 3,0)	0,5 (0; 1,5)
SI, усл. ед.	Ваготония	132 (91; 183)	152 (100; 189)	105 (79; 152)*	109 (81; 165)	132 (83; 219)
	Нормотония	153 (110; 208)	173 (111; 230)	177 (114; 205) <sup>1</sup>	163 (100; 274) <sup>1</sup>	191 (120; 303) <sup>1</sup>
	Симпатотония	320 (234; 399) <sup>2</sup>	235 (190; 475) <sup>2</sup>	338 (165; 592) <sup>2</sup>	357 (154; 741) <sup>2</sup>	422 (224; 559) <sup>2</sup>
IARS, балл	Ваготония	4 (2; 4)	4 (3; 5)	4 (3; 6)	5 (3; 6)	4 (3; 6)
	Нормотония	4 (4; 5)	4 (3; 5)	4 (3; 6)	5 (4; 6)	5 (4; 7)
	Симпатотония	6 (4; 7) <sup>2</sup>	5 (3; 6)* <sup>2</sup>	6 (5; 7)* <sup>2</sup>	6 (4; 6)	7 (6; 8)

Исследуемые показатели	Исходный тип ВНС	Возраст, лет				
		13 (n = 99)	14 (n = 117)	15 (n = 111)	16 (n = 95)	17 (n = 88)
TP, мс <sup>2</sup>	Ваготония	2005 (1179; 3537)	1863 (1181; 2656)	2560 (1572; 3724)*	1982 (1321; 3297)	1808 (1158; 2480)
	Нормотония	1525 (1011; 2396)	1402 (860; 2244) <sup>1</sup>	1471 (776; 2340) <sup>1</sup>	1688 (875; 2607)	1076 (717; 1929) <sup>1</sup>
	Симпатотония	894 (747; 1622) <sup>2,3</sup>	789 (427; 1384) <sup>2,3</sup>	923 (442; 1578) <sup>2,3</sup>	883 (517; 1616) <sup>2,3</sup>	784 (477; 1250) <sup>2,3</sup>
HF, мс <sup>2</sup>	Ваготония	370 (170; 810)	330 (190; 536)	440 (274; 790)	307 (182; 447)	253 (141; 390)
	Нормотония	350 (160; 600)	226 (110; 490)	273 (126; 470) <sup>1</sup>	240 (130; 390)	186 (90; 282)
	Симпатотония	186 (125; 312) <sup>2,3</sup>	129 (74; 240) <sup>2,3</sup>	115 (60; 280) <sup>2</sup>	110 (56; 160) <sup>2,3</sup>	110 (61; 160) <sup>2,3</sup>
LF, мс <sup>2</sup>	Ваготония	1060 (610; 1737)	1000 (688; 1330)	1461 (1021; 2000)*	1205 (813; 2016)	985 (762; 1375)
	Нормотония	765 (578; 1237)	780 (510; 1156) <sup>1</sup>	808 (450; 1200) <sup>1</sup>	980 (490; 1544) <sup>1</sup>	600 (460; 1127)
	Симпатотония	513 (457; 950)	433 (200; 713) <sup>2,3</sup>	633 (265; 850) <sup>2,3</sup>	520 (316; 1023) <sup>2,3</sup>	500 (336; 850) <sup>3</sup>
VLF, мс <sup>2</sup>	Ваготония	575 (399; 990)	533 (303; 790)	660 (288; 911)	470 (326; 834)	570 (260; 700)
	Нормотония	410 (273; 545) <sup>1</sup>	396 (240; 598) <sup>1</sup>	400 (200; 670) <sup>1</sup>	468 (255; 673)	290 (167; 520) <sup>1</sup>
	Симпатотония	195 (165; 360) <sup>2,3</sup>	227 (153; 431) <sup>3</sup>	175 (117; 448) <sup>2,3</sup>	253 (145; 433) <sup>2,3</sup>	174 (50; 240) <sup>2,3</sup>

*Примечания:* звездочкой отмечены достоверные различия показателя по сравнению с предыдущим возрастом у европеоидов с одинаковым типом вегетативной регуляции,  $p < 0,05$ ; «1» – достоверные различия по изучаемым показателям у учащихся одного возраста с ваготонией и нормотонией; «2» – достоверные различия у учащихся с нормотонией и симпатотонией; «3» – достоверные различия у учащихся с ваготонией и симпатотонией,  $p < 0,05$ .

Изменения значений имели неравномерный характер в возрастном аспекте, уровень статистической значимости сохраняется по всем анализируемым показателям между лицами с ваготонией и симпатотонией. Такие особенности могут свидетельствовать о различном уровне мобилизации функциональных резервов организма, что отражается в значениях разницы показателей ВСР до (фон) и в процессе АОП (таблица 17).

Таблица 17 – Абсолютные значения разницы показателей кардиоритма у европеоидов в процессе активной ортостатической пробы относительно исходных фоновых значений медианы

Изучаемые показатели	Исходный тип ВНС	Возраст, лет				
		13	14	15	16	17
Mo, мс	Ваготония	-206	-243	-255	-214	-229
	Нормотония	-144	-155	-112	-173	-190
	Симпатотония	-107	-140	-119	-129	-156
$\Delta AMo50$ , %/50 мс	Ваготония	+14	+15	+9	+13	+14
	Нормотония	+5	+5	+8	+6	+10
	Симпатотония	+7	+6	-1	+2	+15
$\Delta MxDMn$ , мс	Ваготония	-113	-80	-90	-86	-116
	Нормотония	-43	-42	-51	-54	-66
	Симпатотония	-8	-7	-4	-16	-36
$\Delta SDNN$ , мс	Ваготония	-26	-21	-19	-21	-23
	Нормотония	-6	-11	-8	-10	-8
	Симпатотония	-1	-2	+3	-4	-8
$\Delta RMSSD$ , мс	Ваготония	-53	-44	-42	-42	-43
	Нормотония	-21	-26	-27	-31	-30
	Симпатотония	-14	-10	-9	-13	-11
$\Delta pNN50$ , %	Ваготония	-47	-41	-39	-41	-40
	Нормотония	-22	-26	-25	-26	-24
	Симпатотония	-4	-3	-2	-5	-4
$\Delta SI$ , усл. ед.	Ваготония	+87	+102	+66	+59	+90
	Нормотония	+54	+82	+86	+79	+88
	Симпатотония	+107	+21	+165	+131	+221
$\Delta TP$ , мс <sup>2</sup>	Ваготония	-1870	-1892	-1440	-1558	-1742
	Нормотония	-535	-662	-696	-442	-922
	Симпатотония	+13	-115	+73	-48	-70
$\Delta HF$ , мс <sup>2</sup>	Ваготония	-1783	-1498	-1390	-1248	-1319
	Нормотония	-690	-625	-794	-770	-614
	Симпатотония	-194	-225	-215	-240	-220
$\Delta LF$ , мс <sup>2</sup>	Ваготония	-77	-349	-9	-101	-187
	Нормотония	+75	-38	+108	-200	-173
	Симпатотония	+183	+88	+320	+173	+196
$\Delta VLF$ , мс <sup>2</sup>	Ваготония	-10	-45	-40	-209	-136
	Нормотония	+80	+1	-10	-128	-135
	Симпатотония	-24	+22	-32	+19	-46

*Примечание.* Здесь и далее в таблице 18 знаком «+» показан прирост показателя во время активной ортостатической пробы относительно значений фона, знаком «-» – снижение.

Так, во всех типизированных группах происходит уменьшение значений  $Mo$ ,  $MxDMn$ ,  $RMSSD$ ,  $pNN50$ , которое сопровождалось увеличением напряжения организма ( $SI$ ),  $p < 0,05$ . У подростков с ваготонией и нормотонией также наблюдали достоверное уменьшение показателя  $SDNN$  и увеличение  $AMo50$  относительно фоновых значений,  $p < 0,05$ . При симпатотонии только у 17-летних юношей отмечали аналогичные изменения показателей, что может указывать на еще большую активацию симпатического звена при исходном напряжении регуляторных систем организма.

При этом изменения в общей мощности спектра ( $TP$ ) наблюдались во всех типизированных группах в большей степени за счет уменьшения дыхательных волн ( $HF$ ), когда разница между значениями у подростков с ваготонией и симпатотонией составляла более  $1000 \text{ мс}^2$ . При этом со стороны низкочастотных составляющих кардиоритма ( $LF$  и  $VLF$ ) только у подростков с ваготонией было уменьшение значений по отношению к фону. При нормотонии и особенно при симпатотонии разница (относительно фона) анализируемых низкочастотных составляющих кардиоритма до и во время АОП имеет в возрастном аспекте разнонаправленный характер (увеличивается или уменьшается). При этом для подростков с симпатотонией можно отметить характерное увеличение по разнице значений  $LF$  более  $200 \text{ мс}^2$  между подростками 13 и 15 лет, где в последующие анализируемые возрастные периоды наблюдаются незначительные изменения. Тогда как у подростков с нормотонией в этот возрастной период происходили незначительные изменения (увеличение или уменьшение) со стороны анализируемых низкочастотных составляющих, что может указывать на различные периодические перестройки уровня активности нейрогуморального звена регуляции.

Известно, что адекватным вариантом при ортостатической пробе является активация симпатического отдела ВНС и центрального регуляторного контура, что связано с перераспределением объемов крови между частями тела, находящимися выше и ниже уровня сердца (Вейсс и др., 1986; Михайлов, 2000). Как отмечалось в работе Д. Жемайтите и соавт. (1999), изменение сердечной деятельности при АОП на 80–90 % происходит из-за изменений парасимпатической активности (автономного контура регуляции) и лишь на 10–20 % из-за симпатических влияний. В. М. Хаютин и Е. В. Лукошкова (2002) предположили, что только при полном исчезновении дыхательных волн в спектре можно говорить о хронотропной реакции исключительно за счет симпатической составляющей вегетативной нервной регуляции в процессе функциональных нагрузок.

Учитывая эти аспекты, мы для определения вклада симпатического и парасимпатического звена ВНС использовали специальную методику количественной оценки вегетативной реактивности ( $BP$ ) и вегетативного обеспечения ( $BO$ ) на основе значений центильного распределения показателей амплитуды моды и вариационного размаха

кардиоритма, разработанную С. Г. Эштрековой и Л. А. Сабанчиевой (2007). По данной методике был определен интерквартильный диапазон количественной оценки вегетативной реактивности и вегетативного обеспечения на основе значений показателей  $\Delta AMo50$  и  $\Delta MxDMn$  для популяции укорененных европеоидов Магаданской области в возрасте 13–17 лет (таблица 18).

Таблица 18 – Перцентильные значения разницы показателей  $\Delta AMo50$  и  $\Delta MxDMn$  в процессе активной ортостатической пробы и отношение  $SI_n/SI_\phi$  у европеоидов 13–17 лет

Перцентили, %	Ваготония (n = 170)			Нормотония (n = 214)			Симпатотония (n = 126)		
	$\Delta AMo$	$\Delta X$	$SI_n/SI_\phi$	$\Delta AMo$	$\Delta X$	$SI_n/SI_\phi$	$\Delta AMo$	$\Delta X$	$SI_n/SI_\phi$
3	-11	-253	0,8	-15	-189	0,6	-36	-105	0,4
10	-3	-208	1,1	-7	-145	0,9	-28	-71	0,5
25	+4	-156	1,8	-1	-100	1,2	-11	-48	0,8
50	+12	-103	2,8	+5	-47	1,7	+6	-7	1,4
75	+21	-51	4,5	+15	-10	2,6	+16	+43	2,1
90	+32	-3	6,2	+33	+42	4,3	+35	+92	3,7
97	+47	+72	9,6	+45	+83	7,1	+53	+136	5,1

*Примечания:* обозначения  $\Delta AMo$  и  $\Delta X$  соответствуют показателям  $\Delta AMo50$  и  $\Delta MxDMn$ ;  $SI_n/SI_\phi$  – отношение показателя стресс-индекса в состоянии фона ( $SI_\phi$ ) и нагрузки ( $SI_n$ ).

Как следует из таблицы 18, показатели нормального уровня реактивности вегетативной нервной системы, значения которого укладываются в диапазоне 25–75-го перцентиля, у подростков с различным исходным тонусом вегетативной регуляции отличаются: при ваготонии значения  $\Delta AMo50$  находятся в положительном диапазоне, равном 4–21 ед., а при нормотонии и симпатотонии показатели начинаются с отрицательных значений. Такое распределение при нормотонии и симпатотонии с нормальным типом вегетативной реактивности показывает, что возможна ситуация, когда  $AMo50$  во время АОП может быть меньше, чем в период фоновых исследований. Аналогичные изменения наблюдались по показателю  $MxDMn$ , где у подростков с симпатотонией отмечались варианты увеличения, а не уменьшения значений.

Исходя из того, что адекватным вариантом функционального ответа при ортостатической пробе является активация симпатического отдела ВНС и центрального регуляторного контура, можно считать оптимальными 5-й тип и 6-й тип вегетативной реактивности, как вариант нормы-реакции, характеризующиеся соотношениями:  $25 \% \leq \Delta AMo50 \leq 75 \%$ ;  $25 \% \leq \Delta MxDMn \leq 75 \%$  и  $25 \% \leq \Delta AMo50 \leq 75 \%$ ,  $\Delta MxDMn > 75 \%$ . По всей видимости, такая реакция организма обеспечивает ваготоникам при переходе их в вертикальное положение поддержание нормальных характеристик кровообращения за счет достаточного прироста уровня частоты сердечных сокращений и артериального давления. Для подростков с симпатотонией в качестве варианта оптимального функционального ответа

можно рассматривать регуляторное обеспечение преимущественно за счет нормальной активации парасимпатического отдела, на фоне которого реактивность симпатического отдела ВНС является сниженной (2-й тип ВР). При этом структура кардиоритма характеризуется следующими соотношениями:  $\Delta AM_{050} < 25\%$  и  $25\% \leq \Delta M \times DM_n \leq 75\%$ . Отметим, что в процессе АОП для подростков с ваготонией верхняя граница показателя стресс-реакции  $SI_{\Pi}/SI_{\Phi}$  организма не должна превышать увеличения более чем в 4,5 раза, а для лиц с нормотонией и симпатотонией – 2,6 и 2,1 раза, соответственно. Это еще раз показывает, что при мобилизации механизмов вегетативной регуляции в подростковый период наблюдается различная «цена» адаптации.

Так, у европеоидов (вне зависимости от возраста) при исходно различной активности вегетативной регуляции 5-й тип встречается до 40 % случаев от общего количество лиц в каждой типизированной группе (рисунок 3). При этом инварианты нормы-реакции (2- и 6-й типы) встречаются до 10 %, а все остальные типы вегетативной реактивности (1-, 3-, 4-, 7, 8, 9-й) наблюдаются в пределах 5–15 % случаев.

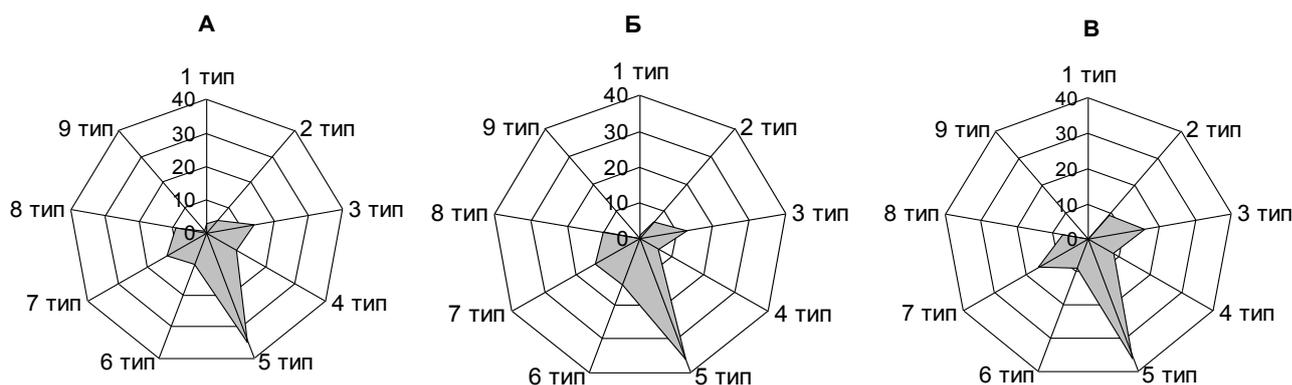


Рисунок 3 – Распределение типов вегетативной реактивности в процессе активной ортостатической пробы у европеоидов при ваготонии (А), нормотонии (Б) и симпатотонии (В), %

В соответствии с рисунком 3 профиль распределения лепестковых гистограмм по типам вегетативной реактивности при АОП практически совпадает, а отличия отмечаются при нормотонии в основном по 6-му типу. При этом практически во всех типизированных возрастных группах до 10 % обследуемых можно было отнести к 3-му типу вегетативной реактивности (низкая реактивность обоих отделов ВНС или парадоксальные реакции) или, наоборот, с избыточно высокой реактивностью (7-й тип). Такие варианты вегетативной реактивности наиболее близки к «выпадению» за пределы 3-го и 97-го перцентилля, что может рассматриваться как патологическая реакция отделов ВНС (Эштрекова, Сабанчиева, 2007).

Исходя из того, что высокочастотную составляющую спектра (HF) связывают с вагусной активностью, а очень низкочастотную (VLF) – с активностью надсегментарных

(в частности гипоталамических) центров вегетативной регуляции (Баевский и др., 1984; Михайлов, 2000; AlAni et al., 1996; Malpas, 2002), мы определили интерквартильный диапазон данных показателей ( $\Delta HF$ ,  $\Delta VLF$ ) относительно их фоновых значений (таблица 19). Диапазоны количественной оценки вегетативной реактивности и вегетативного обеспечения были аналогичны при использовании подходов на основе показателей  $\Delta AMo50$  и  $\Delta MxDMn$  (раздел 2.2).

Таблица 19 – Перцентильные значения разницы показателей  $\Delta HF$  и  $\Delta VLF$  в процессе активной ортостатической пробы у европеоидов 13–17 лет

Перцентили, %	Ваготония		Нормотония		Симпатотония	
	$\Delta HF$	$\Delta VLF$	$\Delta HF$	$\Delta VLF$	$\Delta HF$	$\Delta VLF$
3	-3190	-860	-1625	-750	-650	-360
10	-2800	-620	-1280	-470	-490	-225
25	-2000	-345	-1010	-180	-285	-95
50	-1350	-110	-600	+20	-147	+8
75	-825	+230	-360	+260	-25	+160
90	-640	+545	-115	+568	+70	+360
97	-345	+1040	+180	+970	+280	+700

*Примечание.* Знаком «+» показан прирост показателя во время активной ортостатической пробы относительно значений фона, знаком «-» – снижение.

Отметим, что со стороны спектральных составляющих с увеличением симпатической активности наблюдается выраженное уменьшение диапазона. Так, если у лиц с ваготонией вариабельность в пределах 25–75-го перцентилей дыхательного компонента спектра ( $\Delta HF$ ) может быть до  $1200 \text{ мс}^2$ , то при симпатотонии она практически в 5 раз меньше ( $260 \text{ мс}^2$ ). Аналогичная тенденция отмечается по низкочастотной составляющей. Такие особенности изменения показателей ВСП еще раз подчеркивают то, что возможности мобилизации функциональных систем организма в пределах физиологического «оптимума» ограничены и зависят от исходного тонуса ВНС.

С учетом особенностей распределения спектральных составляющих и комплексной оценки четырех показателей ( $AMo50$ ,  $MxDMn$ ,  $HF$ ,  $VLF$ ) были детализированы границы процентного распределения типов вегетативной реактивности (рисунок 4).

У подростков сохраняется максимальное количество лиц с вариантами оптимальной вегетативной реактивности для лиц с ваготонией и нормотонией (5- и 6-й тип), с симпатотонией (5- и 2-й тип) и достигали 40–45 % случаев от общего количества лиц в каждой типизированной группе. При этом характер распределения других вариантов в группе не превышал 12 % случаев. Отметим, что при нормотонии также преобладали лица с 6-м типом вегетативной

реактивности, соответствуя результатам на рисунке 3, по отношению к другим типизированным группам по исходной активности вегетативной регуляции сердечного ритма.

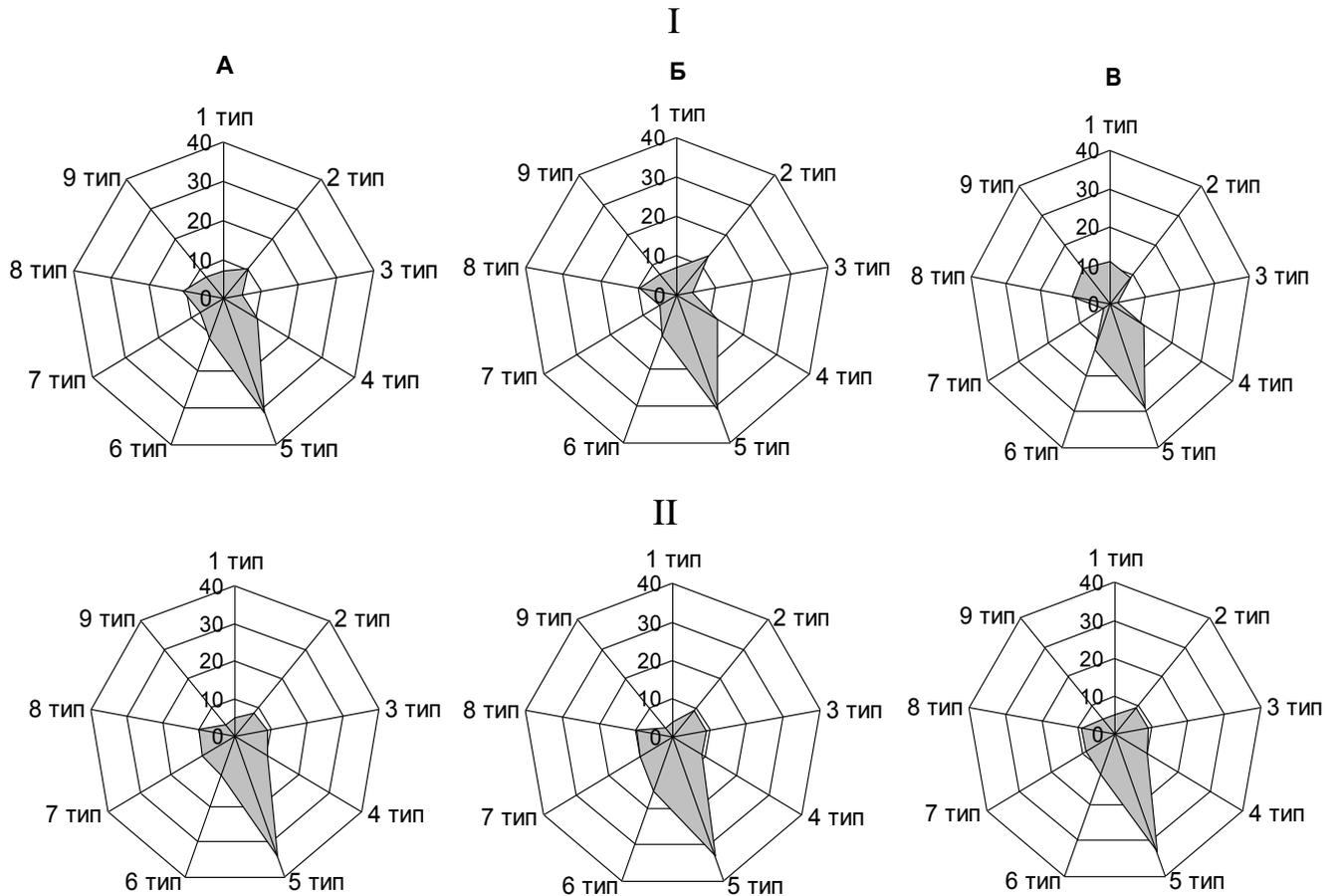


Рисунок 4 – Распределение типов вегетативной реактивности в процессе активной ортостатической пробы у европеоидов при ваготонии (А), нормотонии (Б) и симпатотонии (В) по спектральной (I) и комплексной оценке (II) показателей кардиоритма, %

Для выявления изменений в возрастной динамике распределений типов вегетативной реактивности согласно разнице значений относительно фоновых значений  $AM_{0.50}$ ,  $MxDM_n$ , HF, VLF был проведен сравнительный анализ между подростками объединенных групп 13–14 и 16–17 лет. В обследуемых возрастных группах было следующее количество лиц: при ваготонии – по 65, нормотонии – по 99 и 74, а при симпатотонии – по 52 и 44 чел. Так, для каждой анализируемой возрастной группы с учетом преобладающего звена ВНС определялось процентное соотношение лиц с различным типом вегетативной реактивности и обеспечения (рисунок 5). Согласно рисунку 5 видно, что сохраняется преобладание вариантов нормальной вегетативной реактивности (5-й тип) до 40 % случаев по отношению к другим вариантам функционального ответа на АОП.

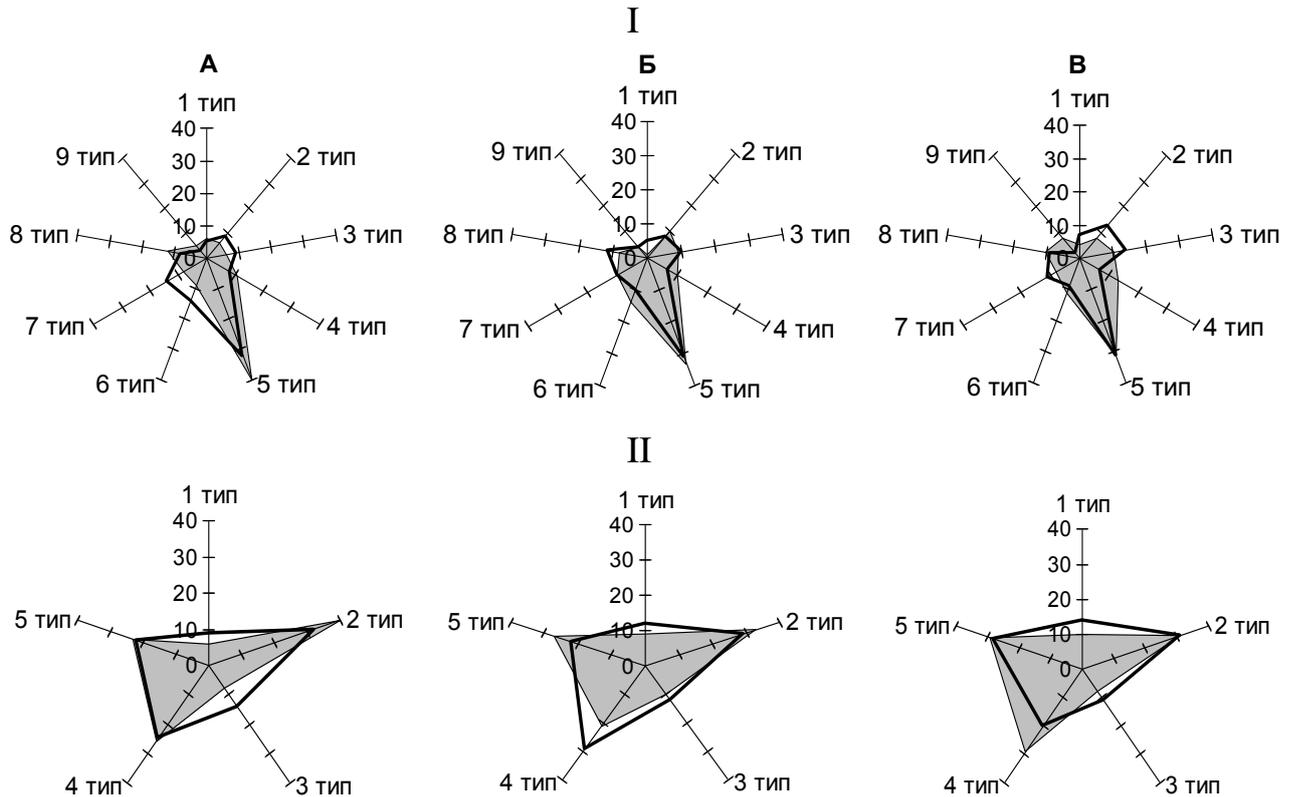


Рисунок 5 – Распределение типов вегетативной реактивности (I) и вегетативного обеспечения (II) у европеоидов при ваготонии (А), нормотонии (Б) и симпатотонии (В), %

*Примечание.* Заштрихованный диапазон – данные европеоидов 13–14 лет; полужирная линия – данные европеоидов 16–17 лет. За 100 % принято общее количество лиц в каждой группе.

Однако данный вариант реакции к 16–17 годам у лиц с ваготонией незначительно уменьшался на 5 %, тогда как увеличивался 3-й и 7-й типы вегетативной реактивности. При нормотонии и симпатотонии данные варианты практически не изменялись. В то же время у обследуемых с нормотонией отмечалась различная направленность (уменьшение и увеличение) 2-го и 8-го типа вегетативной реактивности, а при симпатотонии – снижение 4-го и 9-го типа, соответственно. Эти особенности вегетативной реактивности определяют поддержание нового функционального состояния при изменении тела в пространстве. Подчеркнем, что 1-, 2- и 3-й типы вегетативного обеспечения определяются изменениями для 3-, 5-, 7-го типов вегетативной реактивности (рисунок 5 II). При этом вегетативное обеспечение 4-го и 5-го типа характеризуется комплексным определением, и поддержание нового функционального состояния осуществляется преимущественно за счет симпатического отдела (6-, 8-, 9-й тип ВР) или парасимпатического (1-, 2-, 4-й тип ВР), соответственно (Эштрекова, Сабанчиева, 2007). Так, если у лиц с ваготонией к 16–17 годам не отмечается изменений по данным вариантам вегетативного обеспечения, то при нормотонии наблюдается небольшое

уменьшение за счет парасимпатического звена (5-й тип) с 27 до 22 % и увеличение за счет симпатического и надсегментарных отделов ВНС (4-й тип) с 21 до 29 %.

Динамические реципрокные взаимосвязи симпатического и парасимпатического отделов ВНС обеспечивают удовлетворительное поддержание гомеостаза и отражают пластичность функциональных возможностей системы кардиогемодинамики (Баевский и др., 2001a; Coumel, Leenhardt, 1991; Malliani et al., 1991). С учетом этого у подростков с нормотонией стабилизация системы и поддержание вегетативного обеспечения (в положении стоя) за счет повышения тонуса симпатического отдела ВНС может свидетельствовать о расходовании функциональных резервов организма, тогда как активация парасимпатического звена направлена на сохранение и расширение адаптационных возможностей организма.

У подростков с симпатотонией к старшему школьному возрасту только 4-й тип вегетативного обеспечения (за счет симпатического звена) незначительно уменьшался с 29 до 20 %. Исходя из этого, можно констатировать тенденцию улучшения функционального состояния организма при симпатикотонии, когда к старшему школьному возрасту в большинстве случаев происходит окончательное становление регуляции сердечного ритма.

С. Г. Эштрековой и Л. А. Сабанчиевой (2007) были определены нарушения у детей с выраженной симпатотонией при вегетативном обеспечении за счет симпатического звена ВНС такие как вагусная недостаточность (6-й тип ВР), симпатическое напряжение (8-й тип ВР), дизадаптация звеньев автономной регуляции организма (9-й тип ВР).

Со стороны гемодинамических показателей в типизированных группах при выполнении АОП у абсолютного большинства исследуемых подростков в анализируемом возрастном диапазоне наблюдалось повышение ЧСС на всех этапах обследования (не более 30 уд./мин). При этом происходило незначительное колебание САД (увеличение или уменьшение) в пределах до 10 мм рт. ст. со статистически значимым увеличением во всех случаях ДАД (таблица 20). Такие особенности изменения показателей АД могут свидетельствовать о нормальном вегетативном обеспечении обследуемых в ответ на ортостатическую нагрузку.

Полученные данные сопоставимы с результатами исследования Т. В. Мальцевой и соавт. (2008), когда авторы у подростков-северян (Ямало-Ненецкий АО) при увеличении ЧСС (110,4 против 77,3 уд./мин) наблюдали аналогичное возрастание ДАД (75 против 69 мм рт. ст.). Такой гипердиастолический вариант реакции сердечно-сосудистой системы является наиболее дезадаптивным.

В ряде работ показано, что с возрастом отмечается уменьшение гипертензивной реакции и наблюдается увеличение сердечного компонента, проявляющегося в более выраженной хронотропной реакции сердца (Яхонтов, Янковская, 2006; Петрова, 2011).

Таблица 20 – Значения разницы показателей артериального давления у европеоидов на 2-й и 5-й минутах активной ортостатической пробы относительно фоновых значений

Изучаемые показатели	Исходный тип ВНС	Возраст, лет									
		13		14		15		16		17	
		2-я мин	5-я мин	2-я мин	5-я мин	2-я мин	5-я мин	2-я мин	5-я мин	2-я мин	5-я мин
ΔЧСС, уд./мин	Ваготония	+15	+21	+17	+25	+16	+21	+8	+19	+13	+21
	Нормотония	+12	+16	+14	+20	+11	+13	+15	+15	+13	+20
	Симпатотония	+13	+16	+7	+16	+9	+14	+16	+20	+16	+19
ΔСАД, мм рт. ст.	Ваготония	+3	+1	+8	+4	+9	+5	+10	+1	+10	0
	Нормотония	+5	+2	+3	+2	+3	0	+4	-1	+7	+4
	Симпатотония	+5	+1	0	+4	+6	0	+9	-1	-1	-5
ΔДАД, мм рт. ст.	Ваготония	+12	+10	+11	+12	+13	+13	+13	+13	+11	+11
	Нормотония	+11	+6	+10	+10	+11	+8	+8	+8	+10	+3
	Симпатотония	+8	+7	+9	+8	+12	+10	+8	+10	+12	+12

*Примечание.* Знаком «+» показан прирост показателя во время активной ортостатической пробы относительно значений фона, знаком «-» – снижение.

В процессе проведения АОП для поддержания нового функционального уровня на всех этапах ортостаза (2–5-я минута) при ваготонии наблюдалось увеличение по САД, а при симпатотонии – по ДАД ( $N = 12$ ,  $X^2 = 11$ ,  $p = 0,02$ ). Это косвенно может указывать на то, что в группах компенсаторные механизмы, обеспечивающие выполнение функциональной нагрузки, различны: при ваготонии они связаны с изменениями параметров сердечного выброса, а при симпатотонии происходят за счет сосудистого компонента.

В возрастной динамике у подростков с различным исходным типом вегетативной регуляции достоверные изменения были в возрасте 14–15 лет, что соответствует активному периоду увеличения гемодинамических показателей (таблица 21). На 2-й минуте АОП у обследуемых в 15 лет произошло увеличение САД согласно медиане на 7–12 мм рт. ст. по отношению к 14-летним подросткам, но уже к 5-й минуте эти различия отсутствовали. В рассматриваемые этапы АОП при ваготонии у обследуемых в 15 лет достоверно уменьшалась ЧСС по отношению к подросткам 14 лет, тогда как у лиц с симпатотонией в этот возрастной период происходило увеличение ДАД,  $p < 0,05$ .

Отметим, что в возрасте с 15 до 17 лет у обследуемых проявлялась высокая связь между состоянием активности различных регуляторных звеньев ВНС и показателями АД во 2-ю минуту ортостаза, тогда как в 17 лет она сохранялась только с показателем ДАД на 5-й минуте. У подростков с симпатотонией наблюдались достоверно высокие значения ДАД в состоянии как фона, так и ортостаза (72–84 мм рт. ст.) по отношению к другим типизированным группам с нормотонией и ваготонией. Эти особенности реакции являются неблагоприятным признаком в формировании резервов системы кардиогемодинамики у симпатотоников и могут свидетельствовать об ухудшении функционального состояния организма.

Таблица 21 – Показатели артериального давления у европеоидов с различным типом вегетативной регуляции сердечного ритма на 2-й и 5-й минутах активной ортостатической пробы, Md (25-й; 75-й процентиль)

Изучаемые показатели	Исходный тип ВНС	2-я минута активной ортостатической пробы				
		13 лет	14 лет	15 лет	16 лет	17 лет
ЧСС, уд./мин	Ваготония	83 (78; 91)	84 (76; 98)	81 (68; 90)*	74 (66; 88)	78 (70; 88)
	Нормотония	92 (88; 97) <sup>1</sup>	89 (80; 96)	88 (83; 99) <sup>1</sup>	90 (80; 98) <sup>1</sup>	85 (81; 98) <sup>1</sup>
	Симпатотония	99 (96; 109) <sup>2,3</sup>	91 (85; 100)	98 (86; 107) <sup>2,3</sup>	99 (90; 111) <sup>2,3</sup>	95 (87; 111) <sup>3</sup>
САД, мм рт. ст.	Ваготония	114 (107; 121)	120 (112; 127)	127 (119; 135)*	129 (118; 136)	130 (119; 139)
	Нормотония	120 (112; 129) <sup>1</sup>	120 (113; 128)	123 (112; 138)*	124 (115; 140)	125 (118; 129)
	Симпатотония	120 (114; 127) <sup>3</sup>	116 (105; 129)	128 (123; 133)*	130 (122; 134)	125 (117; 131)
ДАД, мм рт. ст.	Ваготония	73 (66; 76)	72 (67; 79)	73 (67; 76)	75 (68; 81)	75 (68; 78)
	Нормотония	75 (66; 80)	73 (68; 77)	75 (67; 80)	74 (70; 80)	73 (70; 77)
	Симпатотония	72 (70; 76)	73 (67; 76)	79 (72; 84)* <sup>3</sup>	76 (74; 85) <sup>2</sup>	80 (78; 85) <sup>2,3</sup>
<b>5-я минута активной ортостатической пробы</b>						
ЧСС, уд./мин	Ваготония	89 (85; 99)	92 (87; 99)	86 (77; 92)*	85 (79; 91)	86 (80; 95)
	Нормотония	96 (89; 105)	95 (88; 100)	90 (86; 100) <sup>1</sup>	94 (85; 98) <sup>1</sup>	92 (87; 99) <sup>1</sup>
	Симпатотония	102 (96; 109) <sup>2,3</sup>	100 (92; 112) <sup>2,3</sup>	103 (95; 114) <sup>2,3</sup>	103 (94; 112) <sup>2,3</sup>	98 (95; 114) <sup>2,3</sup>
САД, мм рт. ст.	Ваготония	112 (107; 121)	116 (112; 123)	123 (112; 128)	120 (115; 127)	120 (111; 132)
	Нормотония	117 (109; 124)	119 (108; 125)	120 (115; 127)	121 (113; 130)	122 (113; 128)
	Симпатотония	116 (112; 124) <sup>3</sup>	120 (110; 125)	122 (115; 130)	120 (115; 127)	121 (117; 132)
ДАД, мм рт. ст.	Ваготония	71 (68; 76)	73 (69; 77)	73 (68; 76)	75 (70; 81)	75 (70; 80)
	Нормотония	70 (65; 77)	74 (68; 81)*	75 (68; 80)	76 (71; 80)	71 (67; 77)
	Симпатотония	71 (67; 79)	72 (68; 77)	77 (70; 82)*	78 (71; 82)	80 (72; 84) <sup>2,3</sup>

*Примечания:* звездочкой отмечены достоверные различия показателя по сравнению с предыдущим возрастом у европеоидов с одинаковым типом вегетативной регуляции,  $p < 0,05$ ; «1» – достоверные различия по изучаемым показателям у учащихся одного возраста с ваготонией и нормотонией; «2» – достоверные различия у учащихся с нормотонией и симпатотонией; «3» – достоверные различия у учащихся с ваготонией и симпатотонией,  $p < 0,05$ .

Таким образом, у уроженцев-европеоидов Магаданской области процессы морфофункциональных перестроек при различном исходном типе вегетативной регуляции отличаются. Так, при ваготонии активное увеличение длины тела происходит до 15 лет. В то же время для подростков с нормотонией и симпатотонией динамика изменения длины тела продолжается до 16 и 17 лет. Максимальные периоды изменений длины тела наблюдаются при нормотонии в 14–15 лет, а при симпатотонии на год раньше – в 13–14 лет. У подростков с ваготонией и нормотонией в большей степени наблюдается совпадение изменений показателей кардиогемодинамики с периодами активного роста. Увеличения параметров сердечного выброса продолжаются до 15 лет. При симпатотонии эти процессы не имеют выраженной согласованности. В состоянии фона у подростков с различным исходным типом вегетативной регуляции наблюдается вариативность значений 25- и 75-го перцентилей, но при этом наибольшее число достоверных изменений показателей ВСП выявлено у подростков с ваготонией в 14–15 лет. Эти особенности связаны с увеличением влияния автономного контура регуляции на кардиоритма в 15 лет. В то же время среди подростков с нормотонией и симпатотонией показатели ВСП практически не изменялись. Перцентильное распределение показателей артериального давления и частоты сердечных сокращений показывает, что с увеличением активности симпатического звена на сердечный ритм происходит увеличение их абсолютных значений. В ходе проведенной АОП можно констатировать, что у северян из числа укорененных европеоидов оптимальным является нормотонический либо умеренно парасимпатический тип вегетативной регуляции, когда функциональная нагрузка приводит к адекватной мобилизации функциональных резервов организма. Такие особенности для лиц с различным исходным типом ВНС подтверждаются показателями индивидуальной вегетативной реактивности, когда диапазон физиологического оптимума согласно статистическим ( $\Delta AM_{50}$ ,  $\Delta MxDM_n$ ) и спектральным характеристикам ( $\Delta HF$ ,  $\Delta VLF$ ) кардиоритма «шире» у лиц с ваготонией и нормотонией. При этом наиболее оптимальным для них является уровень реактивности по 5-му типу и, как вариант нормы-реакции, по 6-му типу. Для лиц с исходной симпатотонией вариантами адекватной реакции вегетативных механизмов регуляции могут считаться 5-й и, как вариант нормы реакции, 2-й тип вегетативной реактивности, когда наблюдается нормальная реактивность парасимпатического отдела ВНС. Данные варианты вегетативной реактивности отмечаются до 40–45 % случаев, тогда как все остальные – от 4 до 18 %. В возрастном аспекте сохраняется преобладание нормальной вегетативной реактивности. При этом комбинаторика подключения различных звеньев ВНС и изменение степени их реактивности свидетельствуют, что с возрастом поддержание оптимального вегетативного обеспечения у подростков с нормотонией незначительно увеличивается преимущественно за счет активации симпатического отдела ВНС.

Отметим, что при симпатотонии в 10 % случаев отмечается риск развития дизадаптационных состояний при сохранении высокой степени активации симпатического звена ВНС соответствующим 6-, 8- или 9-му типу вегетативной реактивности. По всей видимости, в экстремальных природно-климатических условиях Северо-Востока России у современных уроженцев-европеоидов наиболее выраженные регуляторные изменения и формирование функциональных резервов в системе кардиогемодинамики происходят в 14–15 лет, а в последующие возрастные периоды эти процессы замедляются.

### **3.4. Возрастные особенности variability сердечного ритма и гемодинамики у аборигенов Магаданской области**

Известно, что аборигенному населению Севера присущ ряд специфических соматоморфологических признаков: уменьшение габаритных размеров тела, низкорослость, почти полное отсутствие астенического типа телосложения, развитость костно-мышечной массы и прочность скелета, которые освещены достаточно широко (Алексеева, 1977; Козлов, Вершубская, 1999; Степанова, 2005; Годовых, Годовых, 2006).

Проведенный нами анализ длины и массы тела в изучаемых возрастных группах без учета исходного уровня вегетативной регуляции сердечного ритма выявил, что показатели во многом соответствуют величинам, ранее полученным другими исследователями для аборигенных этносов Северо-Востока России (Соколов и др., 2007; Соколов, Гречкина, 2008). Так, у подростков абсолютные значения медианы (средней со среднеквадратичной ошибки) показателей длины тела без учета исходного типа ВНС в возрастной период с 13 до 17 лет изменялись следующим образом: 151,0 (150,8±1,3); 158,5 (157,7±1,7); 165,0 (162,8±1,0); 165,0 (165,7±1,1); 165 (168,0±1,0) см. При этом их масса тела была 42,0 (41,4±1,1); 45,0 (47,7±1,9); 51,2 (51,3±1,1); 54,4 (54,8±1,3); 56 (56,8±1,0) кг. Значения анализируемых показателей у аборигенов занимают нижние процентильные коридоры международных стандартов и соответствуют градации «меньше среднего», подтверждая имеющиеся литературные данные (Козлов, Вершубская, 1999; Часнык и др., 2010; Тролукова и др., 2012).

Однако у аборигенных этносов Севера (якутов) были отмечены существенные различия резервных возможностей кардиореспираторной системы в зависимости от морфометрических характеристик и от исходного тонуса ВНС, что является важным показателем, отражающим работоспособность обследуемых лиц (Степанова и др., 2009). При оценке преобладающего типа вегетативной регуляции в популяции оказалось, что ваготония наблюдается у 29 %, нормотония – у 36 % и симпатотония – у 35 % от числа всей выборки в 255 чел.

Показатели длины и массы тела у аборигенов Магаданской области в зависимости от исходного типа вегетативной регуляции сердечного ритма представлены в таблице 22. В динамике их изменений наблюдались статистически значимые различия только между подростками 13 лет с ваготонией и симпатотонией. При этом можно отметить в 13–14 лет увеличение диапазона интерквартильной широты анализируемых показателей при усилении влияния симпатического звена на ВСР. В то же время в старшем школьном возрасте у обследуемых с ваготонией отмечался сдвиг к более высоким значениям длины тела (168 см), тогда как при нормотонии и симпатотонии изменения были минимальные. Такие особенности обусловлены различными периодами максимальных приростов длины тела, что, вероятно, связано с гормональными перестройками в активный период пубертата.

Таблица 22 – Показатели длины и массы тела у аборигенов Магаданской области с различным типом вегетативной регуляции, Md (25-й; 75-й процентиль)

Возраст, лет	Исходный тип вегетативной регуляции					
	ваготония		нормотония		симпатотония	
	Длина тела, см	Масса тела, кг	Длина тела, см	Масса тела, кг	Длина тела, см	Масса тела, кг
13	147,5 (141; 151)	37,8 (34; 40)	151,0 (148; 156)	40,8 (37; 43)	154,0 (147; 158) <sup>1</sup>	44,0 (42; 46) <sup>1</sup>
14	158,5 (147; 160)*	44,0 (40; 45)*	158,0 (150; 162)*	43,0 (39; 50)	159,3 (152; 163)*	48,5 (45; 52)*
15	160,0 (157; 167)	50,0 (48; 54)	164,5 (157; 167)*	52,0 (48; 57)*	165,3 (157; 169)*	49,0 (44; 54)
16	166,8 (163; 169)*	55,0 (52; 60)*	164,6 (159; 170)	52,0 (50; 58)	165,4 (160; 169)	49,0 (45; 60)
17	168,0 (164; 174)	59,0 (53; 64)	164,6 (160; 175)	55,5 (51; 61)	165,7 (165; 173)	55,1 (50; 62)

*Примечания:* звездочкой отмечены достоверные различия показателя по сравнению с предыдущим возрастом у аборигенов с одинаковым типом вегетативной регуляции; «1» – достоверные различия по показателю у учащихся одного возраста с ваготонией и симпатотонией,  $p < 0,05$ .

Как следует из абсолютных значений медианы, при ваготонии эти периоды отмечались в 13–14 лет (11,0 см/год) и в 15–16 лет (6,8 см/год), а при нормотонии и симпатотонии тот же процесс был менее выражен и характеризовался двумя последовательными периодами: с 13–14 (7,0 и 5,3 см/год) до 14–15 лет (6,5 и 6,0 см/год). Темпы увеличения длины тела согласно медиане при нормотонии и симпатотонии замедляются с 15 до 17 лет и соответствуют 0,1 и 0,4 см/год, тогда как у лиц с ваготонией в этот период увеличение длины тела было 8 см/год. Отметим, что только у аборигенов с ваготонией наблюдалось совпадение максимальных приростов анализируемых показателей длины и массы тела. При нормотонии выраженное увеличение массы тела было только с 14 до 15 лет – на 9 кг/год, а при симпатотонии с 13 до 14 лет – на 4,5 кг/год,  $p < 0,05$ .

Известно, что с возрастом происходит изменение активности влияния симпатического и парасимпатического звена на структуру сердечного ритма. Согласно данным литературы, у коренных малочисленных народов Севера период выраженного напряжения регуляторных систем организма наблюдается у младших школьников (7–10 лет), но к 15–17 годам «смещается в сторону ваготонии» (Нифонтова и др., 2007; Ермошкина и др., 2012).

В таблице 23 представлены данные ВСП обследуемых групп, где у подростков с преобладанием парасимпатического звена вегетативной регуляции наблюдали самые высокие их значения по отношению к лицам с нормотонией и симпатотонией:  $M_0$ , SDNN, RMSSD, pNN50 и MxDMn,  $p < 0,001$ . При ваготонии значения общей мощности спектра в 3 раза были больше, чем у подростков с симпатотонией,  $p < 0,001$ .

Также у обследуемых с преобладанием вагусной активности отмечали достоверно большие значения HF- и LF-составляющих спектра по отношению к нормотонии и симпатотонии,  $p < 0,001$ . В типизированных группах статистические различия наблюдались по всем анализируемым показателям ВСП, кроме очень низкочастотной составляющей спектра (VLF) между лицами с ваго- и нормотонией. По всей видимости, это свидетельствует об однонаправленной степени преобладания церебральных (эрготропных) влияний в регуляции кровообращения у этих групп обследуемых и их функциональной близости.

При исследовании подростков разного возраста в состоянии покоя (лежа) статистически значимые различия отмечали у лиц с ваготонией между группой 14- и 15-летнего возраста по показателям SDNN, TP, HF и у симпатотоников по pNN50 и HF,  $p < 0,01$ . Перечисленные показатели в абсолютных значениях больше при вагусной активности в 14 лет и при симпатотонии в 15 лет. В группе с нормотоническим типом вегетативной регуляции различия были между 15- и 16-летними подростками только по показателю AMo50,  $p < 0,05$ . Высокие значения показателя у 16-летних подростков могут указывать на большую активацию симпатического звена ВНС, чем в других возрастных группах.

Проведенный анализ значений АД в популяции позволил установить, что у 88 % обследованных (в положении лежа) аборигенов в возрасте 13–17 лет систолические показатели артериального давления находились в диапазоне 100–129 мм рт. ст., а диастолические – 52–69 мм рт. ст. Показатели АД аборигенов Магаданской области и других малочисленных народов Севера свидетельствуют в большинстве случаев о сопоставимых значениях (Козлов, Вершубская, 1999; Нифонтова и др., 2007; Николаева и др., 2008). В то же время оценка диапазонов АД и ЧСС с учетом ведущего типа вегетативной регуляции позволила выявить особенности их распределения (таблица 24). Так, при увеличении симпатического влияния на сердечный ритм происходит возрастание значений ЧСС и ДАД в большей степени, чем показателей САД.

Таблица 23 – Статистические и спектральные показатели кардиоритма у аборигенов с различным типом вегетативной регуляции,

Md (25-й; 75-й процентиль)

Изучаемые показатели	Исходный тип ВНС	Возраст, лет				
		13 (n = 48)	14 (n = 43)	15 (n = 67)	16 (n = 49)	17 (n = 48)
Mo, мс	Ваготония	884 (813; 925)	886 (820; 970)	921 (822; 977)	918 (854; 1043)	896 (885; 983)
	Нормотония	766 (735; 804) <sup>1</sup>	759 (727; 810) <sup>1</sup>	800 (745; 848) <sup>1</sup>	776 (732; 816) <sup>1</sup>	826 (773; 900) <sup>1</sup>
	Симпатотония	682 (629; 743) <sup>2,3</sup>	692 (651; 750) <sup>2,3</sup>	682 (650; 711) <sup>2,3</sup>	740 (700; 755) <sup>*2,3</sup>	749 (693; 814) <sup>2,3</sup>
AMo50, %/50 мс	Ваготония	28 (26; 30)	25 (23; 27)	30 (27; 32)	30 (27; 35)	30 (27; 33)
	Нормотония	38 (35; 42) <sup>1</sup>	35 (32; 46) <sup>1</sup>	36 (33; 39) <sup>1</sup>	42 (38; 45) <sup>1</sup>	43 (34; 42) <sup>1</sup>
	Симпатотония	60 (56; 68) <sup>2,3</sup>	58 (53; 68) <sup>2,3</sup>	61 (55; 62) <sup>2,3</sup>	59 (54; 62) <sup>2,3</sup>	56 (52; 69) <sup>2,3</sup>
MxDMn, мс	Ваготония	400 (346; 424)	393(362; 399)	360 (322; 374)	349 (320; 377)	339 (330; 372)
	Нормотония	281 (254; 294) <sup>1</sup>	287 (260; 318) <sup>1</sup>	269 (240; 302) <sup>1</sup>	266 (244; 302) <sup>1</sup>	266 (248; 270) <sup>1</sup>
	Симпатотония	185 (154; 199) <sup>2,3</sup>	180 (153; 198) <sup>2,3</sup>	177 (150; 193) <sup>2,3</sup>	173 (160; 194) <sup>2,3</sup>	184 (156; 207) <sup>2,3</sup>
SDNN, мс	Ваготония	79 (70; 82)	76 (73; 83)	66 (61; 71) <sup>*</sup>	69 (60; 77)	64 (63; 70)
	Нормотония	50 (48; 59) <sup>1</sup>	54 (50; 60) <sup>1</sup>	56 (44; 59) <sup>1</sup>	48 (45; 57) <sup>1</sup>	49 (44; 52) <sup>1</sup>
	Симпатотония	35 (30; 38) <sup>2,3</sup>	33 (30; 36) <sup>2,3</sup>	33 (30; 34) <sup>2,3</sup>	33 (29; 37) <sup>2,3</sup>	35 (28; 40) <sup>2,3</sup>
RMSSD, мс	Ваготония	77 (72; 88)	75 (69; 82)	68 (61; 75)	74 (60; 81)	66 (60; 75)
	Нормотония	47 (40; 54) <sup>1</sup>	45 (41; 54) <sup>1</sup>	48 (39; 56) <sup>1</sup>	44 (36; 49,5) <sup>1</sup>	42 (33; 44) <sup>1</sup>
	Симпатотония	27 (23; 35) <sup>2,3</sup>	30 (23; 34) <sup>2,3</sup>	25 (20; 27) <sup>2,3</sup>	27 (23; 31) <sup>2,3</sup>	26 (19; 29) <sup>2,3</sup>
pNNS50, %	Ваготония	52 (40; 59)	58 (46; 59)	44 (39; 55)	48 (41; 57)	45 (42; 60)
	Нормотония	30 (21; 36) <sup>1</sup>	25 (16; 30) <sup>1</sup>	26 (16; 34) <sup>1</sup>	23 (15; 27) <sup>1</sup>	22 (13; 31) <sup>1</sup>
	Симпатотония	5 (3; 11) <sup>2,3</sup>	8 (3; 14) <sup>2,3</sup>	11 (1; 16) <sup>*2,3</sup>	6 (2; 10) <sup>2,3</sup>	5 (1; 7) <sup>2,3</sup>
SI, усл. ед.	Ваготония	49 (33; 50)	39 (32; 47)	50 (45; 50) <sup>*</sup>	49 (36; 50)	48 (41; 50)
	Нормотония	87 (79; 107) <sup>1</sup>	80 (71; 107) <sup>1</sup>	80 (73;121) <sup>1</sup>	96 (83; 124) <sup>1</sup>	102 (79; 123) <sup>1</sup>
	Симпатотония	248 (200; 324) <sup>2,3</sup>	230 (173; 313) <sup>2,3</sup>	237 (189; 293) <sup>2,3</sup>	235 (200; 268) <sup>2,3</sup>	188 (160; 312) <sup>2,3</sup>
IARS, балл	Ваготония	4 (3; 4)	4 (3; 5)	4 (4; 5)	5 (4; 6)	4 (3; 4)
	Нормотония	2 (1; 3) <sup>1</sup>	2 (2; 4)	3 (2; 4) <sup>1</sup>	2 (1; 4) <sup>1</sup>	2 (1; 3) <sup>1</sup>
	Симпатотония	4 (3; 5) <sup>2,3</sup>	4 (3; 4)	4 (2; 4) <sup>2,3</sup>	3 (3; 5) <sup>2</sup>	3 (3; 4) <sup>2,3</sup>

Изучаемые показатели	Исходный тип ВНС	Возраст				
		13 (n = 48)	14 (n = 43)	15 (n = 67)	16 (n = 49)	17 (n = 48)
TP, мс <sup>2</sup>	Ваготония	3960 (3344; 5057)	4423 (3357; 4900)	3434 (2347; 4146)*	3755 (2724; 5214)	3591 (3050; 4312)
	Нормотония	2093 (1590; 3076) <sup>1</sup>	2091 (1461; 2940) <sup>1</sup>	1834 (1317; 3176) <sup>1</sup>	1846 (1404; 2462) <sup>1</sup>	1563 (1176; 2126) <sup>1</sup>
	Симпатотония	847 (580; 1279) <sup>2,3</sup>	918 (500; 1340) <sup>2,3</sup>	973 (513; 1300) <sup>2,3</sup>	750 (509; 1230) <sup>2,3</sup>	878 (632; 1343) <sup>2,3</sup>
HF, мс <sup>2</sup>	Ваготония	2152 (1852; 2664)	2330 (1664; 2739)	1737 (1010; 1935)*	1724 (1185; 2542)	1734 (1570; 2093)
	Нормотония	1061 (804; 1340) <sup>1</sup>	867 (669; 1272) <sup>1</sup>	753 (575; 1510) <sup>1</sup>	707 (549; 906) <sup>1</sup>	657 (517; 798) <sup>1</sup>
	Симпатотония	380 (250; 536) <sup>2,3</sup>	440 (216; 531) <sup>2,3</sup>	480 (165; 533) <sup>2,3</sup>	280 (233; 510) <sup>2,3</sup>	312 (190; 430) <sup>2,3</sup>
LF, мс <sup>2</sup>	Ваготония	1238 (1080;1603)	1347 (1010;1387)	1225 (930;1546)	1521 (1198;1910)	1204 (990; 1296)
	Нормотония	566 (398; 1008) <sup>1</sup>	750 (553; 889) <sup>1</sup>	656 (445; 1090) <sup>1</sup>	771 (571; 1042) <sup>1</sup>	514 (378; 763) <sup>1</sup>
	Симпатотония	273 (181; 443) <sup>2,3</sup>	254 (172; 473) <sup>2,3</sup>	310 (198; 514) <sup>2,3</sup>	290 (171; 451) <sup>2,3</sup>	350 (282; 596) <sup>2,3</sup>
VLF, мс <sup>2</sup>	Ваготония	570 (412; 790)	746 (683; 812)	472 (407; 665)*	506 (341; 762)	653 (490; 923)
	Нормотония	466 (388; 728)	474 (239; 779) <sup>1</sup>	425 (297; 576)	368 (284; 514)	392 (281; 565) <sup>1</sup>
	Симпатотония	194 (147; 300) <sup>2,3</sup>	224 (111; 340) <sup>2,3</sup>	183 (150; 250) <sup>2,3</sup>	180 (105; 270) <sup>2,3</sup>	216 (160; 317) <sup>2,3</sup>

*Примечания:* звездочкой отмечены достоверные различия показателя по сравнению с предыдущим возрастом у аборигенов с одинаковым типом вегетативной регуляции,  $p < 0,05$ ; «1» – достоверные различия по изучаемым показателям у учащихся одного возраста с ваготонией и нормотонией; «2» – достоверные различия у учащихся с нормотонией и симпатотонией; «3» – достоверные различия у учащихся с ваготонией и симпатотонией,  $p < 0,05$ .

Таблица 24 – Процентильные шкалы артериального давления и частоты сердечных сокращений у 13–17-летних аборигенов Магаданской области

Исходный тип ВНС	Процентильный диапазон						
	5	10	25	50	75	90	95
	САД, мм рт. ст.						
Ваготония	99	100	107	115	124	130	132
Нормотония	101	104	111	118	124	130	133
Симпатотония	101	103	109	117	123	131	138
ДАД, мм рт. ст.							
Ваготония	51	52	56	61	66	70	71
Нормотония	52	53	57	62	68	70	74
Симпатотония	52	55	60	63	68	75	78
ЧСС, уд./мин							
Ваготония	52	56	60	64	69	75	77
Нормотония	65	67	72	77	80	83	84
Симпатотония	71	74	79	83	89	96	101

В работе Н. Б. Панковой и соавт. (2010) отмечается, что доля подростков в условно-нормальной популяции практически здоровых лиц, имеющих значения АД, равные 90-му процентилю и превышающие его, должна составлять не более 10 % случаев. Как отмечается в работе, за последние годы выявлено увеличение данного показателя в детской и подростковой популяции до 25–25 %. Для нашей выборки обследуемых лиц это значение составляло 12 %.

Как следует из таблицы 25, у симпатотоников уже в 14 лет согласно 75-му процентилю наблюдаются более высокие значения САД (126 мм рт. ст.), тогда как при ваготонии и нормотонии данные изменения отмечаются с 16–17 лет. Показатель ДАД при симпатотонии в 14 и 15 лет выше, чем у обследуемых лиц в других типизированных группах сопоставимого возраста. Все это указывает на то, что у аборигенов-симпатотоников в 14 лет, наблюдаются предпосылки транзиторного формирования предгипертензионного состояния, и они при определенных обстоятельствах могут представлять группу «риска» (Панкова и др., 2010).

Необходимо подчеркнуть, что у аборигенов с 13 до 17 лет отмечается увеличение показателей АД вне зависимости от преобладающего типа вегетативной регуляции сердечного ритма, однако темпы и периоды прироста артериального давления различны. При этом увеличение систолических значений происходит в большей степени, чем диастолических, и соответственно растет амплитуда пульсового давления (ПД). В 14 и 16 лет у лиц с преобладанием ваготонии происходит статистически значимое увеличение показателя ПД и УОС по отношению к предыдущим возрастным группам,  $p < 0,05$ . Аналогичные изменения этих показателей были характерны для 14-летних подростков с симпатотонией.

Таблица 25 – Показатели гемодинамики у аборигенов с различным типом вегетативной регуляции сердечного ритма, Md (25-й; 75-й процентиль)

Изучаемые показатели	Исходный тип ВНС	Возраст, лет				
		13 (n = 48)	14 (n = 43)	15 (n = 67)	16 (n = 49)	17 (n = 48)
ЧСС, уд./мин	Ваготония	69 (64; 70)	68 (67; 72)	70 (63; 74)	63 (65; 66)*	66 (62; 70)
	Нормотония	78 (73; 83) <sup>1</sup>	79 (74; 83) <sup>1</sup>	77 (71; 79)* <sup>1</sup>	76 (74; 80) <sup>1</sup>	72 (70; 78) <sup>1</sup>
	Симпатотония	87 (80; 94) <sup>2,3</sup>	88 (81; 90) <sup>2,3</sup>	87 (84; 90) <sup>2,3</sup>	82 (79; 86)* <sup>2,3</sup>	79 (75; 85) <sup>2,3</sup>
САД, мм рт. ст.	Ваготония	105 (100; 108)	109 (108; 111)	119 (109; 123)	123 (118; 128)*	120 (112; 129)
	Нормотония	112 (110; 119) <sup>1</sup>	115 (110; 119)	119 (111; 123)	123 (113; 125)	124 (115; 129)
	Симпатотония	114 (104; 120) <sup>3</sup>	116 (111; 126)* <sup>3</sup>	120 (112; 126)	120 (114; 122)	120 (117; 123)
ДАД, мм рт. ст.	Ваготония	60 (53; 64)	58 (56; 60)	61 (56; 67)	63 (58; 66)	62 (58; 68)
	Нормотония	62 (58; 66)	63 (58; 64) <sup>1</sup>	60 (57; 67)	62 (60; 69)	67 (57; 68)
	Симпатотония	62 (56; 68)	62 (60; 65) <sup>3</sup>	63 (61; 74) <sup>2,3</sup>	63 (61; 65)	66 (61; 68)
ПД, мм рт. ст.	Ваготония	45 (40; 49)	52 (47; 57)*	53 (50; 61)	60 (57; 65)*	57 (53; 65)
	Нормотония	51 (46; 55) <sup>1</sup>	54 (46; 62)	57 (53; 61)	53 (48; 67)	58 (53; 64)
	Симпатотония	48 (44; 55) <sup>3</sup>	52 (49; 60)*	56 (45; 60)	54 (50; 60)	53 (43; 59)
АДср, мм рт. ст.	Ваготония	75 (73; 78)	74 (74; 77)	78 (73; 87)	83 (80; 84)	85 (75; 88)
	Нормотония	79 (76; 84)	79 (77; 83) <sup>1</sup>	80 (75; 85)	82 (78; 87)	84 (81; 87)
	Симпатотония	79 (74; 82)	81 (78; 85) <sup>3</sup>	84 (77; 90)	81 (78; 83)	85 (79; 86)
СДД, мм рт. ст.	Ваготония	79 (77; 83)	79 (78; 81)	84 (78; 91)	88 (85; 90)	89 (80; 94)
	Нормотония	83 (80; 88)	84 (80; 88) <sup>1</sup>	85 (80; 89)	87 (83; 91)	89 (87; 92)
	Симпатотония	83 (79; 86)	86 (82; 91) <sup>3</sup>	89 (81; 94)	87 (83; 88)	89 (84; 93)
УОС, мл	Ваготония	68 (64; 71)	77 (72; 78)*	77 (75; 81)	83 (79; 90)*	81 (77; 87)
	Нормотония	71 (66; 75)	73 (70; 80)	78 (75; 83)*	79 (74; 87)	79 (77; 86)
	Симпатотония	68 (65; 74)	73 (70; 79)*	76 (70; 80)	81 (75; 84)	77 (74; 83)

Изучаемые показатели	Исходный тип ВНС	Возраст, лет				
		13 (n = 48)	14 (n = 43)	15 (n = 67)	16 (n = 49)	17 (n = 48)
МОК, мл/мин	Ваготония	4722 (4483; 4887)	5243 (4984; 5295)	5356 (5082; 5566)	5409 (4844; 5841)	5220 (4922; 5775)
	Нормотония	5421 (4813; 5848) <sup>1</sup>	5451 (5314; 6226) <sup>1</sup>	5739 (5535; 6430) <sup>1</sup>	6049 (5621; 6525) <sup>1</sup>	5563 (5156; 6425) <sup>1</sup>
	Симпатотония	5762 (5423; 6587) <sup>2,3</sup>	6318 (6104; 6677) <sup>2,3</sup>	6600 (5965; 6951) <sup>2,3</sup>	6373 (6084; 6888) <sup>2,3</sup>	5881 (5312; 5922) <sup>2,3</sup>
ОПСС, дин <sup>2</sup> · с · см <sup>-5</sup>	Ваготония	1325 (1222; 1483)	1213 (1135; 1336)	1198 (1150; 1383)	1265 (1186; 1463)	1248 (1075; 1507)
	Нормотония	1227 (1145; 1395)	1205 (1052; 1300)	1173 (1005; 1296)	1165 (1032; 1336)	1263 (1080; 1409)
	Симпатотония	1106 (978; 1269) <sup>2,3</sup>	1060 (1000; 1127) <sup>3</sup>	1113 (952; 1200) <sup>3</sup>	1075 (1033; 1148) <sup>3</sup>	1102 (997; 1344)
ДП, усл. ед.	Ваготония	71 (68; 77)	75 (69; 81)	81 (73; 89)	76 (72; 86)	75 (73; 85)
	Нормотония	84 (80; 98) <sup>1</sup>	91 (83; 89) <sup>1</sup>	86 (82; 97)	93 (86; 95) <sup>1</sup>	86 (82; 96) <sup>1</sup>
	Симпатотония	99 (89; 105) <sup>2,3</sup>	100 (93; 108) <sup>2,3</sup>	99 (95; 108) <sup>2,3</sup>	94 (88; 104) <sup>3</sup>	94 (84; 102) <sup>3</sup>

*Примечания:* звездочкой отмечены достоверные различия показателя по сравнению с предыдущим возрастом у аборигенов с одинаковым типом вегетативной регуляции,  $p < 0,05$ ; «1» – достоверные различия по изучаемым показателям у учащихся одного возраста с ваготонией и нормотонией; «2» – достоверные различия у учащихся с нормотонией и симпатотонией; «3» – достоверные различия у учащихся с ваготонией и симпатотонией,  $p < 0,05$ .

В то же время у 15-летних обследуемых с нормотонией наблюдается увеличение только ударного объема при снижении частоты сердечных сокращений, а в последующем старшем возрасте (16 и 17 лет) не отмечается значимых изменений. Величина МОК с возрастом также увеличивается ( $N > 13$ ;  $p < 0,05$ ). Однако эти изменения происходили неравномерно с 13 до 17 лет: при ваготонии прирост составлял от 430 до 900 мл/мин, а при симпатотонии – не более 400 мл/мин. С увеличением активности симпатического звена возрастание МОК в основном происходит за счет частоты сердечных сокращений.

Известно, что между параметрами сердечного выброса и периферическим сопротивлением существует обратная зависимость, несоответствие этих механизмов свидетельствует о дизрегуляторных нарушениях кровообращения (Бисярина и др., 1986; Усольцева и др., 2009). Это хорошо прослеживается в группах с преобладанием симпатотонии, когда статистически значимо низкие значения ОПСС, по сравнению со значениями у ваготоников, регистрируются при неизменных величинах УОС.

Сравнивая показатели среднего артериального давления (АДср) между исследуемыми возрастными группами, можно отметить отсутствие статистически значимых различий. Аналогичная ситуация наблюдается и между лицами, типизированными по уровню вегетативной регуляции, где только у подростков в 14 лет отмечались значимо более высокие значения АДср. При симпатотонии наблюдались достоверно более высокие значения показателя двойного произведения (ДП), указывающего на более высокий уровень механической работы сердца относительно подростков с ваготонией и нормотонией, значения которого у них меньше на 10–30 усл. ед.

### **3.5. Изменения variability сердечного ритма у аборигенов в процессе активной ортостатической пробы**

Учитывая информативность ортостатической пробы при изучении состояния кардиогемодинамики у европеоидов, мы провели аналогичные исследования изменения ВСР и АД у аборигенов. Как следует из таблицы 26, только у подростков с ваготонией (вне зависимости от возраста) отсутствовали статистически значимые различия по показателям ВСР в процессе АОП. Однако с увеличением возраста обследуемых от 13 до 17 лет согласно медиане наблюдалась тенденция увеличения напряжения регуляторных систем организма, что отражалось в росте абсолютных значений стресс-индекса (SI) и амплитуды моды (АМо50) при уменьшении показателей MxDMn, SDNN, RMSSD и pNN50.

Таблица 26 – Статистические и спектральные показатели variability кардиоритма у аборигенов с различным типом вегетативной регуляции в процессе активной ортостатической пробы, Md (25-й; 75-й процентиль)

Изучаемые показатели	Исходный тип ВНС	Возраст, лет				
		13 (n = 48)	14 (n = 43)	15 (n = 67)	16 (n = 49)	17 (n = 48)
Mo, мс	Ваготония	705 (629; 773)	689 (641; 752)	650 (994; 684)	699 (630; 768)	660 (632; 750)
	Нормотония	685 (649; 718)	629 (612; 717)	625 (600; 661)	632 (575; 703) <sup>1</sup>	688 (656; 739)
	Симпатотония	682 (629; 700) <sup>2,3</sup>	588 (538; 631) <sup>3</sup>	558 (529; 620) <sup>2,3</sup>	604 (558; 654) <sup>3</sup>	624 (579; 700) <sup>2</sup>
AMo50, %/50 мс	Ваготония	39 (34; 50)	36 (35; 52)	46 (38; 56)	45 (37; 57)	42 (35; 62)
	Нормотония	42 (37; 47)	52 (43; 64) <sup>*1</sup>	48 (37; 64)	56,0 (48; 80) <sup>*1</sup>	53 (42; 64)
	Симпатотония	61 (52; 70) <sup>2,3</sup>	64 (45; 68) <sup>3</sup>	84 (68; 100) <sup>*2,3</sup>	66 (56; 101) <sup>3</sup>	67 (55; 81) <sup>2,3</sup>
MxDMn, мс	Ваготония	234 (222; 282)	277 (186; 338)	227 (205; 262)	227 (196; 270)	220 (184; 270)
	Нормотония	274 (251; 290)	208 (179; 241) <sup>*</sup>	206 (156; 254)	188 (142; 220) <sup>1</sup>	200 (161; 233)
	Симпатотония	186 (160; 211) <sup>2,3</sup>	150 (133; 208) <sup>3</sup>	125 (101; 167) <sup>2,3</sup>	157 (102; 196) <sup>3</sup>	155 (129; 207) <sup>3</sup>
SDNN, мс	Ваготония	50 (45; 61)	50 (39; 62)	45 (34; 51)	41 (34; 51)	42 (37; 56)
	Нормотония	51 (49; 58)	40 (33; 46) <sup>*</sup>	37 (31; 48)	38 (25; 43)	39 (32; 46)
	Симпатотония	34 (30; 43) <sup>2,3</sup>	32 (26; 42) <sup>3</sup>	24 (20; 31) <sup>*2,3</sup>	30 (20; 37) <sup>3</sup>	31 (25; 38) <sup>2,3</sup>
RMSSD, мс	Ваготония	31 (24; 44)	29 (16; 46)	24 (19; 36)	20 (19; 30)	21 (15; 27)
	Нормотония	29,0 (27; 32)	19 (14; 25) <sup>*</sup>	20 (14; 26)	19 (13; 22)	19 (14; 22)
	Симпатотония	18 (14; 21) <sup>3</sup>	15 (12; 26)	11 (9; 13) <sup>*2,3</sup>	14 (10; 18) <sup>3</sup>	13 (8,0; 20,0) <sup>3</sup>
pNN50, %	Ваготония	14,0 (6,3; 16,9)	8,8 (1,1; 27)	2,6 (1,6; 6,3)	2,9 (1,2; 9,3)	3,0 (1,3; 6,1)
	Нормотония	7,35 (6,4; 10,3)	1,8 (0,3; 9,9)	1,5 (0,5; 4,6)	1,0 (0,1; 3,2)	1,6 (0,2; 2,8)
	Симпатотония	1,4 (0,7; 3,3) <sup>3</sup>	0,6 (0,2; 6,2) <sup>3</sup>	0,0 (0,0; 0,7) <sup>*2,3</sup>	0,7 (0,2; 1,3) <sup>3</sup>	0,1 (0; 1,9) <sup>3</sup>
SI, усл. ед.	Ваготония	111 (84; 173)	92 (64; 214)	153 (124; 228)	155 (102; 203)	180 (81; 266)
	Нормотония	112 (92; 126)	199 (117; 267) <sup>*</sup>	142 (119; 200)	223 (162; 495) <sup>*1</sup>	204 (124; 279)
	Симпатотония	279 (193; 369) <sup>2,3</sup>	359 (143; 451) <sup>3</sup>	555 (409; 908) <sup>*2,3</sup>	357 (175; 903) <sup>3</sup>	294 (207; 543) <sup>2,3</sup>
IARS, балл	Ваготония	4 (1; 4)	5 (3; 5)	4 (3; 4)	4 (2; 5)	5 (4; 6)
	Нормотония	3 (3; 5)	4 (3; 5)	4 (3; 6)	5 (4; 7)	4 (4; 5)
	Симпатотония	5 (4; 6)	6 (5; 7)	6 (6; 7)	5 (4; 6)	6 (4; 7)

Изучаемые показатели	Исходный тип ВНС	Возраст, лет				
		13 (n = 48)	14 (n = 43)	15 (n = 67)	16 (n = 49)	17 (n = 48)
TP, мс <sup>2</sup>	Ваготония	2468 (1765; 3239)	2897 (1277; 3831)	2075 (1491; 2800)	1596 (1390; 2653)	1765 (1182; 3452)
	Нормотония	2451 (1704; 2864)	1219 (955; 1994)*	1750 (940; 2452)	1199 (731; 1835)* <sup>1</sup>	1421 (1039; 1836)
	Симпатотония	1131 (821; 1758) <sup>2,3</sup>	966 (704; 1770) <sup>3</sup>	700 (360; 1167)* <sup>2,3</sup>	819 (507; 1389) <sup>3</sup>	900 (542; 1916) <sup>3</sup>
HF, мс <sup>2</sup>	Ваготония	375 (278; 897)	316 (124; 1028)	259 (140; 424)	244 (172; 326)	245 (120; 320)
	Нормотония	427 (358; 536)	230 (119; 356)*	200 (124; 358)	150 (54; 250)	173 (100; 200)
	Симпатотония	197 (132; 290) <sup>2,3</sup>	152 (72; 299) <sup>3</sup>	54 (35; 91)* <sup>2,3</sup>	107 (40; 166) <sup>3</sup>	100 (46; 207)
LF, мс <sup>2</sup>	Ваготония	925 (540; 1073)	807 (506; 1510)	1022 (603; 1124)	689 (495; 1082)	913 (496; 1260)
	Нормотония	807 (633; 1117)	554 (347; 727)* <sup>1</sup>	671 (415; 1042)	529 (386; 965)	578 (423; 814)
	Симпатотония	497 (282; 694) <sup>2,3</sup>	436 (284; 815)	233 (135; 460)* <sup>2,3</sup>	308 (156; 540) <sup>2,3</sup>	396 (290; 606) <sup>3</sup>
VLF, мс <sup>2</sup>	Ваготония	598 (420; 780)	420 (250; 892)	425 (344; 810)	393 (346; 482)	319 (232; 485)
	Нормотония	638 (379; 916)	356 (199; 555)*	347 (263; 547)	261 (187; 338)*	365 (158; 510)
	Симпатотония	242 (149; 375) <sup>2,3</sup>	256 (144; 328) <sup>3</sup>	151 (87; 275) <sup>2,3</sup>	225 (115; 370) <sup>3</sup>	178 (120; 338) <sup>2</sup>

*Примечания:* звездочкой отмечены достоверные различия показателя по сравнению с предыдущим возрастом у аборигенов с одинаковым типом вегетативной регуляции,  $p < 0,05$ ; «1» – достоверные различия по изучаемым показателям у учащихся одного возраста с ваготонией и нормотонией; «2» – достоверные различия у учащихся с нормотонией и симпатотонией; «3» – достоверные различия у учащихся с ваготонией и симпатотонией,  $p < 0,05$ .

Такие изменения указывают на ослабление влияния парасимпатического звена ВНС в процессе АОП в этот возрастной период, тогда как у подростков с нормотоническим типом большинство изменений показателей ВСР наблюдалось в 13–14 и 15–16 лет, а при симпатотонии только в 14–15 лет. Во всех рассматриваемых случаях при нормотонии в 14 и 16 лет, а при симпатотонии в 15 лет по отношению к предыдущим возрастным группам были достоверно более низкие значения следующих показателей: MxDMn, SDNN, RMSSD, pNN50, TP и HF. В общей мощности спектра (TP), вне зависимости от исходного преобладающего типа вегетативной регуляции, соотношение спектральных составляющих описывалось следующей зависимостью: LF > VLF > HF. Как отмечается в работе Р. М. Баевского и соавт. (2001a), такое изменение в общей мощности спектра его составляющих может свидетельствовать об активации вазомоторного центра в поддержании артериального давления в период перехода в вертикальное положение. При этом у подростков с симпатотонией значения этих составляющих всегда были меньше по отношению другим типизированным группам, указывая на сохранение стабильности ритма вне зависимости от возмущающего фактора.

При сопоставлении показателей у обследуемых с различным типом вегетативной регуляции диапазоны колебаний значений ВСР в ортостазе сближаются. По показателям ВСР у подростков с нормотонией относительно значений у лиц с ваготонией и симпатотонией наблюдается ряд особенностей. Так, если у 13- и 15-летних подростков между нормотониками и ваготониками отсутствуют достоверные различия по показателям ВСР, то по отношению к подросткам с симпатотонией они наблюдались,  $p < 0,05$ . У подростков в 14 лет при нормотонии значения были меньше относительно ваготоников по показателям AMo50 и LF (на 30 %), а в 16 лет – по MxDMn (17 %), AMo50 (24 %), SI (44 %), TP (25 %), VLF (34 %). При этом у 17-летних обследуемых различия наблюдались только между лицами с нормо- и симпатотонией по Mo (15 %), AMo50 (26 %), SI (44 %), VLF (50 %),  $p < 0,05$ .

Как следует из таблицы 27, значимые изменения в процессе АОП во всех типизированных группах наблюдались по Mo, RMSSD, pNN50, MxDMn и были направлены в сторону их уменьшения, а по SI и AMo50 – на их увеличение. Перераспределение спектрально-волновых составляющих в общей мощности спектра (TP) в большей степени связано с уменьшением дыхательных волн во всех типизированных группах обследования, когда разница в значениях между подростками 13 и 17 лет с ваготонией и нормотонией превышала  $150 \text{ мс}^2$ . Со стороны низкочастотных составляющих кардиоритма только при ваготонии в ответ на АОП наблюдались значения достоверно ниже фона. Аналогичные изменения отмечались у подростков с нормотонией и ваготонией после 13-летнего возраста по очень низкочастотной составляющей спектра (VLF), что может свидетельствовать о различной степени активности центрального контура регуляции в ответ на изменение тела в пространстве.

Таблица 27 – Значения разницы показателей кардиоритма у аборигенов в процессе активной ортостатической пробы относительно фоновых значений медианы

Исследуемые показатели	Исходный тип ВНС	Возраст, лет				
		13	14	15	16	17
$\Delta Mo$ , мс	Ваготония	-179	-197	-271	-219	-219
	Нормотония	-81	-130	-175	-144	-144
	Симпатотония	0	-104	-124	-136	-136
$\Delta AMo50$ , %/50 мс	Ваготония	+11	+11	+16	+15	+12
	Нормотония	+4	+17	+12	+14	+10
	Симпатотония	0	+6	+23	+7	+11
$\Delta MxDMn$ , мс	Ваготония	-166	-116	-133	-122	-119
	Нормотония	-7	-79	-63	-78	-66
	Симпатотония	+1	-30	-52	-16	-29
$\Delta SDNN$ , мс	Ваготония	-29	-26	-21	-28	-22
	Нормотония	+1	-14	-19	-10	-10
	Симпатотония	-1	-1	-9	-3	-4
$\Delta RMSSD$ , мс	Ваготония	-46	-46	-44	-54	-45
	Нормотония	-18	-16	-28	-25	-23
	Симпатотония	-5	-15	-14	-13	-13
$\Delta pNN50$ , %	Ваготония	-38	-49	-41	-45	-42
	Нормотония	-23	-23	-25	-22	-20
	Симпатотония	-4	-7	-11	-5	-5
$\Delta SI$ , усл. ед.	Ваготония	+62	+53	+103	+106	+132
	Нормотония	+25	+119	+62	+127	+102
	Симпатотония	+31	+129	+318	+122	+106
$\Delta TP$ , мс <sup>2</sup>	Ваготония	-2712	-2031	-2122	-2888	-2199
	Нормотония	-23	-1590	-998	-998	-692
	Симпатотония	-50	-54	-394	-265	-300
$\Delta HF$ , мс <sup>2</sup>	Ваготония	-1777	-2014	-1478	-1480	-1489
	Нормотония	-634	-637	-553	-557	-484
	Симпатотония	-183	-288	-426	-173	-212
$\Delta LF$ , мс <sup>2</sup>	Ваготония	-313	-540	-203	-832	-291
	Нормотония	+241	-200	+25	-242	+64
	Симпатотония	+224	+182	-77	+18	+46
$\Delta VLF$ , мс <sup>2</sup>	Ваготония	+27	-326	-47	-113	-334
	Нормотония	+172	-118	-78	-107	-30
	Симпатотония	+48	+32	-32	+45	-38

*Примечание.* Здесь и в таблице 28 знаком «+» показан прирост показателя во время активной ортостатической пробы относительно значений фона, знаком «-» – снижение.

На основе количественной оценки показателей вегетативной реактивности и вегетативного обеспечения, методика оценки которых подробно была проанализирована в разделе 3.3, выделены диапазоны интерквартильной широты для аборигенов Магаданской области (таблица 28).

Как следует из таблицы 28, диапазон 25- и 75-го перцентиля для типизированных групп свидетельствует о различных возможностях физиологического «оптимума». У подростков с ваготонией значения  $\Delta AMo50$  находятся в положительном диапазоне, а при нормотонии и симпатотонии показатели начинаются с отрицательных значений.

Таблица 28 – Перцентильные значения разницы показателей  $\Delta AMo50$  и  $\Delta MxDMn$  в процессе активной ортостатической пробы и отношение  $SI_n/SI_\phi$  у аборигенов 13–17 лет

Перцентили, %	Ваготония (n = 74)			Нормотония (n = 91)			Симпатотония (n = 90)		
	$\Delta AMo$	$\Delta X$	$SI_n/SI_\phi$	$\Delta AMo$	$\Delta X$	$SI_n/SI_\phi$	$\Delta AMo$	$\Delta X$	$SI_n/SI_\phi$
3	-3,5	-274	1,4	-14	-182	0,6	-34	-121	0,3
10	+2	-209	1,6	-9	-134	0,8	-18	-90	0,7
25	+6	-173	2,1	-1	-94	1,1	-6	-54	0,9
50	+13	-131	3,2	+12	-60	2	+7	-21	1,5
75	+28	-87	5	+23	-6	3,1	+25	+19	2,2
90	+36	-36	6,6	+38	+53	4,6	+50	+56	4,5
97	+48	+1	8,6	+46	+110	7	+69	+92	7

*Примечания:* обозначения  $\Delta AMo$  и  $\Delta X$  соответствуют показателям  $\Delta AMo50$  и  $\Delta MxDMn$ ;  $SI_n/SI_\phi$  – отношение показателя стресс-индекса в состоянии фона ( $SI_\phi$ ) и нагрузки ( $SI_n$ ).

Отметим, что во всех группах увеличение  $\Delta AMo50$  не превышает 30 усл. ед. относительно исходных фоновых. Для показателя  $\Delta MxDMn$  только при симпатотонии наблюдалось увеличение значений. Это может свидетельствовать о том, что возможна ситуация, когда величина  $\Delta MxDMn$  во время АОП может быть меньше, чем в состоянии фона. Показатель  $SI_n$  при оптимальной вегетативной реактивности, соответственно может увеличиваться при ваготонии до 5 усл. ед., при нормотонии – до 3,1 усл. ед. и при симпатотонии – до 2,2 усл. ед.

Так, у аборигенов вне зависимости от исходного тонуса преобладающей вегетативной регуляции более чем в 40 % случаев от общего количества лиц в каждой типизированной группе показатели ВСР в процессе АОП характеризовались нормальной вегетативной реактивностью (рисунок 6). Остальные типы вегетативной реактивности (1-, 3-, 4-, 7-, 8-й) находились в основном в пределах 7–18 %.

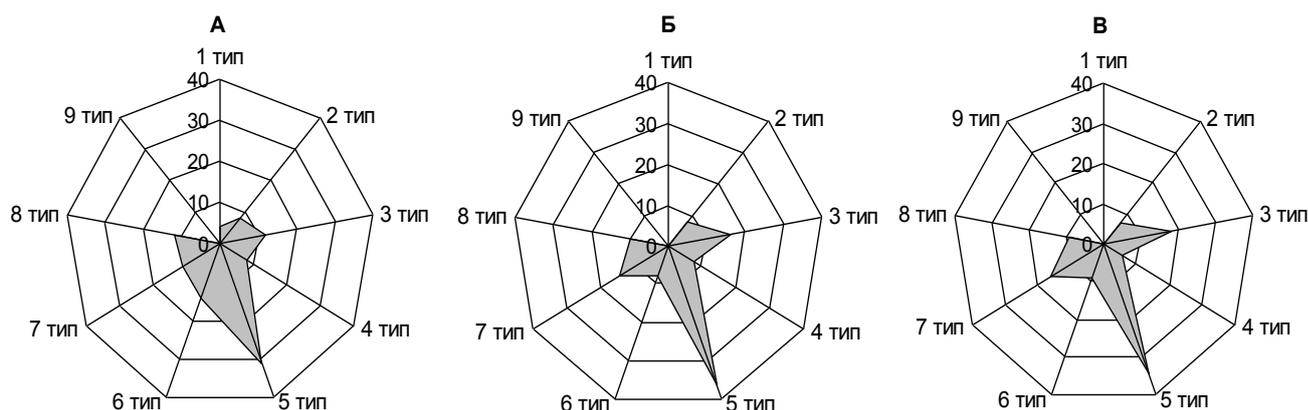


Рисунок 6 – Распределение типов вегетативной реактивности в процессе активной ортостатической пробы у аборигенов при ваготонии (А), нормотонии (Б) и симпатотонии (В), %

Анализ профиля распределения вариантов вегетативной реактивности в процессе АОП у подростков показал, что при нормотонии и симпатотонии структура лепестковых гистограмм практически совпадает, а при ваготонии они отличаются в основном по частоте встречаемости 6-го типа. Этот тип вегетативной регуляции характеризуется низкой реактивностью парасимпатического отдела во время выполнения ортостаза, при нормальной – симпатического отдела ВНС ( $25\% \leq \Delta AMo50 \leq 75\%$ ,  $\Delta MxDMn > 75\%$ ). В то же время для подростков с исходной симпатотонией варианты вегетативной реактивности в ортостазе преимущественно за счет парасимпатического отдела ВНС могут считаться адекватным функциональным ответом (Эштрекова, Сабанчиева, 2007).

При этом во всех возрастных группах были обследуемые до 10 % с низкой и избыточной вегетативной реактивностью (3- и 7-й тип). Лица с такими вариантами функционального ответа и регуляцией кардиоритма могут составлять группу риска возникновения дизадаптации в регуляторных звеньях ВНС. Это подтверждается данными нашего обследования, когда у 8 аборигенов с нормотонией и симпатотонией наблюдались варианты патологических реакций с «выпадением» величин  $\Delta AMo50$  или  $\Delta MxDMn$  за пределы 3- и 97-го перцентилей.

В таблице 29 представлены перцентильные диапазоны спектральных показателей ВСР у аборигенов. Так, изменения показателя HF во всех типизированных группах согласно диапазону 25–75 перцентилей имеют отрицательные значения. Это еще раз свидетельствует о том, что при оптимальном функциональном ответе происходит ослабление автономного контура в регуляции сердечного ритма, вариативность изменений больше у подростков с ваготонией по отношению к лицам с нормотонией и симпатотонией.

Таблица 29 – Перцентильные значения разницы показателей  $\Delta HF$  и  $\Delta VLF$  у аборигенов в процессе активной ортостатической пробы у аборигенов 13–17 лет

Перцентили, %	Ваготония		Нормотония		Симпатотония	
	$\Delta HF$	$\Delta VLF$	$\Delta HF$	$\Delta VLF$	$\Delta HF$	$\Delta VLF$
3	-3500	-1014	-1600	-621	-885	-385
10	-2520	-670	-1420	-340	-480	-220
25	-2065	-370	-900	-185	-290	-110
50	-1520	-111	-550	-76	-180	+20
75	-1180	+185	-260	+125	-90	+130
90	-655	+389	-50	+490	+80	+340
97	-380	+610	+110	+850	+245	+495

*Примечание.* Знаком «+» показан прирост показателя во время активной ортостатической пробы относительно значений фона, знаком «-» – снижение.

Однако уже при нормотонии у аборигенов возможны варианты парадоксальных реакций отделов ВНС согласно положительным значениям 97-го перцентиля. Аналогичные особенности наблюдаются у лиц с симпатотонией, но диапазон смещен до 90-го перцентиля. В то же время по показателю VLF наблюдаются положительные значения медианы только у подростков с симпатотонией. Это может свидетельствовать о том, что у них в случае незначительной функциональной нагрузки сразу происходит подключение высших (надсигментных) уровней регуляции, когда оптимальное значение не должно превышать  $130 \text{ мс}^2$  от исходных фоновых величин, но и не уменьшаться более чем на  $110 \text{ мс}^2$ . Для каждой типизированной группы наблюдался свой диапазон 25–75-го перцентиля, отражающий наиболее благоприятный физиологический ответ. При этом сравнительный анализ этих диапазонов у аборигенов и европеоидов указывает на сопоставимую разницу значений ( $\Delta$ ) до и после АОП показателей ВСР.

Так, с учетом разницы значений относительно фоновых величин по показателям HF и VLF (рисунок 7, I) и с учетом показателей AMo50, MxDMn были построены гистограммы на основании перцентильных диапазонов распределения типов вегетативной реактивности (рисунок 7, II).

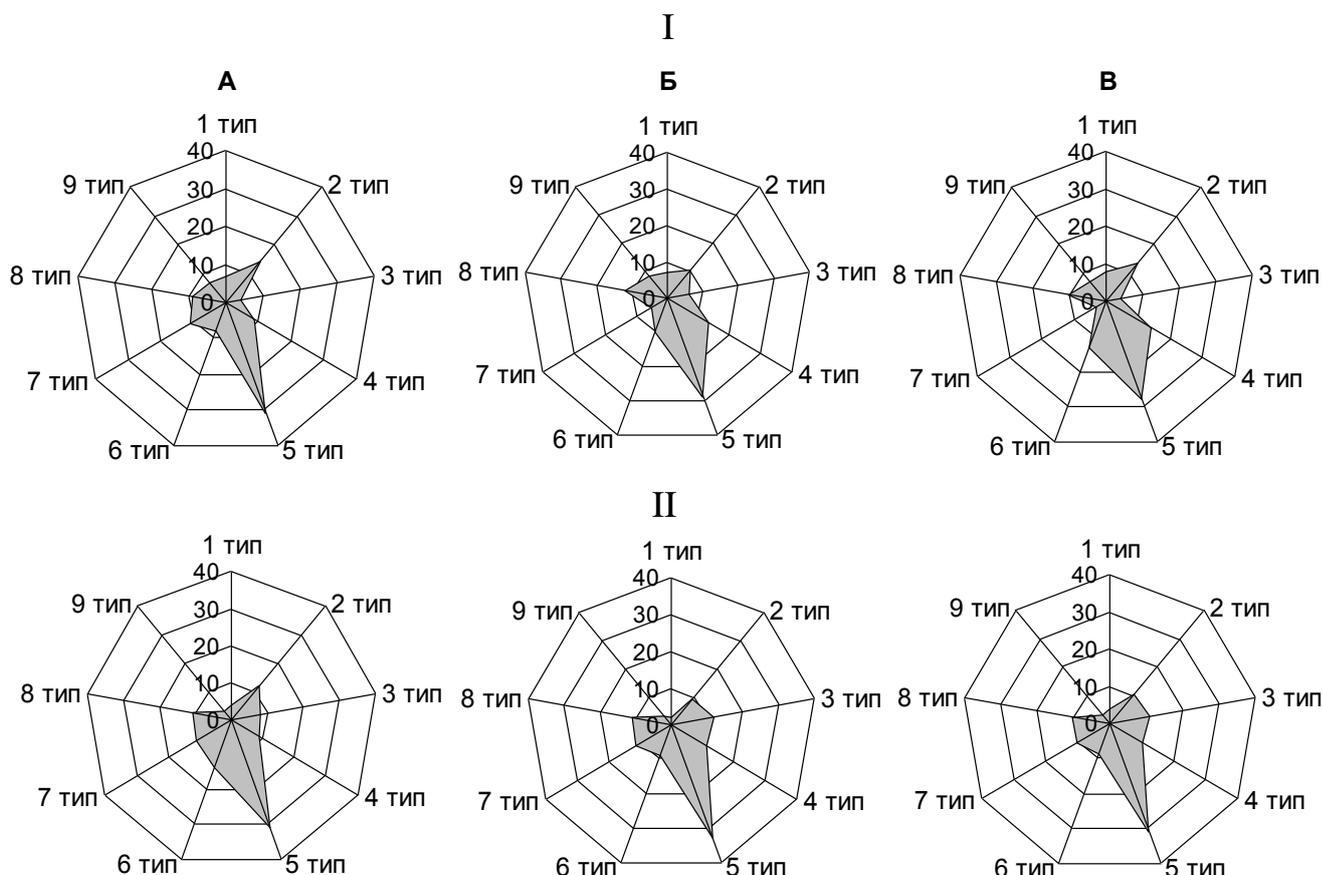


Рисунок 7 – Распределение типов вегетативной реактивности в процессе активной ортостатической пробы у аборигенов при ваготонии (А), нормотонии (Б) и симпатотонии (В), %

У подростков сохранялось преобладание нормальной реактивности звеньев ВНС (5-й тип), встречаясь в 31–33 % случаев, и в пределах 11 % случаев наблюдали варианты нормы-реакции вегетативного ответа по 6- и 2-му типу вегетативной реактивности. Отметим, что среди ваготоников количество лиц с низкой вегетативной реактивностью обоих отделов ВНС на 4 % (3-й тип) было меньше по отношению к другим типизированным группам, у которых этот вариант реакции отмечался в 12 % случаев. В то же время при ваготонии 2-й тип вегетативной реактивности (нормальная реактивность парасимпатического и низкая реактивность симпатического отдела ВНС) встречался чаще на 3 %, чем при нормотонии и симпатотонии (10 %).

Для выявления тенденции изменения особенностей ответной реакции на функциональную нагрузку у аборигенов с различным исходным типом вегетативной нервной был проведен сравнительный анализ в возрастном аспекте (рисунок 8). В объединенных возрастных группах 13–14 и 16–17 лет с одинаковым исходным типом вегетативной регуляции было сопоставимое количество лиц: при ваготонии – по 24 и 28, нормотонии – по 32 и 31 и симпатотонии – по 35 и 38 обследуемых.

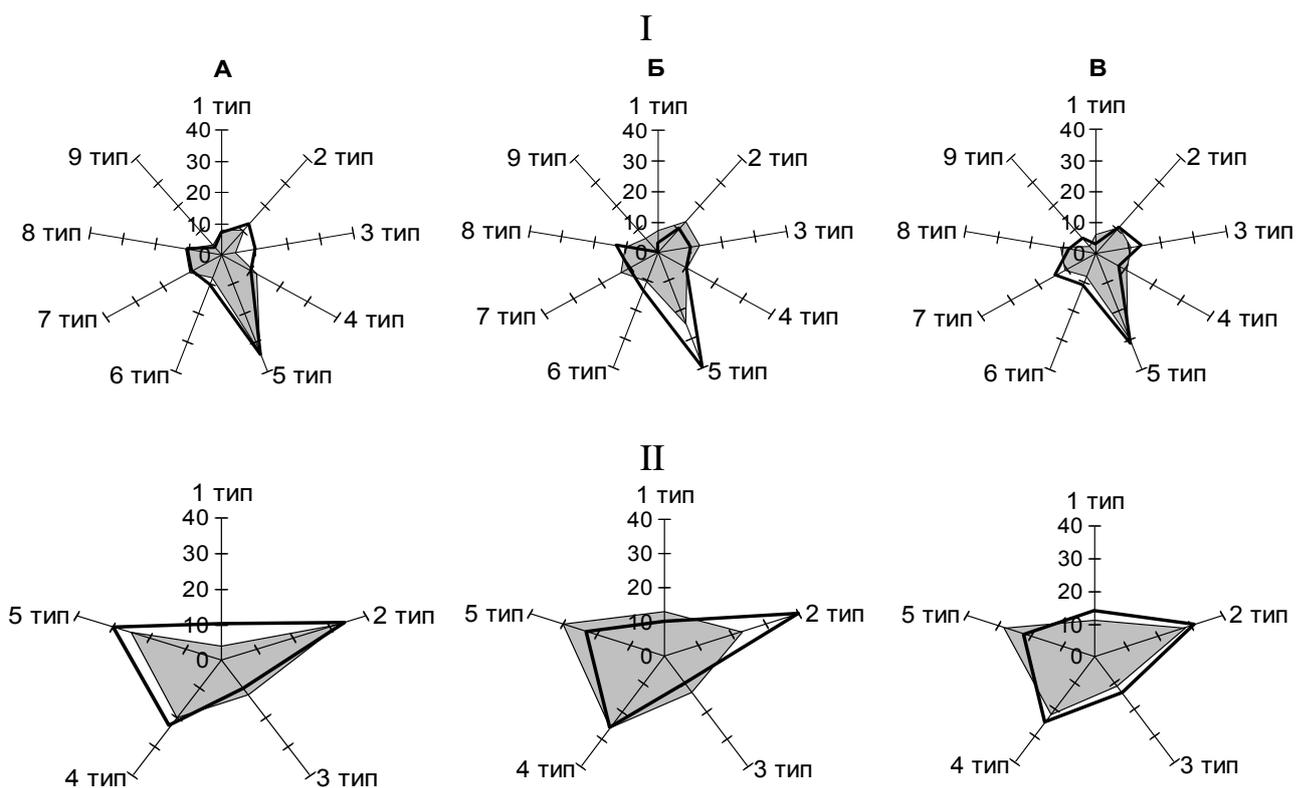


Рисунок 8 – Распределение типов вегетативной реактивности (I) и вегетативного обеспечения (II) в процессе активной ортостатической пробы у аборигенов 13–14 и 16–17 лет при ваготонии (А), нормотонии (Б) и симпатотонии (В), %

*Примечание.* Заштрихованный диапазон – данные аборигенов 13–14 лет, полуужирная линия – данные аборигенов 16–17 лет. За 100 % принято общее количество лиц в каждой типизированной группе.

Так, у подростков и юношей в возрастной динамике сохранялось преобладание нормальной вегетативной реактивности (5-й тип). При этом если у лиц с нормотонией к 16–17 годам отмечалось его увеличение на 15 % относительно подростков 13–14 лет, то при ваготонии и симпатотонии прирост был незначительный (до 2 %). Другие варианты вегетативной реактивности характеризовались аналогичными минимальными изменениями в возрастной динамике (до 4 %),  $p > 0,05$ . В то же время данные варианты функционального ответа определяли особенности поддержания нового функционального состояния, характеризующего вегетативное обеспечение (рисунок 8, II). При ваготонии к 16–17 годам наблюдалось незначительное увеличение до 4 % вариантов как нормального вегетативного обеспечения (2-й тип), так и за счет активизации симпатического (4-й тип) и парасимпатического отдела ВНС (5-й тип). У подростков с нормотонией только 2-й тип оптимального вегетативного обеспечения увеличивался к 16–17 годам, а остальные варианты имели незначительную динамику (до 3 %). При симпатотонии характерно уменьшение с 28 до 22 % случаев встречаемости лиц с вегетативным обеспечением преимущественно за счет парасимпатического отдела ВНС (5-й тип), что является негативным моментом и свидетельствует о стабильном сохранении напряжения регуляторных систем в возрастном аспекте.

В таблице 30, 31 представлены изменения со стороны гемодинамических показателей в процессе выполнения АОП. У абсолютного большинства обследуемых в возрасте от 13 до 17 лет наблюдали значимое повышение в процессе АОП показателей ЧСС (не более чем на 30 уд./мин) и ДАД по отношению к фоновым значениям.

Таблица 30 – Значения разницы показателей артериального давления у аборигенов на 2-й и 5-й минутах активной ортостатической пробы АОП относительно фоновых значений

Изучаемые показатели	Исходный тип ВНС	Возраст, лет									
		13		14		15		16		17	
		2-я мин	5-я мин	2-я мин	5-я мин	2-я мин	5-я мин	2-я мин	5-я мин	2-я мин	5-я мин
ΔЧСС, уд./мин	Ваготония	+10	+15	+4	+16	+20	+19	+22	+21	+19	+21
	Нормотония	+1	+10	+9	+16	+10	+18	+12	+21	+15	+14
	Симпатотония	+9	+12	+16	+12	+16	+9	+3	+17	+9	+16
ΔСАД, мм рт. ст.	Ваготония	+3	+2	+1	+1	+3	-3	0	-3	+5	+4
	Нормотония	+9	+0	+8	+3	+5	-3	+1	-3	+3	-2
	Симпатотония	0	-2	+6	+4	+2	-1	+7	+4	+8	-3
ΔДАД, мм рт. ст.	Ваготония	+9	+4	+2	+7	+9	+9	+9	+15	+12	+13
	Нормотония	+10	+6	+11	+10	+11	+13	+11	+10	+8	+9
	Симпатотония	+6	+8	+16	+15	+8	+12	+9	+11	+10	+14

*Примечание.* Знаком «+» показан прирост показателя во время активной ортостатической пробы относительно значений фона, знаком «-» – снижение.

Таблица 31 – Показатели артериального давления у аборигенов с различным типом вегетативной регуляции на 2-й и 5-й минуте активной ортостатической пробы, Md (25-й; 75-й процентиль)

Изучаемые показатели	Исходный тип ВНС	2-я минута активной ортостатической пробы				
		13 лет	14 лет	15 лет	16 лет	17 лет
ЧСС, уд./мин	Ваготония	79 (75; 83)	72 (69; 84)	90 (81; 98)	85 (73; 95)*	85 (74; 93)
	Нормотония	79 (74; 88)	88 (84; 99) <sup>1</sup>	87 (73; 93)	88 (75; 95)	87 (76; 91)
	Симпатотония	96 (83; 106) <sup>2,3</sup>	104 (87; 110) <sup>2,3</sup>	103 (91; 107) <sup>2,3</sup>	99 (87; 104)	88 (81; 98)
САД, мм рт. ст.	Ваготония	108 (102; 112)	108 (104; 116)	122 (116; 128)	123 (112; 135)	125 (116; 129)
	Нормотония	121 (110; 127) <sup>1</sup>	123 (114; 129) <sup>1</sup>	124 (116; 130)	124 (114; 136)	127 (122; 138)
	Симпатотония	114 (109; 122)	122 (115; 129) <sup>3</sup>	122 (113; 125)	127 (120; 138)	128 (120; 134)
ДАД, мм рт. ст.	Ваготония	69 (66; 74)	60 (58; 64)	70 (66; 74)*	72 (65; 77)	74 (68; 77)
	Нормотония	72 (65; 82)	74 (71; 76) <sup>1</sup>	71 (67; 76)	73 (68; 77)	75 (63; 81)
	Симпатотония	68 (65; 72)	78 (68; 80) <sup>3</sup>	71 (68; 76)	72 (67; 74)	76 (73; 84)
<b>5-я минута активной ортостатической пробы</b>						
ЧСС, уд./мин	Ваготония	84 (78; 91)	86 (80; 92)	89,0 (84,0; 95)	84 (77; 87)	87 (80; 92)
	Нормотония	88 (85; 94)	95 (83; 99)	95 (89; 99)	95 (81; 105)	86 (80; 90)
	Симпатотония	99 (95; 102)	100 (87; 111) <sup>2,3</sup>	106 (99; 111) <sup>2,3</sup>	99 (87; 108) <sup>3</sup>	95 (88; 101) <sup>2,3</sup>
САД, мм рт. ст.	Ваготония	107 (100; 110)	110 (102; 110)	116 (108; 121)*	120 (113; 123)	124 (114; 128)
	Нормотония	112 (108; 115)	118 (109; 125)	116 (110; 123)	120 (113; 128)	122 (120; 129)
	Симпатотония	112 (105; 119)	120 (110; 120)*	119 (108; 128)	124 (114; 134)	117 (116; 126)
ДАД, мм рт. ст.	Ваготония	64 (60; 72)	65 (63; 68)	70 (68; 76)*	78 (70; 81)	75 (68; 80)
	Нормотония	68 (67; 74)	73 (70; 76)	73 (68; 76)	72 (70; 80)	76 (67; 84)
	Симпатотония	70 (66; 72)	77 (70; 83)* <sup>2,3</sup>	75 (71; 76)	74 (67; 79)	80 (74; 88)

*Примечания:* звездочкой отмечены достоверные различия показателя по сравнению с предыдущим возрастом у аборигенов с одинаковым типом вегетативной регуляции,  $p < 0,05$ ; «1» – достоверные различия по изучаемым показателям у учащихся одного возраста с ваготонией и нормотонией; «2» – достоверные различия у учащихся с нормотонией и симпатотонией; «3» – достоверные различия у учащихся с ваготонией и симпатотонией,  $p < 0,05$ .

Со стороны показателей САД наблюдали незначимые изменения в сторону увеличения или уменьшения значений (в пределах 10 мм рт. ст.) относительно фона, что соответствует физиологически адекватным реакциям на ортостатическую пробу.

В возрастной динамике абсолютные значения показателей АД после проведения АОП только для лиц с ваготонией в 15 лет имели значимое увеличение показателей артериального давления относительно 14-летних подростков (таблица 31). У ваготоников в 14 лет абсолютные показатели ЧСС и ДАД были достоверно меньше, чем у нормотоников и симпатотоников. Такие особенности реакции могут указывать на более выраженное проявление сосудистого компонента в компенсаторных регуляциях с увеличением роли симпатического отдела ВНС. Однако у обследованных старших возрастных групп (15–17 лет) с различным типом вегетативной регуляции ни по одному из анализируемых показателей не наблюдали значимых изменений, а значения САД находились в диапазоне 107–124 мм рт. ст., ДАД – 67–78 мм рт. ст.

Таким образом, исследования современной популяции молодых аборигенов Магаданской области показали, что процессы возрастных морфофункциональных изменений в изученный период онтогенеза носят в основном гетерохронный характер. У лиц с ваготонией наиболее ярко проявлялась взаимосвязь с изменениями в росто-весовых значениях в 13–14 и 15–16 лет. У подростков с нормотонией и симпатотонией скачкообразность их перестроек была ежегодно до 15 лет. При этом только у ваготоников в большей степени наблюдалось совпадение изменений показателей кардиогемодинамики с периодами активного роста, когда «пик» сенситивных увеличений массы и длины тела совпадал с параметрами сердечного выброса. В то же время подчеркнем, что между 13- и 14-летними подростками даже в типизированных группах ни по одному из изученных показателей ВСР не было статистически значимых различий. Аналогичная ситуация наблюдалась между 16- и 17-летними обследуемыми лицами. Наибольшее число достоверных изменений показателей ВСР в состоянии фона наблюдали при ваготонии в 15 лет относительно 14-летних подростков, которые свидетельствуют об ослаблении парасимпатического влияния на спектрально-волновую структуру кардиоритма. Среди подростков с нормотонией и симпатотонией с 13 до 17 лет структура регуляции кардиоритма практически не изменялась.

Процентильное распределение показателей артериального давления и частоты сердечных сокращений показало, что их нормальные значения в диапазоне 25–75-го процентиля практически не различались у лиц с различным типом вегетативной регуляции. При этом сниженные и повышенные значения изучаемых показателей в различных группах находятся в пределах 10 %.

Можно констатировать, что современная аборигенная популяция подростков мужского пола в возрасте 13–17 лет характеризуется в состоянии покоя нормальными показателями артериального давления и ВСР.

Однако оценка резервных возможностей системы кардиогемодинамики, проведенная при выполнении АОП, выявила значительные особенности в группах лиц с различными исходными типами ВНС. Оказалось, что оптимальным для лиц с ваготонией и нормотонией является 5-й тип вегетативной реактивности (вне зависимости от возраста) отмечается в 40 % случаев. Аналогичная встречаемость обследуемых лиц с оптимальной вегетативной реактивностью наблюдается при симпатотонии, для которых адекватной реакцией вегетативных механизмов может считаться не только 5-й тип, но предположительно и 2-й тип (10%), когда наблюдалась нормальная реактивность парасимпатического отдела ВНС. При этом все остальные варианты реакций составляли от 4 до 18 %. Такая различная комбинаторика может указывать на то, что в зависимости от исходного тонуса ВНС поддержание оптимального уровня регуляторного обеспечения кардиогемодинамики при воздействии возмущающих факторов происходит путем подключения различных звеньев ВНС и изменения степени их реактивности.

Подчеркнем, что в подростковом периоде даже у аборигенов, которых принято рассматривать как популяцию, наиболее адаптированную к условиям Севера, до 60 % лиц демонстрируют сниженные функциональные резервы со стороны кардиогемодинамики, что обуславливает излишне высокую степень напряжения регуляторных механизмов при выполнении нагрузочной ортостатической пробы. По всей видимости, в экстремальных природно-климатических условиях Северо-Востока России у современных аборигенов к 17 годам еще не заканчиваются процессы формирования оптимальных регуляторных механизмов.

### **3.6. Сравнительный анализ соматометрических показателей и кардиоритма у аборигенов и уроженцев-европеоидов Магаданской области**

Динамика изменения длины и массы тела жителей северных территорий всегда представляет особый интерес в сравнительном аспекте между представителями аборигенных этносов и европеоидами. Имеются сведения о взаимосвязи длины и массы тела с ВСР (Казакова и др., 2009; Карпенко, Димитриев, 2012; Jones et al., 2012). С учетом этого мы провели сравнительный анализ ряда соматометрических и кардиогемодинамических показателей

у подростков с различным исходным типом вегетативной регуляции. На рисунке 9 показана возрастная динамика изменения длины и массы тела у аборигенов и европеоидов.

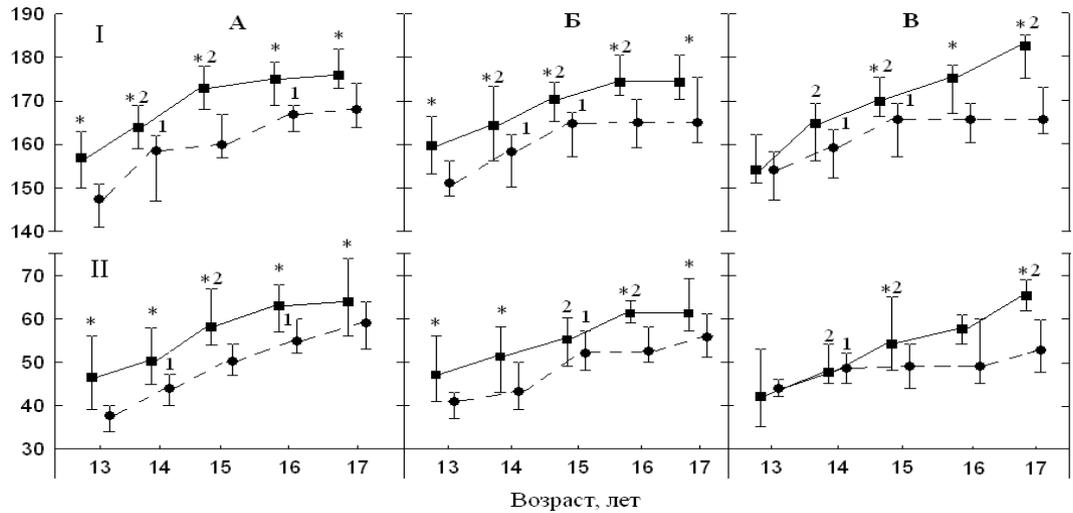


Рисунок 9 – Динамика длины (I, см) и массы (II, кг) тела у аборигенов и европеоидов Магаданской области с ваготонией (А), нормотонией (Б) и симпатотонией (В), Md (25–75-й процентиля)

*Примечания:* кружком и пунктирной линией обозначены аборигены; квадратом и сплошной линией – европеоиды; «\*» – статистически значимые различия между аборигенами и европеоидами; «1» – различия показателя по сравнению с предыдущим возрастом у аборигенов; «2» – различия показателя по сравнению с предыдущим возрастом у европеоидов,  $p < 0,05$ .

Оказалось, что у лиц с ваготонией и нормотонией статистические различия анализируемых антропометрических параметров наблюдали практически на всем протяжении обследуемого периода,  $p < 0,05$ . В динамике у лиц с ваготонией отмечали два последовательных этапа увеличения длины тела, которые у европеоидов наблюдали с 13 до 15 лет, тогда как у аборигенов они были разобщены в 13–14 и 15–16 лет. При нормотонии эти периоды совпадали – с 13 до 15 лет. Увеличения массы тела были неравномерны и характеризовались различными значениями. При симпатотонии по показателям длины и массы тела между аборигенами и европеоидами статистические различия наблюдали только с 15 лет. Эти особенности связаны с постоянным увеличением длины тела у европеоидов до 17 лет (не менее 5 см/год), а у аборигенов эти процессы в основном отмечались в 13–14 лет и в дальнейшем имели минимальные изменения. Обращает на себя внимание то, что у европеоидов более активно увеличивалась масса тела в 16–17 лет (не менее 6 кг/год) по отношению к аборигенам. Исходя из того, что масса тела в большей степени отражает индивидуальную реактивность на экзогенное воздействие, можно предположить наличие первых проявлений «функционального неблагополучия организма» (Федотова, 2005).

Как отмечали А. Я. Соколов и Л. И. Гречкина (2008), этнические различия по скорости роста у подростков Магаданской области связаны с более интенсивным увеличением

конечностей среди европеоидов. Подчеркнем, что меньшие темпы годовых приростов длины тела после 15 лет были у аборигенов при нормотонии и симпатотонии, а у европеоидов – при ваготонии и нормотонии.

Согласно О. Г. Литовченко и В. С. Соловьеву (2007), это может свидетельствовать о достижении уровня морфологической зрелости организма в подростковом возрасте. У аборигенов при ваготонии и у европеоидов при симпатотонии процессы изменения длины и массы активно продолжались до 17 лет.

Так, у подростков и юношей такие физиологические параметры, как длина и масса тела, детерминированные в основном генетическими факторами, различались у аборигенов и укорененных жителей Севера. При этом динамика изменений данных параметров отличалась у аборигенов и европеоидов с различным исходным типом вегетативной регуляции.

Сравнительный анализ показателей ВСР в состоянии фона у аборигенов и европеоидов свидетельствует о сближении и однотипном характере регуляции сердечного ритма при симпатотонии, тогда как у подростков и юношей с ваготонией и нормотонией в состоянии фона наблюдали различные возрастные периоды регуляторных изменений у аборигенов и европеоидов (рисунок 10).

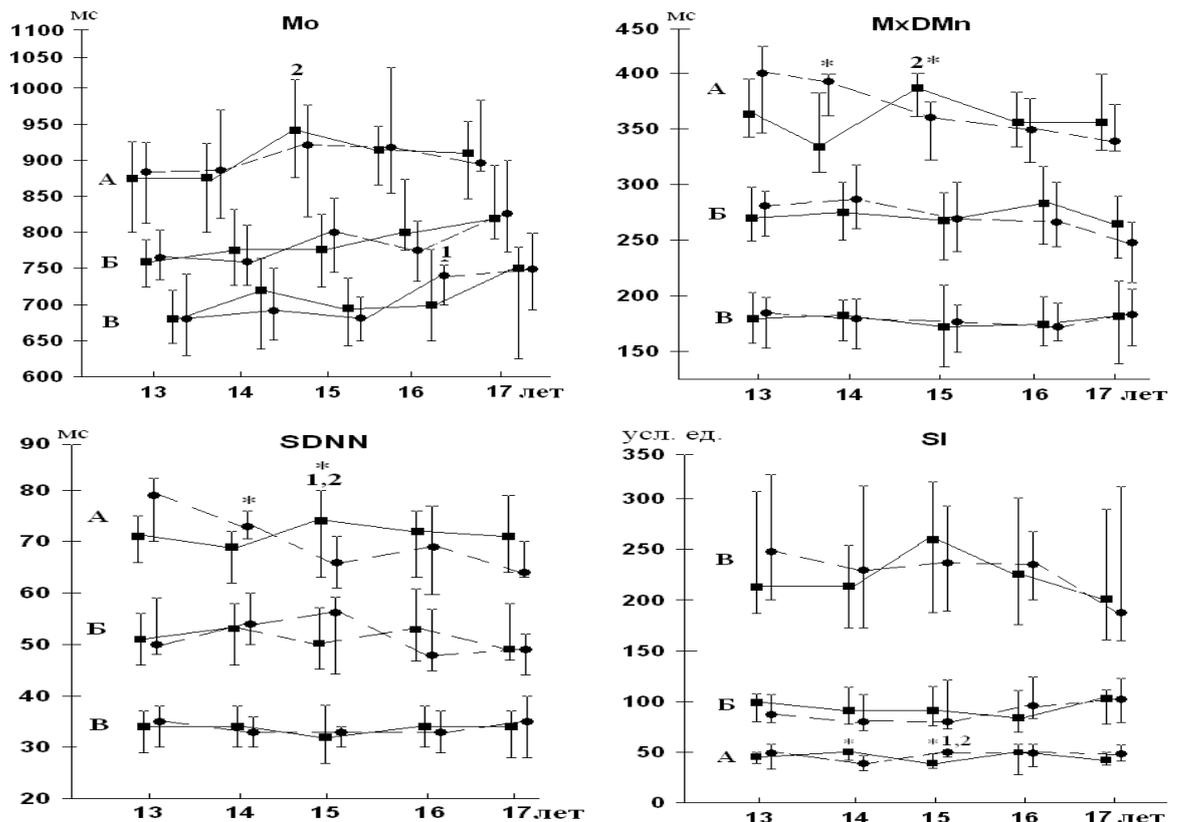


Рисунок 10 – Медиана и диапазон 25–75-го перцентиля показателей variability сердечного ритма у аборигенов и европеоидов с ваготонией (А), нормотонией (Б) и симпатотонией (В)

*Примечания:* кружком и пунктирной линией обозначены аборигены; квадратом и сплошной линией – европеоиды; «\*» – статистически значимые различия между аборигенами и европеоидами; «1» – различия показателя по сравнению с предыдущим возрастом у аборигенов; «2» – различия показателя по сравнению с предыдущим возрастом у европеоидов,  $p < 0,05$ .

Так, при ваготонии у аборигенов в 14 лет показателей SDNN и MxDMn были больше (в пределах 15 %), по сравнению с аналогичными показателями у европеоидов (69 и 333 мс). Это наряду с показателем SI (39 усл. ед.) свидетельствует о преобладании парасимпатической активности ВНС у аборигенов по сравнению с европеоидами, у которых SI находился в пределах 50 усл. ед. Противоположные изменения по данным показателям наблюдали в 15 лет. Также у европеоидов показатель Мо, который характеризует наиболее вероятный уровень функционирования сердечно-сосудистой системы, был выше по отношению к аборигенам (921 мс).

Со стороны спектральных составляющих кардиоритма увеличение LF и VLF отмечали в 15 лет у европеоидов на 245 и 228 мс<sup>2</sup> по сравнению с аналогичными показателями у аборигенов (1225 и 472 мс<sup>2</sup>) (рисунок 11).

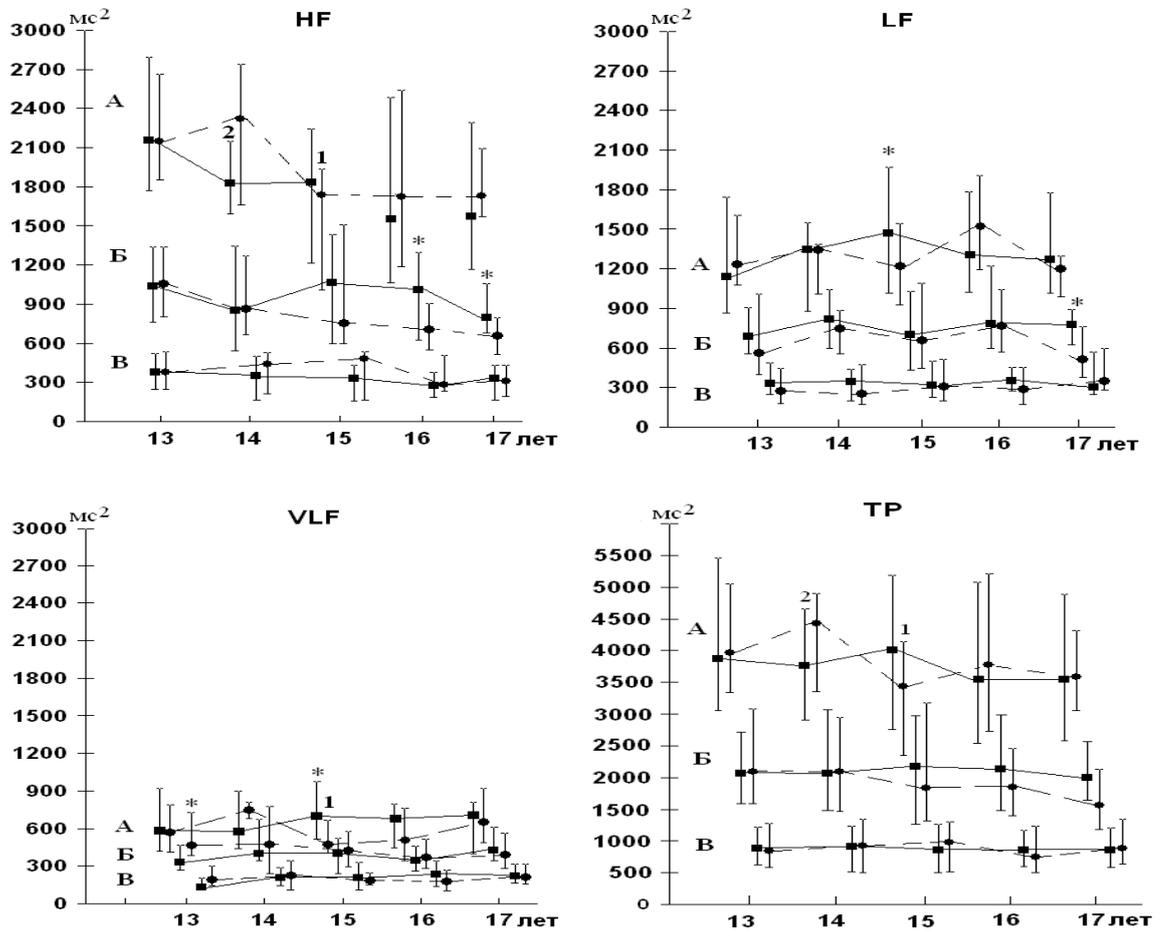


Рисунок 11 – Медиана и диапазон 25–75-го перцентиля спектральных показателей variability сердечного ритма у аборигенов и европеоидов с ваготонией (А), нормотонией (Б) и симпатотонией (В)

*Примечания:* кружком и пунктирной линией – обозначены аборигены; квадратом и сплошной линией – европеоиды; «\*» – статистически значимые различия между аборигенами и европеоидами; «1» – различия показателя по сравнению с предыдущим возрастом у аборигенов; «2» – различия показателя по сравнению с предыдущим возрастом у европеоидов,  $p < 0,05$ .

Аборигены и европеоиды с нормотонией в возрасте 14–15 лет характеризовались сближением диапазонов ВСР, тогда как значимые различия между ними наблюдали в 13, 16, 17 лет. В общей мощности спектра (TP) у европеоидов в 13 лет только значения VLF были меньше на  $136 \text{ мс}^2$  по сравнению с показателем у аборигенов ( $466 \text{ мс}^2$ ),  $p < 0,05$ . В старшей возрастной группе (16–17 лет) значения дыхательной составляющей спектра (HF) достоверно больше у европеоидов на 303 и  $143 \text{ мс}^2$ , чем у аборигенов (707 и  $657 \text{ мс}^2$ ). Аналогичные изменения выявлены в 17 лет у европеоидов по показателю LF, значения которого на  $259 \text{ мс}^2$  больше, чем у аборигенов с медианой  $514 \text{ мс}^2$ . Это свидетельствует о различной активности вазомоторного центра у юношей с нормотонией в сравниваемых этнических группах.

Также отметим, что при ваготонии в 13 лет у аборигенов и европеоидов в общей мощности спектра преобладали дыхательные волны (HF) и значения медианы соответствовали более  $2000 \text{ мс}^2$ , тогда как к 17 годам значения уменьшались до  $1500 \text{ мс}^2$ . В возрастной динамике в общей мощности спектра (TP) при ваготонии уменьшение дыхательной составляющей (HF) у европеоидов отмечали к 14 годам, тогда как у аборигенов к 15 годам. При нормотонии и симпатотонии в динамике показатель HF не претерпевал существенных изменений. На уменьшение «границ и ширины» диапазонов сердечно-дыхательного синхронизма с увеличением возраста указывается в работе В. М. Покровского (2007).

Исходя из того, что изменчивость показателей (ВСР) вегетативной регуляции определяется различным исходным типом ВНС, можно говорить об их физиологическом оптимуме в различные возрастные периоды. В работе Р. М. Баевского и соавт. (2001а) указывается, что в соответствии с «физиологической нормой» значения большинства показателей ВСР не должны выходить за определенные границы для конкретной гендерно-возрастной группы. В нашем исследовании согласно значениям показателей ВСР в диапазоне 25- и 75-го перцентилей вариабельность значений выше у подростков с ваготонией, чем при нормотонии, и тем более при симпатотонии. При этом диапазон их колебаний в состоянии покоя определялся исходной активностью звеньев ВНС и практически не зависел от этнических особенностей обследуемой популяции. Как отмечается в работе Е. А. Гавриловой (2014), чем больше вариантов изменения параметра, тем выше способность организма приспособиться к меняющимся условиям внутренней и внешней среды.

Со стороны показателей гемодинамики у обследованных нами аборигенов и европеоидов (вне зависимости от возраста и преобладающего типа вегетативной регуляции) наблюдались сопоставимые показатели САД, где верхняя граница 89-го перцентиля не превышала  $129 \text{ мм рт. ст.}$  Уровень нормального ДАД у европеоидов составляет  $73 \text{ мм рт. ст.}$ , а у аборигенов –  $69 \text{ мм рт. ст.}$

В ряде других работ также показано, что уровень АД детей-ненцев имеет более низкие значения, чем у детей-мигрантов. При этом у русских детей-мигрантов показатели АД сопоставимы с таковыми у детей-якутов (Часнык и др., 2005). С. А. Токарев (2008) установил, что у русских детей повышение систолического и диастолического АД имело тенденцию к более частой встречаемости, чем у коми и ненцев. Среди русских детей наблюдалась тенденция к более частому изолированному повышению ДАД, тогда как у детей-коми чаще встречались варианты изолированного повышения САД (до 10%). Согласно исследованиям О. Л. Нифонтовой и соавт. (2010), во всех возрастных группах коренной национальности (ханты) наблюдалось незначительное превышение возрастных норм показателей системного АД от показателей жителей европейской части России.

По нашим данным, у обследуемых подростков и юношей с одинаковым исходным типом вегетативной нервной системы наблюдаются сопоставимые диапазоны АД (в положении лежа) (рисунок 12).

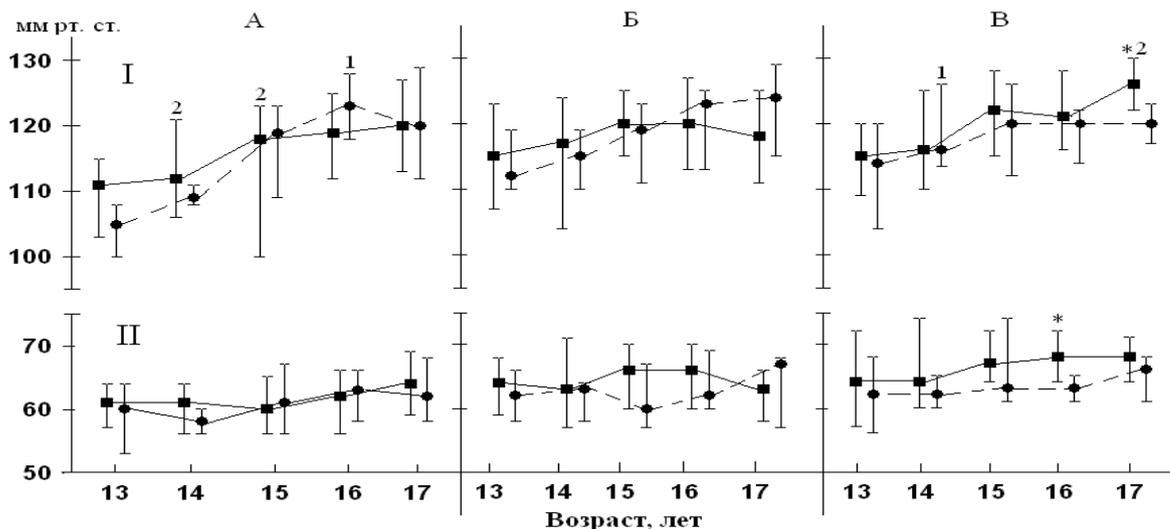


Рисунок 12 – Показатели систолического (I) и диастолического (II) артериального давления и диапазон 25–75-го перцентилей у лиц с ваготонией (А), нормотонией (Б) и симпатонией (В)

*Примечания:* кружком и пунктирной линией обозначены аборигены; квадратом и сплошной линией – европеоиды; «\*» – статистически значимые различия между аборигенами и европеоидами; «1» – различия показателя по сравнению с предыдущим возрастом у аборигенов; «2» – различия показателя по сравнению с предыдущим возрастом у европеоидов,  $p < 0,05$ .

По гемодинамическим показателям только при симпатотонии статистически значимые различия между аборигенами и европеоидами были в 16 и 17 лет. У аборигенов в 16 лет отмечали достоверно низкие значения медианы ДАД и АДср (63 и 81 мм рт. ст.) по сравнению с показателями у европеоидов (68 и 87 мм рт. ст.).

Следовательно, эффект экономизации кровообращения у европеоидов с симпатотонией к старшему школьному возрасту снижается, и к 17 годам показатель САД увеличивается

до 126 мм рт. ст., а у аборигенов до 120 мм рт. ст. По другим анализируемым характеристикам гемодинамики (МОК, УО, ОПСС) у аборигенов и европеоидов статистически значимых различий не было. Полученные данные согласуются с результатами исследования И. В. Сухановой (2007) в котором показано, что у аборигенов в студенческом возрасте сохраняются более низкие показатели ЧСС, систолического и диастолического АД, без статистически значимых изменений МОК, УО, ИК, ОПСС по отношению к европеоидам.

### **3.7. Влияние активной ортостатической пробы на вариабельность сердечного ритма у аборигенов и уроженцев-европеоидов Магаданской области с различным исходным типом вегетативной регуляции**

Проведение функциональных проб является важной частью оценки ВСР, изменения которых могут не только носить диагностический характер, но и выступать в качестве прогностических критериев (Берсенева и др., 2012). Возрастные изменения в регуляции кардиоритма могут свидетельствовать о различной степени активности центрального контура ВНС в ответ на изменение тела в пространстве. Так, если при ваготонии в процессе АОП у аборигенов с 13 до 17 лет отмечали тенденцию увеличения степени реакции при отсутствии статистически значимых различий по показателям ВСР, то у европеоидов период значимых изменений был в 14–15 лет. Эти особенности определяли значительную симпатическую реакцию у европеоидов при АОП в 14 лет, что выражалось в уменьшении значений Мо (28%), МхDMn (24%), SDNN (30%), рNN50 (90%), TP (50%), HF (81%), LF (25%) и увеличении AMo50 и SI соответственно в 1,5 и 3 раза относительно значений фона (рисунок 13). В 15 лет по аналогичным показателям уменьшение относительно фона составляло: Мо (на 27%), МхDMn (23%), SDNN (25%), рNN50 (81%), TP (36%), HF (76%), LF (2%), что указывает на сохранение более высокого уровня функционирования сердечно-сосудистой системы в процессе АОП.

В процессе АОП этнические различия между сравниваемыми группами при ваготонии наблюдали в 15 лет (рисунок 13). Так, у европеоидов медиана Мо и МхDMn была больше на 6 и 31 % относительно аналогичных значений у аборигенов (650 и 227 мс), что связано с различной ответной реакцией организма на ортостаз. Отметим, что у европеоидов уменьшение МхDMn по сравнению с фоном составляло 23 %, тогда как у аборигенов достигало 36 %,  $p < 0,01$ . Также наблюдали статистические различия по показателям HF и LF, что свидетельствует о более выраженной реакции в ответ на АОП у аборигенов, чем у европеоидов.

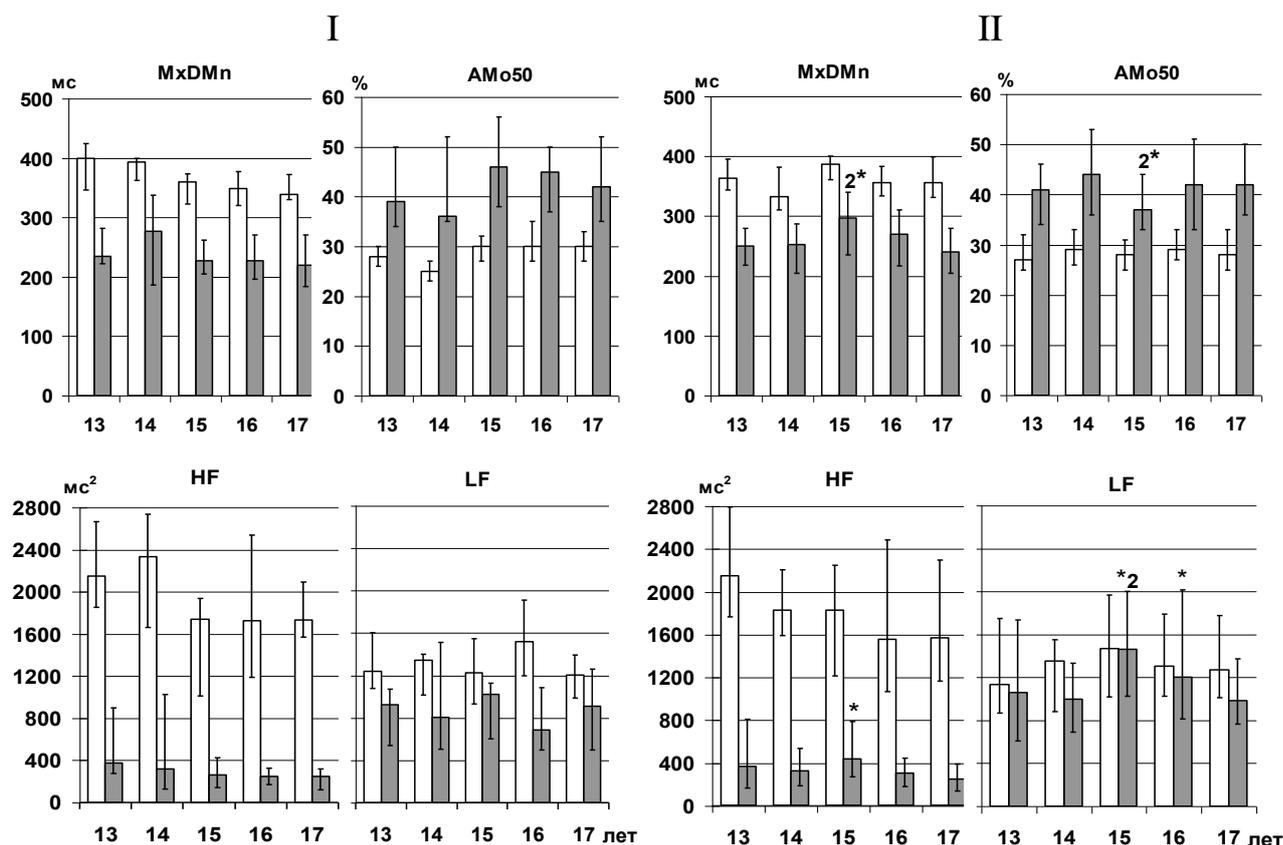


Рисунок 13 – Динамика показателей кардиоритма у аборигенов (I) и европеоидов (II) с ваготонией, Md (25–75-й процентиля)

*Примечания:* светлые столбики – состояние лежа, темные – стоя; «\*» – статистически значимые различия между аборигенами и европеоидами; «1» – различия показателя по сравнению с предыдущим возрастом у аборигенов; «2» – различия показателя по сравнению с предыдущим возрастом у европеоидов,  $p < 0,05$ .

При этом у аборигенов с ваготонией наблюдали значительную активацию симпатической системы с увеличением абсолютных значений AMo50 до 46% и SI до 153 усл. ед., по сравнению с европеоидами, значения которых увеличились до 37% и 105 усл. ед. соответственно.

Так, при ваготонии во всех возрастных группах, вне зависимости от этнического состава, в процессе АОП уменьшались показатели Mo, MxDMn, RMSSD, pN50, SDNN и увеличивались AMo50 и SI относительно их фоновых величин,  $p < 0,01$ . В общей мощности спектра, несмотря на высокую вариативность значений, наблюдалось уменьшение абсолютных значений спектра (HF, LF, VLF) по отношению к фону,  $p < 0,01$ .

Согласно данным других авторов уменьшение показателей MxDMn, HF и LF в ответ на АОП связаны со снижением активности парасимпатического отдела ВНС и подключением структур центрального регуляторного контура, что является оптимальной реакцией и свидетельствует о хороших адаптационных резервах организма (Михайлов, 2000; Шлык, 2009).

При симпатотонии у аборигенов и европеоидов значимые изменения ВСР при АОП были также в 14–15 лет. В этот возрастной период у европеоидов в процессе АОП отмечали одинаковую ортостатическую направленность реакции: уменьшение  $M_0$  (на 19–17 %),  $RMSSD$  (34–37 %),  $pNN50$  (90 %),  $HF$  (63–65 %) при незначимом изменении показателей  $MxDMn$ ,  $SDNN$  и  $AMo50$ ,  $TP$  по отношению к фону. У этих же лиц в 15 лет показатель  $LF$  увеличился в 2 раза относительно фона ( $313 \text{ мс}^2$ ), а в 14 лет – на 25 % ( $345 \text{ мс}^2$ ), что может указывать на различный уровень рассогласования в работе симпатического и парасимпатического отделов ВНС (рисунок 14).

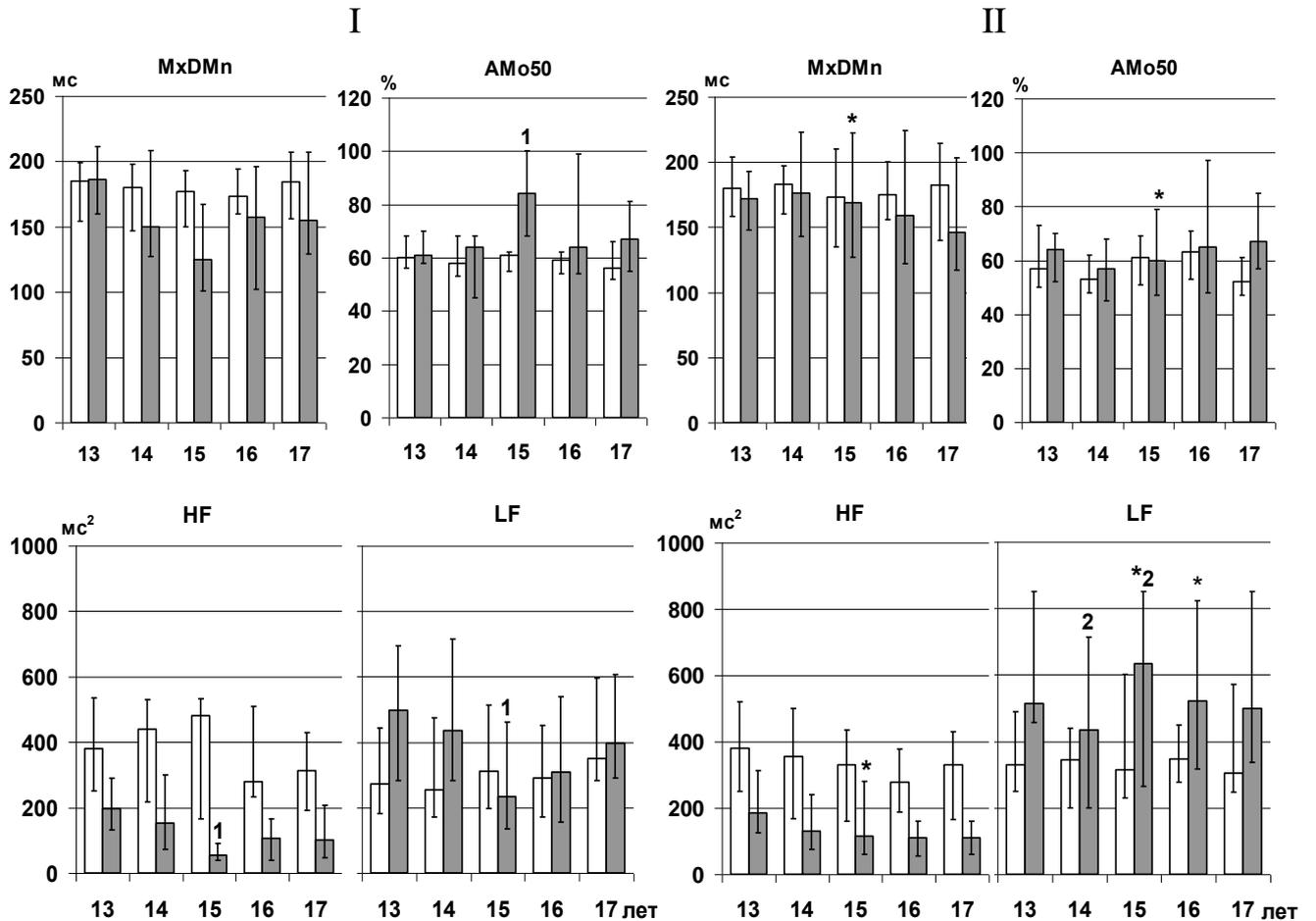


Рисунок 14 – Динамика показателей кардиоритма у аборигенов (I) и европеоидов (II) с симпатотонией,  $M_d$  (25–75-й процентиля)

*Примечания:* светлые столбики – состояние лежа, темные – стоя; «\*» – статистически значимые различия между аборигенами и европеоидами; «1» – различия показателя по сравнению с предыдущим возрастом у аборигенов; «2» – различия показателя по сравнению с предыдущим возрастом у европеоидов,  $p < 0,05$ .

Подобные изменения вегетативной реактивности характерны для лиц с преобладанием центрального контура регуляции и считаются парадоксальными, наиболее часто встречаются при выраженном утомлении и донозологических состояниях (Шлык, 2009; Ботова, 2015).

У аборигенов в 14–15 лет была различная ответная реакция организма на АОП: у подростков 14 лет наблюдали типичную для симпатотоников вегетативную реакцию ВСР, а в 15 лет произошло значимое уменьшение MxDMn (на 30 %), SDNN (27 %), RMSSD (56 %) относительно фоновых значений,  $p < 0,01$ . Показатель преобладания парасимпатического звена регуляции над симпатическим (pNN50) имел у аборигенов нулевые или близкие к ним значения (0–0,7%). Также о дополнительной активации симпатического звена ВНС свидетельствовал показатель AMo50 с увеличением на 23 % относительно фоновых значений (61 %),  $p < 0,01$ . В общей мощности спектра (TP) отмечали уменьшение HF-составляющей в 9 раз относительно исходных фоновых значений ( $480 \text{ мс}^2$ ) (рисунок 14). Аналогичные изменения наблюдали по LF- и VLF-составляющей спектра. При таком качестве и выраженности реакции в ответ на АОП у аборигенов в 15 лет были достоверно ниже показатели MxDMn, SDNN, RMSSD, pNN50, TP и HF, LF, чем у подростков в 14 лет.

Особенности реакции при АОП у 15-летних подростков определялись этническими различиями. При этом у европеоидов сохранялся достоверно высокий уровень функционирования сердечно-сосудистой системы, где медиана показателей MxDMn и SDNN была выше на 35 и 45 % относительно аборигенов (125 и 24 мс),  $p < 0,05$ . В общей мощности спектра между сравниваемыми группами достоверные различия наблюдали по HF-составляющей, и значения у европеоидов были выше в 2 раза относительно значений у аборигенов ( $54 \text{ мс}^2$ ),  $p < 0,05$ . Аналогичные изменения были по LF-составляющей спектра между аборигенами и европеоидами в типизированных группах в 15–16 лет. Отметим, что при симпатотонии к 15 годам наблюдали различную тенденцию изменения показателя активности вазомоторного центра (LF) при АОП: для аборигенов было характерно его снижение, а у европеоидов – увеличение.

Исходя из того, что нормотонический тип может быть с преобладанием симпатического или парасимпатического тонуса, изменения variability сердечного ритма будут определяться при АОП адаптационными возможностями регуляторных механизмов (Баевский и др., 2013).

В возрастной динамике у европеоидов значимые изменения при АОП были в 16–17 лет только по показателю AMo50. Наблюдали высокую вариативность показателя при увеличении его значений в 16 лет на 6–9 %, а в 17 лет – на 10–23 % по отношению к фону, что может указывать на различную активацию симпатического отдела ВНС (рисунок 15). У аборигенов отмечали два периода значимых изменений: в 13–14 и 15–16 лет,  $p < 0,05$ .

В 13 лет у подростков изменения показателей были следующими по отношению к фону: MxDMn (на 3 %), SDNN (2 %) RMSSD (38 %), pNN50 (75 %), HF (59 %), при увеличении LF и VLF (на 43% и 37% соответственно). В 14 лет произошел более выраженный

симпатотонический ответ в процессе АОП с уменьшением MxDMn (на 28%), SDNN (20%), RMSSD (57%), pNN50 (93%), HF (73%), LF (26%), VLF (24%). Аналогичные изменения при АОП наблюдали в 15–16 лет у аборигенов. В общей мощности спектра у 16-летних аборигенов выявлено более выраженное уменьшение по сравнению с фоном показателей ВСР: HF (на 78%), LF (32%), VLF (29%), чем у 15-летних подростков (соответственно 73%, 2%, 18%).

Отметим, что показатели AMo50 и SI в 13 лет увеличились до 42 % и 112 усл. ед., а в 14 лет до 52 % и 199 усл. ед. соответственно. В 16 лет значимо больше была медиана показателей AMo50 (56 %) и SI (223 усл. ед.) по отношению к 15-летним подросткам (48 % и 142 усл. ед.).

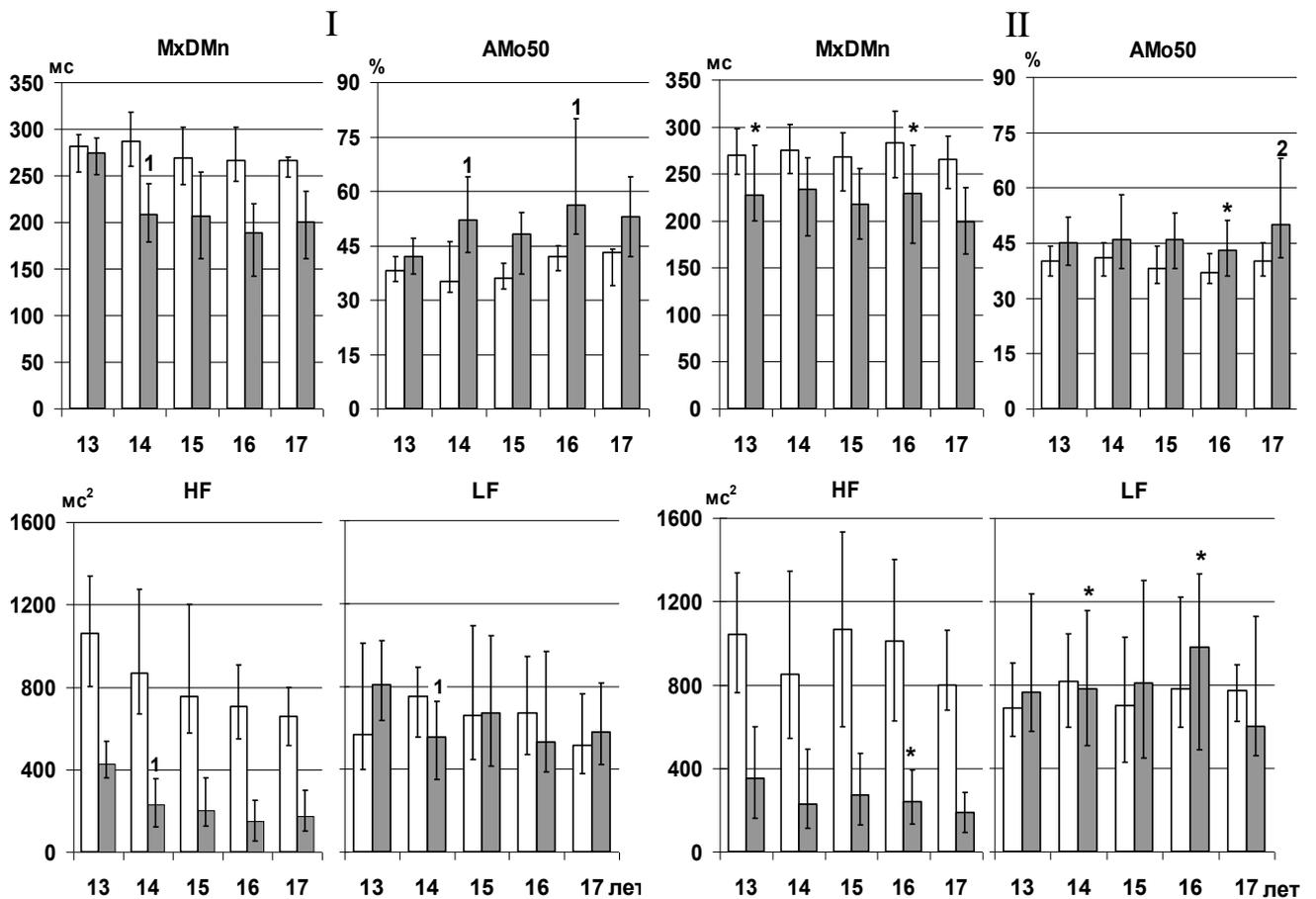


Рисунок 15 – Динамика показателей кардиоритма у аборигенов (I) и европеоидов (II) с нормотонией, Md (25–75-й процентиля)

*Примечания:* светлые столбики – состояние лежа, темные – стоя; «\*» – статистически значимые различия между аборигенами и европеоидами; «1» – различия показателя по сравнению с предыдущим возрастом у аборигенов; «2» – различия показателя по сравнению с предыдущим возрастом у европеоидов,  $p < 0,05$ .

Особенности ответной реакции организма в процессе АОП в рассматриваемые возрастные периоды определяются адаптационными возможностями ВНС как в возрастном, так и в этническом аспекте. Так, если у подростков 13–14 лет при ваготонии и симпатотонии отсутствовали статистически значимые различия по всем изучаемым показателям ВСР между

аборигенами и европеоидами, то при нормотонии они наблюдались в 13 лет по  $Mo$ ,  $MxDMn$ ,  $RMSSD$ ,  $pNN50$ ,  $VLF$  и были выше у аборигенов,  $p < 0,05$ . Это может свидетельствовать о том, что при изменении тела в пространстве у аборигенов в большей степени сохраняется влияние парасимпатического звена на структуру сердечного ритма, чем у европеоидов. Значения медианы показателя  $SI$  оставались в диапазоне нормотонического типа вегетативной регуляции (50–150 усл. ед.) в рассматриваемых этнических группах. Такие изменения характерны для лиц с хорошими функциональными резервами организма, у которых при стрессовой нагрузке происходит минимальное рабочее напряжение регуляторных систем организма,  $p < 0,01$ .

В 14 лет у европеоидов только показатель  $LF$ -составляющей спектра был на  $226 \text{ мс}^2$  больше, чем у аборигенов с медианой  $554 \text{ мс}^2$ . В динамике у европеоидов наблюдали увеличение при АОП показателя  $LF$  до 16 лет, значения которого были практически в 2 раза больше по отношению к аборигенам ( $529 \text{ мс}^2$ ). У европеоидов с нормотонией в 16 лет медиана показателя  $VLF$  составляла  $468 \text{ мс}^2$ , что на  $207 \text{ мс}^2$  превышало аналогичную величину в группе аборигенов. Эти особенности могут указывать на различные возрастные периоды активности вазомоторного центра и надсегментных уровней, включая гуморальные и психоэмоциональные влияния у аборигенов и европеоидов. Также в 16 лет у европеоидов показатели  $MxDMn$  и  $SDNN$  были больше по сравнению с показателями аборигенов. Это может указывать на более высокое сохранение парасимпатического влияния и вазомоторной активности в процессе АОП у европеоидов, тогда как у аборигенов  $AMo50$  (показатель симпатической активности) согласно 75-му перцентилю представлен максимальными значениями – 80 %.

Во всех возрастных группах изменения в процессе АОП показателей  $Mo$ ,  $MxDMn$ ,  $RMSSD$ ,  $pNN50$ ,  $SDNN$ ,  $AMo50$ ,  $SI$  были сопоставимы с ответной реакцией для ваготонии. В общей мощности спектра наблюдали уменьшение показателя  $HF$  относительно фоновых значений, низкочастотные составляющие кардиоритма ( $LF$  и  $VLF$ ) в возрастных группах статистически незначимо уменьшались или увеличивались, что может свидетельствовать о различной тенденции в активности центральных структур вегетативной регуляции.

У нормотоников при согласованном действии симпатического и парасимпатического отделов ВНС могут наблюдаться изменения вегетативной регуляции, которые характерны для ваготонии. Также у них, как вариант оптимальной реакции регуляторных систем в ответ на АОП, может быть сдвиг в сторону симпатотонии с дополнительной мобилизацией функциональных резервов организма, что отражается в соответствующих изменениях показателей  $VCP$ .

Возрастные изменения  $VCP$  проявляются в увеличении значения показателя напряжения регуляторных систем ( $SI$ ) (рисунок 16). В 15 лет у аборигенов с ваготонией и симпатотонией показатель  $SI$  соответствовал 153 и 555 усл. ед., тогда как у европеоидов значения были

практически на 30–39 % меньше. При симпатотонии такие высокие значения показателя SI могут указывать на перенапряжение регуляторных механизмов. Однако, при достаточно большом разбросе показатель SI в динамике к 17 годам у аборигенов и европеоидов не наблюдали достоверных различий у подростков с одинаковым типом вегетативной регуляции. Для подростков с нормотонией характерны аналогичные особенности в 16 лет, где значения SI у европеоидов на 27 % были меньше, чем у аборигенов (223 усл. ед.).

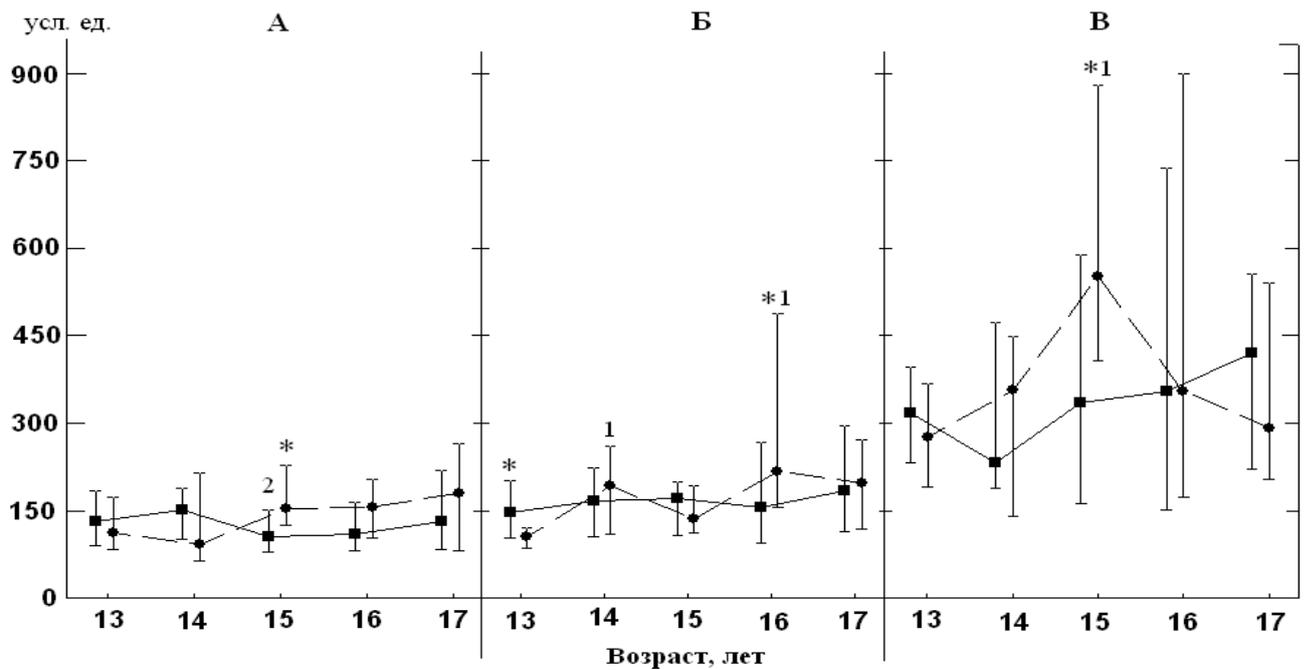


Рисунок 16 – Медиана и диапазон 25–75-го перцентиля показателя SI (усл. ед.) у аборигенов и европеоидов с ваготонией (А), нормотонией (Б) и симпатотонией (В) в процессе активной ортостатической пробы

*Примечания:* кружком и пунктирной линией обозначены аборигены; квадратом и сплошной линией – европеоиды; «\*» – статистически значимые различия между аборигенами и европеоидами; «1» – различия показателя по сравнению с предыдущим возрастом у аборигенов; «2» – различия показателя по сравнению с предыдущим возрастом у европеоидов,  $p < 0,05$ .

При этом со стороны гемодинамических показателей у аборигенов и европеоидов наблюдали адекватный вариант функционального ответа на АОП, где происходило относительно фона увеличение ЧСС (до 30 уд./мин), показателя ДАД и значений САД (до 10 мм рт. ст.). В изучаемых группах статистические различия по показателям АД наблюдались в большинстве случаев на 2-й минуте ортостаза у подростков с различной исходной активностью регуляторных систем (рисунок 17). Так, при ваготонии только в 13–14 лет отмечали достоверные различия по анализируемым показателям АД, и значения у аборигенов были всегда ниже по отношению к европеоидам, однако у подростков в старшем школьном возрасте этих изменений не наблюдалось. У европеоидов-нормотоников только в 13 лет значения ЧСС были выше на 2-й и 5-й минуте пробы (92 и 96 уд./мин) по отношению

к аборигенам (79 и 88 уд./мин),  $p < 0,01$ . У подростков с симпатотонией различия наблюдали на 2-й минуте АОП в 15–16 лет по показателям АД, где у европеоидов они были значимо выше по отношению к аборигенам,  $p < 0,01$ . В 16 лет у европеоидов сохранялась выраженная реакция со стороны ДАД с увеличением до 85 мм рт. ст. по отношению к аборигенам (до 74 мм рт. ст.). В большинстве случаев в процессе АОП фиксировали достоверное увеличение показателей ЧСС и ДАД относительно фоновых величин,  $p < 0,01$ .

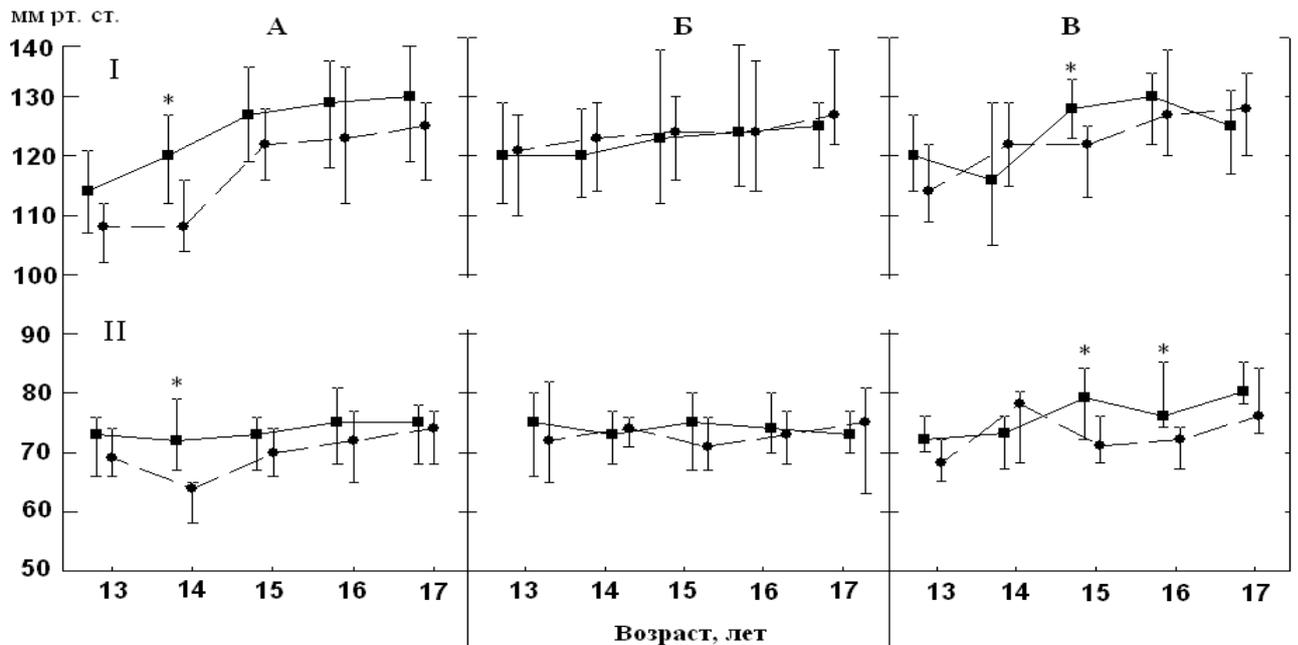


Рисунок 17 – Медиана и диапазон 25–75-го перцентиля показателей систолического (I) и диастолического (II) артериального давления у лиц с ваготонией (А), нормотонией (Б) и симпатотонией (В) на 2-й минуте активной ортостатической пробы

*Примечания:* кружком и пунктирной линией обозначены аборигены; квадратом и сплошной линией – европеоиды; «\*» – статистически значимые различия между аборигенами и европеоидами; «1» – различия показателя по сравнению с предыдущим возрастом у аборигенов; «2» – различия показателя по сравнению с предыдущим возрастом у европеоидов,  $p < 0,05$ .

Согласно литературных данных, это может быть связано с тем, что при изменении тела в пространстве уже к 5-й минуте наступала компенсаторная адренергетическая активность, приводящая к возрастанию общего периферического сопротивления через повышение тонуса альфа-адренорецепторов, в результате чего и происходит избыточный подъем ДАД (Вейсс и др., 1986; Мальцева и др., 2008). При высоких функциональных резервах изменение ЧСС является ведущим, тогда как при недостаточных резервах организма происходит значительное изменение АД, в основном систолического (Ванюшин, 1999; Воронов, 2009).

В проведенном исследовании было установлено, что вне зависимости от этнического состава обследуемых ответная реакция организма при АОП определяется исходным типом вегетативной регуляции. При этом качество и выраженность ответной реакции при АОП

указывает на различные адаптационные возможности обследуемого контингента в различные возрастные периоды. Так, у европеоидов-нормотоников в 16 лет реакция на функциональную нагрузку характеризовалась минимальным рабочим напряжением регуляторных систем. Аналогичные особенности наблюдали у обследуемых лиц при ваготонии и симпатотонии в 15 лет. При этом изменения в общей мощности спектра у европеоидов свидетельствуют о более высоком сохранении дыхательной составляющей и активности вазомоторного центра в регуляции сердечного ритма после АОП, что обусловлено меньшей стресс-реакцией организма по отношению к аборигенам.

### **3.8. Особенности вариабельности сердечного ритма у уроженцев Магаданской области при оптимальной реактивности вегетативной нервной системы**

В настоящее время среди исследователей не существует единой интерпретации изменения спектральных показателей ВСР у различных контингентов обследуемых лиц в ответ на АОП (Михайлов, 2000; Хаютин, Лукошкова, 2002; Ненашева, Аминов, 2004; Омельченко и др., 2006; Янов, Манакова, 2007; Догадкина, 2008; Шарапов и др., 2009; Шлык, 2009; Кудря, 2011). С учетом этого мы провели подробный анализ изменений спектральных показателей ВСР среди лиц, имеющих оптимальный 5-й тип вегетативной реактивности в процессе АОП.

Оказалось, что в процессе АОП по таким показателям ВСР, как  $M_0$ ,  $M_{xDMn}$ ,  $RMSSD$ ,  $rNN50$ ,  $SDNN$ ,  $AMo50$  и  $SI$ , изменения были аналогичны описанным ранее для подростков и юношей (раздел 3.3 и 3.5), поэтому основное внимание уделено детальному анализу спектральных составляющих кардиоритма (таблица 32).

Так, в состоянии фона у аборигенов и европеоидов по абсолютным значениям спектральных составляющих кардиоритма не отмечали статистически различий. В то же время при проведении АОП у подростков с ваготонией среди обследуемых наблюдали уменьшение общей мощности спектра в основном за счет высокочастотной составляющей (HF), значения которой относительно фона снижались на 84 %, а по низкочастотной (LF) – на 51 % у аборигенов и на 23 % у европеоидов. Статистически значимых различий относительно фоновых величин по VLF-составляющей спектра не установлено. При данных вариантах функционального ответа наблюдали увеличение у ваготоников показателя  $SI$  почти в 4 раза (с 50 до 199 усл. ед.) у аборигенов и в 2,7 раза (с 50 до 135 усл. ед.) у европеоидов,  $p < 0,01$ .

Таблица 32 – Показатели кардиоритма у обследуемых лиц с нормальной вегетативной реактивностью в процессе активной ортостатической пробы, Md (25-й; 75-й процентиль)

Исследуемые показатели	Исходный тип ВНС	Аборигены (n = 72)		Европеоиды (n = 143)	
		Фон	АОП	Фон	АОП
Mo, мс	Ваготония	894 (830; 940)	641 (609; 688)*	891 (840; 965)	675 (626; 704)*
	Нормотония	808 (782; 847)	633 (616; 699)*	808 (731; 865)	614 (579; 673)* <sup>1</sup>
	Симпатотония	693 (678; 719)	558 (533; 624)*	693 (651; 764)	577 (530; 614)*
AMo50, %/50 мс	Ваготония	31 (29; 33)	52 (38; 58)*	30 (27; 33)	44 (39; 52)*
	Нормотония	42 (39; 44)	54 (45; 66)*	41 (35; 46)	46 (41; 57)* <sup>1</sup>
	Симпатотония	60 (53; 69)	73 (62; 84)*	55 (51; 68)	63 (55; 76)* <sup>1</sup>
MxDMn, мс	Ваготония	340 (324; 372)	208 (178; 255)*	340 (323; 389)	237 (207; 270)*
	Нормотония	259 (237; 281)	192 (151; 256)*	255 (230; 287)	211 (181; 251)*
	Симпатотония	167 (150; 173)	133 (106; 152)*	190 (160; 213)	170 (145; 198)* <sup>1</sup>
TP, мс <sup>2</sup>	Ваготония	3300 (2628; 3987)	1184 (834; 1972)*	3470 (2856; 4340)	1627 (1115; 2311)*
	Нормотония	1750 (1384; 2365)	1043 (781; 1460)*	2030 (1433; 2560)	1190 (845; 1763)*
	Симпатотония	715 (510; 897)	572 (278; 750)*	880 (627; 1046)	832 (497; 1354) <sup>1</sup>
HF, мс <sup>2</sup>	Ваготония	1734 (1536; 1962)	261 (132; 318)*	1755 (1440; 1994)	300 (200; 450)*
	Нормотония	775 (660; 950)	200 (130; 260)*	910 (620; 1071)	164 (110; 325)*
	Симпатотония	260 (195; 314)	70 (38; 94)*	330 (250; 380)	122 (72; 240)* <sup>1</sup>
LF, мс <sup>2</sup>	Ваготония	1128 (778; 1332)	543 (458; 1162)*	1168 (978; 1590)	894 (644; 1266)* <sup>1</sup>
	Нормотония	600 (440; 915)	540 (411; 800)	780 (603; 1039)	667 (475; 960)
	Симпатотония	275 (180; 370)	352 (122; 471)	360 (252; 502)	520 (300; 850)* <sup>1</sup>
VLF, мс <sup>2</sup>	Ваготония	437 (314; 693)	380 (244; 492)*	550 (438; 755)	433 (271; 595)*
	Нормотония	373 (284; 500)	303 (240; 400)*	340 (210; 450)	360 (258; 478)
	Симпатотония	180 (135; 213)	150 (118; 185)	190 (125; 264)	190 (155; 253) <sup>1</sup>
IARS, балл	Ваготония	4 (3; 4)	4 (3; 5)	4 (3; 4)	5 (4; 5)
	Нормотония	3 (2; 4)	5 (3; 6)*	2 (1; 3)	5 (3; 6)*
	Симпатотония	3 (3; 5)	6 (5; 7)*	3 (3; 5)	6 (5; 7)*

Примечания: звездочкой отмечены статистически значимые различия между показателями в состоянии покоя (фон) и ортостаза; «1» – различия между аборигенами и европеоидами после активной ортостатической пробы (АОП), p < 0,05.

Такие особенности реакции при АОП у лиц с исходным ваготоническим типом вегетативной регуляции могут свидетельствовать о согласованном действии парасимпатического и симпатического отделов ВНС, но при этом у аборигенов можно отметить более выраженную реакцию на ортостатическую пробу.

При нормотонии у аборигенов и европеоидов в ответ на ортостатическую пробу было значимое уменьшение показателя HF в пределах 83–84 % относительно фоновых значений,  $p < 0,01$ . По низкочастотным составляющим спектра наблюдались следующие изменения в сравниваемых этнических группах с нормотонией: по LF-составляющей незначимое уменьшение и VLF-составляющей достоверное снижение только у аборигенов,  $p < 0,05$ . При данных вариантах реакции увеличение показателя SI у аборигенов произошло с 99 до 210 усл. ед., тогда как у европеоидов – со 106 до 188 усл. ед.

Это может указывать на то, что при сопоставимой реактивности симпатического и парасимпатического звеньев ВНС уровень напряжения организма, обеспечивающий выполнение АОП, у аборигенов значимо выше. При симпатотонии по всем составляющим в общей мощности спектра (TP) кардиоритма наблюдали статистически значимые различия между сравниваемыми этническими группами. Обращает на себя внимание то, что спектральные показатели ВСР после АОП у аборигенов были достоверно меньше, чем у европеоидов. В общей мощности спектра отмечалось уменьшение HF-составляющей относительно значений фона у аборигенов и европеоидов на 73 и 63 %,  $p < 0,01$ . При этом значение LF-составляющей относительно фона у европеоидов возрастало в среднем на 44 %, тогда как у аборигенов на 28 %. Такие изменения в процессе АОП могут свидетельствовать о различной активности вазомоторного центра у аборигенов и европеоидов при ответной реакции организма на изменение тела в пространстве. По показателю VLF отмечали статистически незначимые колебания (уменьшение или увеличение) относительно фоновых значений,  $p > 0,05$ . В ходе выполнения АОП у европеоидов с симпатотонией увеличивался показатель SI с 201 до 335 усл. ед., а у аборигенов – с 260 до 527 усл. ед. Подчеркнем, что особенности реакций у аборигенов и европеоидов укладываются в процентильный диапазон нормального функционального ответа для лиц с различным исходным типом ВНС. Однако у аборигенов при различном типе вегетативной регуляции всегда наблюдалась более выраженная реакция на АОП относительно реакции европеоидов.

По всей видимости, это связано с эволюционно закрепленным у аборигенных этносов характером реагирования на экстремальные условия по типу «стайер», что обеспечивает им возможность сохранения и восстановления оптимального уровня работоспособности в суровых условиях Севера с минимальными энергетическими затратами (Казначеев, 1980). Это происходит за счет того, что регуляторные системы жизнеобеспечения ставят ограничения

на использование за короткий промежуток времени всех ресурсов организма, в результате чего сохраняется адаптационный резерв (Хаснулин и др., 2009).

При наличии достаточных функциональных резервов у подростков с ваготонией и нормотонией как у аборигенов, так и европеоидов есть возможность для их мобилизации к срочной адаптации в экстремальных ситуациях, тогда как на фоне сниженных адаптационных возможностей организма, которые характерны для лиц с исходной симпатотонией, функциональная нагрузка в виде АОП может приводить к проявлению не только донозологических состояний, но и к коллаптоидным реакциям.

Анализ спектральных составляющих мощности спектра у подростков и юношей с одинаковым типом реактивности, но различных этнических групп свидетельствует о том, что у них в состоянии покоя и в процессе АОП наблюдалось сближение показателей ВСР. Это еще раз подтверждает ранее выдвинутое положение о формировании на Севере среди современных молодых жителей механизмов конвергентного типа адаптации (Максимов, 2009).

Отметим, что изменения ВСР в процессе АОП у подростков с ваготонией и нормотонией согласуются с данными Н. И. Шлык (2009) для лиц с умеренным преобладанием автономной регуляции (III группа), у которых автор отмечает наиболее «правильный функциональный ответ» регуляторных систем на ортостаз.

В предыдущих главах подробно проанализированы изменения ВСР у подростков и юношей, исходное состояние которых укладывается в физиологический оптимум, определяемый рамками 1–4 балла индекса активности регуляторных систем (IARS) или шкалы «Светофор» по классификации Р. М. Баевского (1979). С учетом того, что в процессе наших исследований встречались индивидуумы, значения IARS которых превышали указанные диапазоны, и согласно методике (раздел 2.1) изначально были исключены из анализа практически здоровых возрастных групп. Такое состояние можно было охарактеризовать как донозологическое.

Отметим, что донозологические состояния характеризуются тем, что оптимальные адаптационные возможности организма обеспечиваются более высоким, чем в норме, напряжением регуляторных систем, что ведет к расходованию функциональных резервов организма, возрастанию энергоинформационного обеспечения взаимодействия физиологических систем организма в поддержании гомеостаза (Баевский и др., 2001).

На рисунке 18 представлены индивидуальные значения ВСР у подростка С-ов и Т-ин с нарушениями ритма, у которых вариация длительности R-R-интервалов определялась аппаратно-программным комплексом до 4 % при норме не более 1–2 % (Комплекс..., 2005). Показатель IARS достигал 6 и 8 баллов. Минимальные значения SI (до 25 усл. ед.) и высокая разница между максимальными и минимальными значениями кардиоинтервалов

( $MxDMn \geq 500$  мс) свидетельствует о выраженном преобладании автономной регуляции. При этом наблюдали высокие значения суммарной мощности спектра и его составляющих.

Как отмечается в работе Н. И. Шлык и Е. Н. Сапожниковой (2011), у школьников с выраженным преобладанием автономной регуляции очень высокие значения TP, HF, LF на фоне «многофокусного» ритма могут свидетельствовать о несовершенстве регуляторных механизмов. В таких случаях выявить «патологический», дизрегуляторный или «физиологический» характер, возможно только при динамическом анализе ВСР и проведении функциональных проб.

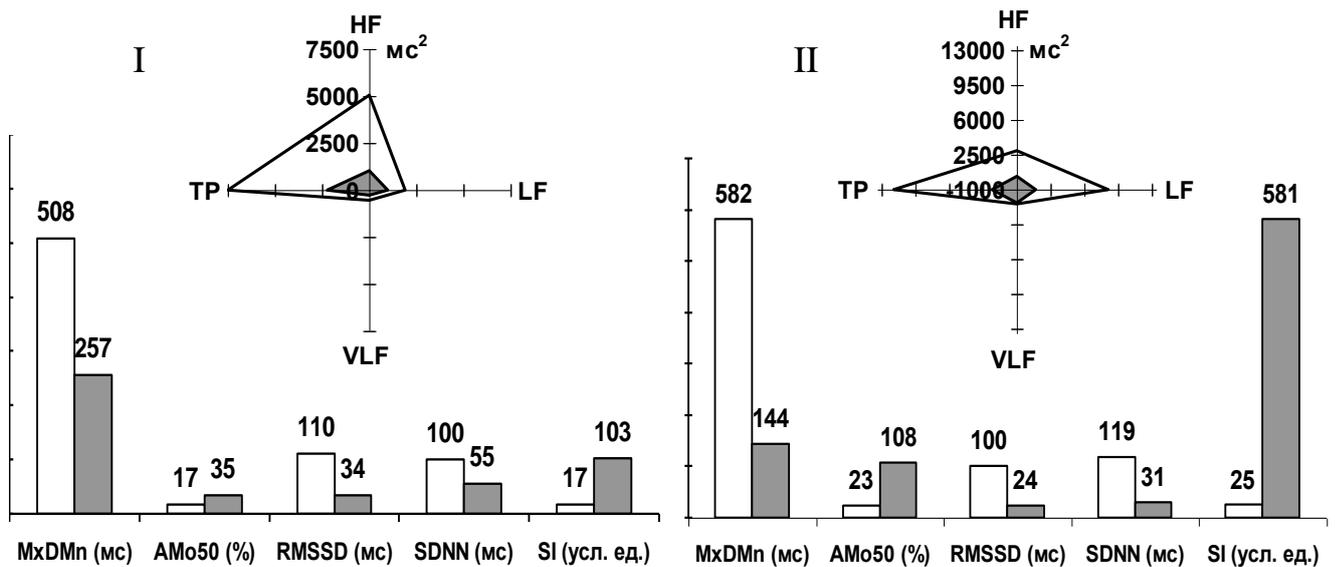


Рисунок 18 – Индивидуальные показатели кардиоритма у подростка С-ов (I) и Т-ин (II) в процессе активной ортостатической пробы

*Примечание.* Светлой зоной показаны значения в положении лежа, темной – стоя.

Так, у подростка С-ов реакция регуляторных систем в процессе АОП была связана с уменьшением TP – с 7505 до 2254  $мс^2$  и всех его составляющих: HF с 5070 до 1041  $мс^2$ , LF с 1917 до 967  $мс^2$ , VLF с 518 до 246  $мс^2$ . Симпатическая активность отражалась увеличением показателя SI в 6 раз и AMo50 на 18 % от исходных значений фона, и уменьшением MxDMn на 257 мс.

В состоянии фона у юноши Т-ин показатель AMo50 имел минимальные значения, а значения SDNN были более 80 мс, что предлагается рассматривать как верхнюю границу нормы (Баевский и др., 2001а). Суммарная мощность спектра характеризовалась высокими значениями за счет LF-составляющей и описывалось зависимостью:  $LF > HF > VLF$ . Такое преобладание мощности вазомоторных волн (LF,  $мс^2$ ) в общей мощности спектра может указывать на то, что процессы регуляции АД осуществляются при участии неспецифических механизмов (Шлык, 2009).

В процессе АОП у юноши Т-ин наблюдали значительные изменения ВСП, где общая мощность спектра TP уменьшалась с 11796 до 1522  $\text{мс}^2$ , HF с 2947 до 323  $\text{мс}^2$ , LF с 8460 до 907  $\text{мс}^2$ , VLF с 390 до 292  $\text{мс}^2$ . Также резкое увеличение SI в 23 раза и «выпадении» значений  $\Delta\text{AMo50}$  и  $\Delta\text{MxDmн}$  за пределы 3-го процетилия, может свидетельствовать о выраженном нарушении баланса вегетативной регуляции.

На рисунке 19 представлены показатели ВСП у подростков Д-ев и П-ка для которых характерен высокий регулярный ритм сердца ( $\text{MxDmн} < 150 \text{ мс}$ ) при значениях SI больше 350 усл. ед. Такие значения ВСП при исходной тахикардии (более 100 уд./мин) свидетельствуют о выраженном преобладании центрального регуляторного контура и функциональным перенапряжением организма (IARS 6 и 7 балла).

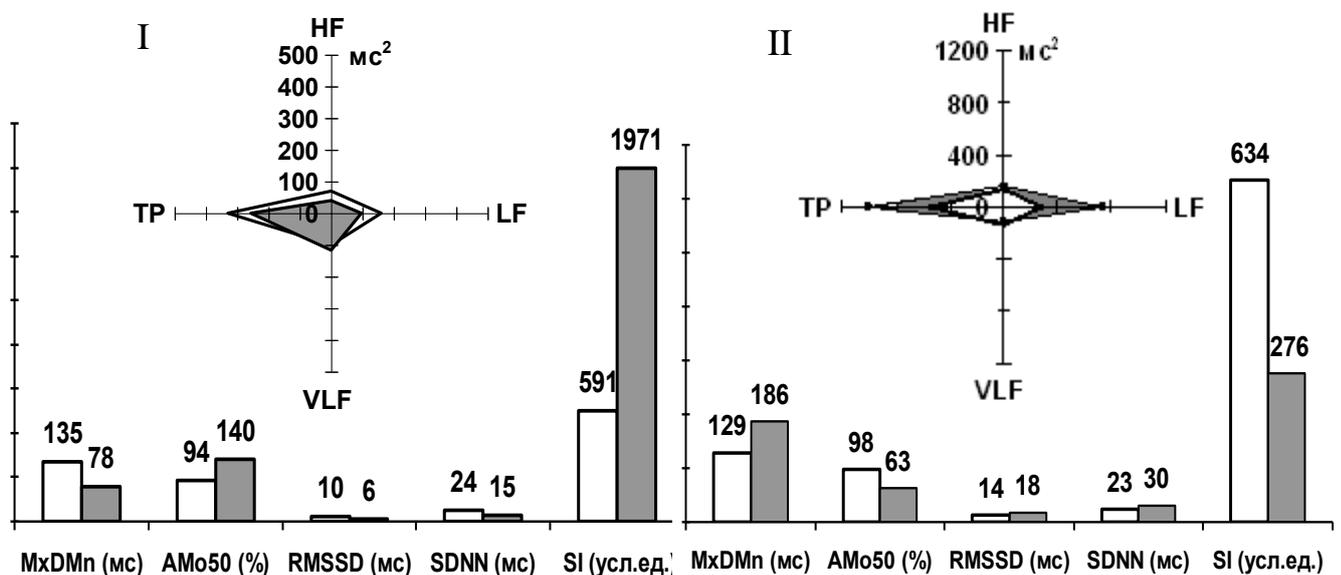


Рисунок 19 – Индивидуальные показатели кардиоритма у подростка Д-ев (I) и П-ка (II) в процессе активной ортостатической пробы

*Примечание.* Светлой зоной показаны значения в положении лежа, темной – стоя.

Проведение АОП показало, что у подростка Д-ев наблюдалось дальнейшее усиление симпатической активности (увеличение SI и AMo50) при уменьшении MxDmн, SDNN, RMSSD. Полученные данные подтверждают значения  $\Delta\text{AMo50}$  и  $\Delta\text{MxDmн}$ , которые соответствуют 7-му типу вегетативной реактивности (высокая реактивность обоих отделов ВНС). Эти изменения сочетались с уменьшением TP с 331 до 255  $\text{мс}^2$ , а также его составляющих HF (с 70 до 40  $\text{мс}^2$ ) и LF (с 161 до 98  $\text{мс}^2$ ) при увеличении VLF – с 100 до 117  $\text{мс}^2$ . При этом наблюдали следующую зависимость в спектре  $\text{VLF} > \text{LF} > \text{HF}$ , что указывает на гуморально-метаболический уровень поддержания гомеостаза. О нарушении и избыточном вегетативном обеспечении у подростка Д-ев свидетельствует также увеличение ЧСС более 30 уд./мин относительно фона (с 101 до 132 уд./мин) (Вегетативные расстройства..., 2003).

У юноши П-ка в ответ на АОП отмечали парадоксальную реакцию, которая характеризовалась с одной стороны снижением симпатической активности согласно показателям АМо50 и SI, а с другой стороны увеличением парасимпатической активности, отражающейся в MxDMn, SDNN (рисунок 19). Это состояние дисбаланса подтверждалось увеличением общей мощности спектра с 547 до 1007 мс<sup>2</sup> и его составляющих: HF (с 136 до 163 мс<sup>2</sup>); LF (с 279 до 733 мс<sup>2</sup>) при снижении VLF с 134 до 111 мс<sup>2</sup>. Отметим, что в состоянии покоя у обследуемого П-ка были высокие значения АД (139/88 мм рт. ст.) которые превышали не только установленные процентильные диапазоны для популяции Магаданской области, но и свидетельствовали о гипертензивном состоянии.

Подобные изменения вегетативной реактивности характерны для лиц с преобладанием центрального контура регуляции и наиболее часто встречаются при выраженном утомлении и донозологических состояниях (Шлык, 2009; Ботова, 2015).

На рисунке 20 представлен один из случаев коллаптоидного состояния в процессе АОП у подростка Г-т.

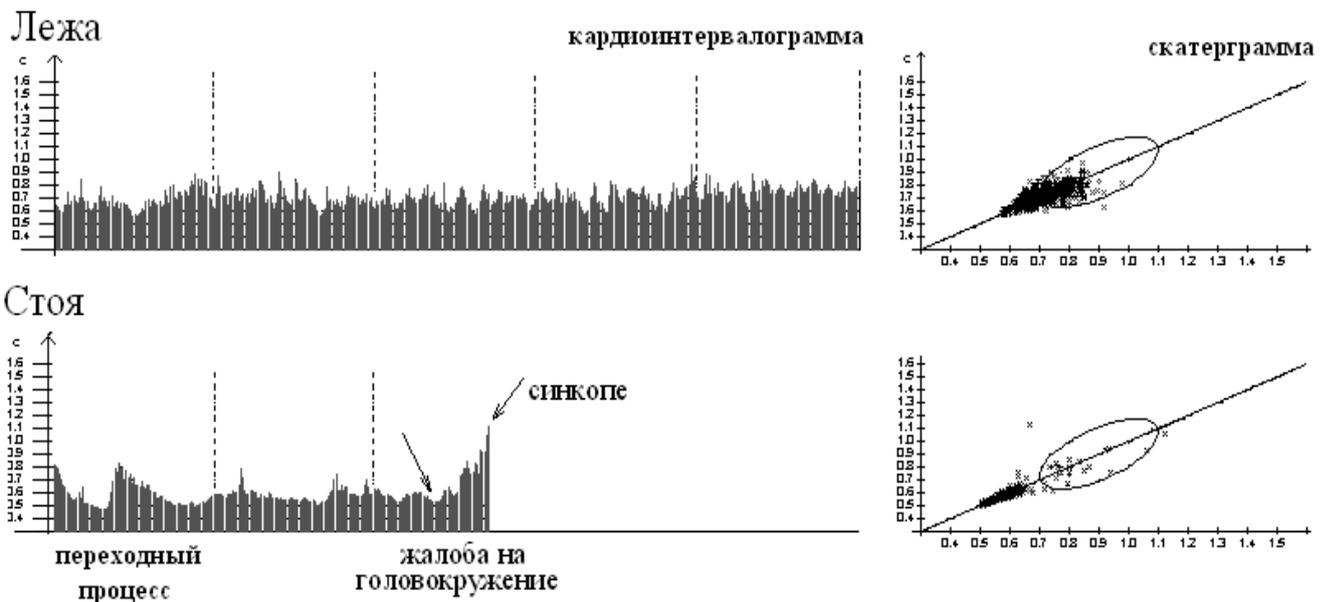


Рисунок 20 – Индивидуальные показатели кардиоритма у подростка Г-т процессе активной ортостатической пробы.

*Примечание.* Стрелками показана начало развития коллапса (жалоба на головокружение) и синкопе (кратковременная потеря сознания).

В процессе АОП было записано всего 150 кардиоинтервалов и, согласно методике, полный анализ статистических и спектральных показателей ВСР не проводился. Однако изменения R-R-интервалов в положении стоя до появления головокружения и в момент синкопе позволили получить ряд объективных показателей. Так, на 2-й минуте максимальное и минимальное значение R-R-интервалов было 751 и 515 мс, а разность между ними составляла

233 мс. Эти изменения указывают о компенсаторном увеличении ЧСС (83 до 101 уд./мин) при изменении тела в пространстве и усилении симпатического звена ВНС. При этом наблюдалось резкое повышение САД с 128 до 151 мм рт. ст.

В работе Н. В. Заболотских (2008) показано, что у здоровых лиц во время активного ортостаза выраженное увеличение САД (гипердинамия кровообращения) и в меньшей степени диастолического АД является риском развития ортостатической неустойчивости, так как наблюдается отсутствие ауторегулирующей вазодилатации мозговых сосудов с прогрессирующим снижением скорости кровотока в средней мозговой артерии.

У подростка Г-т на 3-й минуте в процессе развития предколлаптоидного состояния наблюдали увеличение продолжительности R-R-интервалов с 515 до 1139 мс и аритмии, что хорошо видно на скатерограмме. Таким образом, возникшая на 3-й мин АОП гиперпарасимпатикотония явилась основой развития синкопе.

Как следует из работ других авторов, что если во время ортостаза не происходит достаточной активации симпатического звена, и особенно при исходной ваготонии, а сохраняется или даже увеличивается реактивность парасимпатической составляющей ВНС, крайне велика опасность временной потери сознания (Абдрахманов, 2008; Гребенюк и др., 2010). В ряде исследований обнаружена связь между вегетативным дисбалансом и нейрокардиогенными обмороками (Zygmunt, Stanczyk, 2004; Topcu, Akalin, 2010). О. В. Валявской и соавт. (2007) выявлено, что у большинства детей и подростков с нейрокардиогенными синкопальными состояниями преобладала гиперсимпатикотоническая вегетативная реактивность (51,9 %) по сравнению с группой контроля (10 %). Также отмечается, что недостаточность симпатического обеспечения деятельности играет ключевую роль в формировании обморочной готовности. Такой вариант вегетативной реактивности чаще встречается у больных детей с врожденными пороками сердца (Яковлева, Раянова, 2007). Л. К. Антоновой (2004) указывается, что проявление асимпатикотонической вегетативной реактивности является пусковым механизмом смены фаз синдрома вегетативной дистонии.

Анализ показателей ВСП в состоянии покоя при выходе значений за пределы установленных процентильных диапазонов, могут указывать на высокую вероятность у них донозологических состояний, которые проявляются во время АОП. Это требует особого внимания к здоровью детей и подростков при плановой диспансеризации: необходимо не ограничиваться исследованиями только в состоянии покоя, а применять функциональные нагрузочные пробы с контролем ВСП, особенно в случаях, когда онтогенез протекает в экстремальных условиях Северо-Востока России.

### Заключение

Проведенными исследованиями установлено, что обязательным условием корректной оценки особенностей показателей ВСР при исследованиях различных групп аборигенного и европеоидного населения, сопоставимых по возрасту и полу, является обязательная индивидуальная оценка исходного типа вегетативной регуляции. Согласно анализу показателей ВСР и гемодинамики определено, что у северян из числа уроженцев-европеоидов оптимальным является нормотонический либо умеренно парасимпатический тип вегетативной регуляции. У лиц, характеризующихся увеличением активности симпатического звена ВНС, со стороны гемодинамических показателей происходит рост значений ЧСС, ДАД, МОК, ДП, усложнение внутри- и межсистемных корреляционных взаимосвязей по отношению к подросткам с ваготонией и нормотонией.

В возрастной динамике процессы морфофункциональных перестроек у уроженцев-европеоидов и аборигенов с различным исходным типом вегетативной регуляции носят гетерохронный характер. В возрастной период с 13 до 17 лет наибольшее число достоверных изменений ВСР наблюдается у лиц с ваготонией с 13 до 15 лет вне зависимости от этноса. Однако если у аборигенов к 17 годам отмечается тенденция снижения активности автономного регуляторного контура, то у европеоидов – его увеличение, что отражается в значениях ВСР.

Для всех групп, типизированных по исходной активности ВНС, характерна своя внутригрупповая вариативность значений в диапазоне 25- и 75-го перцентиля. При этом у аборигенов и уроженцев-европеоидов в состоянии фона наблюдали различную активность парасимпатического и симпатического звена ВНС (умеренную или выраженную) в изучаемом возрастном периоде. При ваготонии у аборигенов в 14 лет степень активности парасимпатического звена была больше, чем у уроженцев-европеоидов, а в 15 лет отмечалась противоположная реакция. Отметим, что при нормотонии аборигены и европеоиды в 14–15 лет характеризовались сближением диапазонов ВСР, а статистические значимые различия были в 13, 16, 17 лет.

Диапазоны нормального артериального давления у аборигенов и уроженцев-европеоидов свидетельствуют о сопоставимых показателях систолического АД, а значения 89-го перцентиля не превышали 129 мм рт. ст. Однако показатели нормального диастолического АД уроженцев-европеоидов были выше на 4 мм рт. ст. по отношению к аборигенам, составляя 69 мм рт. ст. Согласно перцентильному распределению у лиц в возрасте 13–17 лет, показатели нормального давления встречались более чем в 80 % случаев, как у аборигенов, так и у европеоидов.

У обследуемых аборигенов и европеоидов в динамике с 13 до 17 лет увеличение показателей систолического давления происходит в большей степени, чем диастолического. У европеоидов с ваготонией постепенное увеличение пульсового давления и ударного объема

сердца наблюдается с 13 до 16 лет, тогда как у аборигенов аналогичные изменения наиболее ярко проявляются в двух периодах – 13–14 и 15–16 лет. При нормотонии и симпатотонии у европеоидов значительное увеличение сердечного выброса было только в 14–15 лет, а у аборигенов при симпатотонии в 13–14 и нормотонии в 14–15 лет. Подчеркнем, что в состоянии покоя статистические различия между показателями САД, ДАД, АДср, СДД в группах аборигенов и европеоидов с сопоставимыми типами вегетативной регуляции наблюдаются только у симпатотоников в 16–17 лет, где абсолютные значения показателей всегда были ниже у аборигенов. У европеоидов с ваготонией «скачкообразный» прирост длины тела характерен в 14–15 лет, тогда как у аборигенов наблюдаются два таких периода – в 13–14 и 15–16 лет. При этом у европеоидов с нормотонией и симпатотонией динамика изменений соответственно наблюдается до 16 и 17 лет, а у аборигенов с аналогичными типами регуляции ВСР изменения практически заканчиваются к 15-летнему возрасту.

В процессе АОП установлено, что вне зависимости от этнического состава обследуемых лиц структура кардиоритма определяется исходным типом вегетативной регуляции, при этом у ваготоников изменения показателей ВСР относительно фона характеризуются уменьшением значений  $M_0$ ,  $MxDM_n$ ,  $RMSSD$ ,  $pNN50$ ,  $SDNN$ ,  $HF$ ,  $LF$ ,  $VLF$  при увеличении показателей  $AM_050$  и  $SI$ . В то же время у симпатотоников во всех возрастных группах наблюдаются достоверные уменьшения только показателей  $M_0$ ,  $RMSSD$ ,  $pNN50$  при незначимых изменениях значений  $MxDM_n$ ,  $SDNN$  и  $AM_050$ . В отличие от ваготоников у лиц с симпатотонией при АОП происходит увеличение низкочастотных составляющих, что может свидетельствовать о рассогласовании регуляторных процессов ВНС. Результаты ортостатического тестирования указывают на большую «широту» функциональных резервов у уроженцев Севера-Востока России из числа европеоидов по отношению к аборигенам с сопоставимыми типами ВНС и возрастом.

Так, у европеоидов с нормотонией в 16 лет реакция на функциональную нагрузку характеризовалась минимальным рабочим напряжением регуляторных систем по сравнению с аборигенами. Аналогичные особенности в этническом аспекте отмечаются и у лиц с ваготонией и симпатотонией. Установлено, что диапазоны нормального уровня реактивности парасимпатической и симпатической ВНС, значения которого укладываются в диапазон 25–75-го перцентиля, у подростков с различным исходным типом вегетативной регуляции отличаются. С увеличением активности симпатического звена диапазоны оптимальной реактивности уменьшаются, что подчеркивает различные возможности мобилизации функциональных систем организма в пределах физиологического «оптимума». Проведение АОП позволяет выявлять среди подростков и юношей не только лиц

с достаточными резервами системы кардиогемодинамики, но и тех индивидуумов, которые могут быть отнесены в группу риска развития донозологических состояний и срыва адаптации.

### Выводы

1. В состоянии покоя у аборигенов и уроженцев-европеоидов в 13–17 лет показатели variability сердечного ритма при симпатотонии не различаются, тогда как при ваготонии и нормотонии зависит как от возраста, так и от этнического состава обследуемых.

2. Выявлено, что в состоянии покоя для лиц с ваготонией характерно увеличение ударного объема сердца до 16 лет, а при нормотонии до 15 лет. При симпатотонии изменения отмечаются между 13- и 14-летними аборигенами, а у европеоидов между 14- и 15-летними. В этническом аспекте во всех возрастных группах при одинаковом типе вегетативной регуляции различий не наблюдается.

3. Особенности variability сердечного ритма между аборигенами и уроженцами-европеоидами в процессе активной ортостатической пробы при ваготонии и симпатотонии наблюдаются в 15 лет, а при нормотонии – в 14 и 16 лет, при этом лучшие функциональные резервы сердечно-сосудистой системы демонстрируют европеоиды с исходным ваготоническим и нормотоническим типом вегетативной нервной регуляцией.

4. Выраженные регуляторные изменения в процессе активной ортостатической пробы наиболее ярко проявляются у европеоидов при ваготонии в 14–15 лет, у аборигенов при нормотонии – в 13–14 и 15–16 лет, при симпатотонии – в 14–15 лет.

5. Полученные процентильные диапазоны ряда показателей variability сердечного ритма позволяют проводить отбор лиц с оптимальными адаптационными возможностями, а также выявить индивидуумов с риском развития функциональных нарушений в системе вегетативной регуляции.

6. Установлено, что оптимальный тип вегетативной реактивности (5 тип) среди обследуемых аборигенов и уроженцев-европеоидов не превышал 40%, что может указывать на достаточно высокую «цену адаптации» организма человека к экстремальным природно-климатическим условиям Северо-Востока России.

## Список сокращений

<b>АД</b>	–	артериальное давление
<b>АДср</b>	–	среднее артериальное давление
<b>АОП</b>	–	активная ортостатическая проба
<b>ВНС</b>	–	вегетативная (автономная) нервная система
<b>ВО</b>	–	вегетативное обеспечение
<b>ВР</b>	–	вегетативная реактивность
<b>ВРМ</b>	–	внешняя работа миокарда
<b>ВСР</b>	–	вариабельность сердечного ритма
<b>ДАД</b>	–	диастолическое артериальное давление
<b>ДП</b>	–	двойное произведение Робинсона
<b>ИК</b>	–	индекс кровообращения
<b>ИФИ</b>	–	индекс функциональных изменений
<b>МОК</b>	–	минутный объем кровообращения
<b>ОПСС</b>	–	общее периферическое сопротивление сосудов
<b>ПД</b>	–	пульсовое давление
<b>САД</b>	–	систолическое артериальное давление
<b>СДД</b>	–	среднединамическое давление
<b>УОС</b>	–	ударный объем сердца
<b>УФЗ</b>	–	уровень физического (соматического) здоровья
<b>ЧСС</b>	–	частота сердечных сокращений за одну минуту
<b>АМ<sub>0</sub>50</b>	–	амплитуда моды при ширине класса 50 мс
<b>IARS</b>	–	показатель активности регуляторных систем
<b>IC</b>	–	индекс централизации
<b>Mean</b>	–	среднее значение длительности кардиоинтервалов
<b>Mn</b>	–	минимальное значение кардиоинтервалов
<b>Mo</b>	–	мода
<b>Mx</b>	–	максимальное значение кардиоинтервалов
<b>MxDMn</b>	–	разность между максимальным и минимальным значениями кардиоинтервалов
<b>pNN50</b>	–	число пар кардиоинтервалов с разностью более 50 мс, в % к общему числу кардиоинтервалов в массиве
<b>RMSSD</b>	–	квадратный корень суммы разностей последовательного ряда кардиоинтервалов
<b>SDNN</b>	–	стандартное отклонение полного массива кардиоинтервалов
<b>SI</b>	–	индекс напряжения регуляторных систем (стресс-индекс)
<b>SI<sub>n</sub>/SI<sub>ф</sub></b>	–	отношение показателя стресс-индекса в ортостазе к фоновым значениям
<b>TP</b>	–	суммарная мощность спектра сердечного ритма
<b>HF</b>	–	мощность спектра высокочастотного компонента ВСР
<b>LF</b>	–	мощность спектра низкочастотного компонента ВСР
<b>VLF</b>	–	мощность спектра очень низкочастотного компонента ВСР

**Список литературы**

1. Абдрахманов, А. С. Факторы риска синкопальных состояний у больных с нейрокардиогенным синдромом / А. С. Абдрахманов // Кардиоваскулярная терапия и профилактика. Прил. 1. – 2008. – № 7 (6). – С. 10.
2. Агаджанян, Н. А. Особенности адаптации сердечно-сосудистой системы юношеского организма / Н. А. Агаджанян, И. В. Руженкова, Ю. П. Старшинов и др. // Физиология человека. – 1997. – Т. 23, № 1. – С. 93-97.
3. Агаджанян, Н. А. Сравнительные особенности вариабельности сердечного ритма у студентов, проживающих в различных природно-климатических регионах / Н. А. Агаджанян, Т. Е. Батоцыренова, А. Е. Северин и др. // Физиология человека. – 2007. – Т. 33, № 6. – С. 66-70.
4. Агаджанян, Н. А. Человек в условиях Севера / Н. А. Агаджанян, П. Г. Петрова. – М. : Крук, 1996. – 206 с.
5. Агаджанян, Н. А. Этнический аспект адаптационной физиологии и заболеваемости населения / Н. А. Агаджанян, И. И. Макарова // Экология человека. – 2014. – № 3. – С. 3-13.
6. Айдаралиев, А. А. Адаптация человека к экстремальным условиям: Опыт прогнозирования / А. А. Айдаралиев, А. Л. Максимов. – Л. : Наука, 1988. – 126 с.
7. Айзман, Р. И. Этноэкологические, морфофункциональные и психофизиологические особенности адаптации студентов к обучению в вузе / Р. И. Айзман, Л. К. Будук-оол // Человек на Севере: системные механизмы адаптации : сб. тр. / под общ. ред. А. Л. Максимова. – Магадан : СВНЦ ДВО РАН, 2011. – Т. 2. – С. 6-29.
8. Александров, А. А. Эпидемиология и профилактика повышения артериального давления у детей и подростков / А. А. Александров, В. Б. Розанов // Рос. педиатр. журн. – 1998. – № 2. – С. 16-23.
9. Алексеева, Т. И. Географическая среда и биология человека / Т. И. Алексеева. – М. : Мысль, 1977. – 302 с.
10. Алферова, О. П. Функциональное состояние кардиореспираторной системы у подростков в зависимости от исходного вегетативного тонуса / О. П. Алферова, А. Я. Осин // Фундамент. исследования. – 2011. – № 1. – С. 35-40.
11. Анохин, П. К. Теория функциональных систем / П. К. Анохин // Успехи физиологических наук. – 1970. – Т. 1, № 1. – С. 19-54.
12. Антипова, О. С. Особенности ритмов головного мозга у спортсменов с различным типом вегетативной регуляции до и после физической нагрузки / О. С. Антипова,

И. А. Кузнецова, Т. Н. Соломка // Вестник ЮУрГУ. – 2009. – № 20. – С. 24-27. – (Сер. Образование, здравоохранение, физическая культура).

13. Антонова, Л. К. Динамика вегетативного статуса детей подросткового возраста : автореф. дис. ... докт. мед. наук : 14.00.09 / Антонова Людмила Кузьминична. – М., 2004. – 47 с.

14. Аринчин, В. Н. Типы кровообращения и механизмы его формирования у детей 7–9-летнего возраста / В. Н. Аринчин, А. Н. Аринчин // Педиатрия. – 1987. – № 2. – С. 108-109.

15. Астахов, А. А. Новые данные о медленных волнах комплекса параметров кровообращения здоровых / А. А. Астахов, И. Д. Бубнова, Б. М. Говоров, Ал. А. Астахов // Инжиниринг в медицине : сб. тр. участников III Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием. Колебательные процессы гемодинамики. Пульсация и флюктуация сердечно-сосудистой системы / II Всерос. симпозиум. – Челябинск, 2002. – С. 227-238.

16. Баевский, Р. М. Анализ variability сердечного ритма при использовании различных электрокардиографических систем (методические рекомендации) / Р. М. Баевский, Г. Г. Иванов, Л. В. Чирейкин и др. // Вестник аритмологии. – 2001а. – № 24. – С. 65-87.

17. Баевский, Р. М. Исследования вегетативной регуляции кровообращения в условиях длительного космического полета / Р. М. Баевский, Е. С. Лучицкая, И. И. Фунтова, А. Г. Черникова // Физиология человека. – 2013. – Т. 39, № 5. – С. 42-52.

18. Баевский, Р. М. Математический анализ изменений сердечного ритма при стрессе / Р. М. Баевский, О. И. Кириллов, С. З. Клецкин. – М. : Наука, 1984. – 225 с.

19. Баевский, Р. М. Основы экологической валеологии человека / Р. М. Баевский, А. Л. Максимов, А. П. Берсенева. – Магадан : СВНЦ ДВО РАН, 2001б. – 267 с.

20. Баевский, Р. М. Оценка адаптационных возможностей и риск развития заболеваний / Р. М. Баевский, А. П. Берсенева. – М. : Медицина, 1997. – 235 с.

21. Баевский, Р. М. Прогнозирование состояний на грани нормы и патологии / Р. М. Баевский. – М. : Медицина, 1979. – 295 с.

22. Баевский, Р. М. Ритм сердца у спортсменов / Р. М. Баевский, Р. Е. Мотылянская. – М. : Физкультура и спорт, 1986. – 143 с.

23. Баевский, Р. М. Современное состояние исследований по variability сердечного ритма в России / Р. М. Баевский, Г. Г. Иванов, Г. В. Рябыкина // Вестник аритмологии. – 1999. – № 14. – С. 71-75.

24. Баирова, Т. А. Молекулярно-генетические маркеры и клинико-эпидемиологические аспекты эссенциальной артериальной гипертензии у детей и подростков разных популяций, проживающих в Республике Бурятия: автореф. дис. ... докт. мед. наук : 14.00.16 / Баирова Татьяна Ананьевна. – Иркутск, 2009. – 49 с.

25. Батршин, И. Т. Влияние урбанизации на коренных жителей Крайнего Севера / И. Т. Батршин // Вестник восстановительной медицины. – 2010. – № 5. – С. 24-26.
26. Безруких, М. М. Возрастная физиология: Физиология развития ребенка / М. М. Безруких, В. Д. Сонькин, Д. А. Фарбер. – М. : Издат. центр «Академия», 2003. – 416 с.
27. Безруких, М. М. Особенности регуляции сердечного ритма у школьников 13–16 лет под влиянием учебных занятий / М. М. Безруких // Физиология человека. – 1989. – Т. 15, № 2. – С. 85-88.
28. Белоконь, Н. А. Болезни сердца и сосудов у детей : руководство для врачей / Н. А. Белоконь, М. Б. Кубергер. – М. : Медицина, 1987. – 448 с.
29. Берсенева, А. П. Индивидуальный динамический донозологический контроль на основе анализа вариабельности сердечного ритма с использованием прибора «Heart wizard» / А. П. Берсенева, В. А. Пугачев, Р. М. Баевский и др. // Вестник Удмурт. ун-та. – 2012. – Вып. 1. – С. 45-50.
30. Бисярина, В. П. Артериальные сосуды и возраст / В. П. Бисярина, В. М. Яковлев, П. Я. Кукса. – М. : Медицина, 1986. – 221 с.
31. Бойко, Е. Р. Физиологический, биохимический и психологический статус подростков Европейского Севера / Е. Р. Бойко, Н. Г. Варламова, Т. В. Есева, А. М. Канева и др. // Человек на Севере: системные механизмы адаптации : сб. тр. / под общ. ред. А. Л. Максимова. – Магадан : СВНЦ ДВО РАН, 2011. – Т. 2. – С. 40-56.
32. Болова, А. А. Оценка адаптационного потенциала организма и исходного тонуса автономной нервной системы у девочек 8–17 лет / А. А. Болова, Е. В. Уварова, М. Н. Якушенко // Педиатрическая фармакология. – 2008. – Т. 5, № 6. – С. 22-25.
33. Боровиков, В. П. STATISTICA. Искусство анализа данных на компьютере : Для профессионалов / В. П. Боровиков. – СПб. : Питер, 2003. – 688 с.
34. Ботова, Л. Н. Индивидуальные особенности гемодинамики у гимнасток 8–10 лет в тренировочном процессе : автореф. дис. ... канд. биол. наук: 03.03.01 / Ботова Любовь Николаевна. – Казань, 2015. – 23 с.
35. Бочаров, М. И. Гендерные особенности нейротизма и вегетативной регуляции у молодых людей Севера России / М. И. Бочаров, С. Г. Кривошеков, Г. Н. Ануфриев // Экология человека. – 2015. – № 4. – С. 3-13.
36. Булатецкий, С. В. Влияние типа вегетативной регуляции сердечного ритма на физическую выносливость организма / С. В. Булатецкий, Ю. Ю. Бяловский // Вестник новых медицинских технологий. – 2001. – № 2. – С. 58-61.

37. Булатецкий, С. В. Физиологические механизмы успешности профессиональной подготовки курсантов образовательных учреждений МВД России : автореф. дис. ... докт. мед. наук : 03.00.13 / Булатецкий Сергей Владиславович. – Рязань, 2008. – 48 с.
38. Бутова, О. А. Морфофункциональная оценка состояния здоровья подростков / О. А. Бутова, Н. А. Агаджанян, В. А. Батурич, Л. В. Твердякова // Физиология человека. – 1998. – Т. 24, № 3. – С. 86-93.
39. Быков, Е. В. Адаптация к школьным нагрузкам учащихся образовательных учреждений нового типа / Е. В. Быков, А. П. Исаев // Физиология человека. – 2001. – Т. 27, № 5. – С. 76-81.
40. Валявская, О. В. Особенности церебральной гемодинамики и вегетососудистой реактивности у детей и подростков с нейрокардиогенными синкопальными состояниями в зависимости от результата титл-теста / О. В. Валявская, Л. И. Колесникова, В. В. Долгих и др. // Бюл. ВСНЦ СО РАМН. – 2007. – № 3. – С. 23-28.
41. Ванюшин, Ю. С. Типы адаптации кардиореспираторных функций спортсменов к физической нагрузке / Ю. С. Ванюшин // Физиология человека. – 1999. – Т. 25, № 3. – С. 91-94.
42. Васенко, Ю. Ю. Спектральный анализ variability ритма сердца в оценке состояния вегетативной нервной системы у здоровых детей / Ю. Ю. Васенко, Н. А. Геппе, О. С. Глазачев и др. // Рос. педиатр. журн. – 1999. – № 3. – С. 23-27.
43. Вегетативные расстройства: Клиника, диагностика, лечение / под ред. А. М. Вейна. – М. : ООО «Медицинское информационное агентство», 2003. – 752 с.
44. Вейсс, Ч. Физиология человека : в 4-х т. / Ч. Вейсс, Г. Антони, Э. Вицлеб и др. : под. общ. ред. Р. Шмидта, Г. Тевса. – М. : Мир, 1986. – Т. 3. – 288 с.
45. Викулов, А. Д. Variability сердечного ритма у лиц с повышенным режимом двигательной активности и спортсменов / А. Д. Викулов, А. Д. Немиров, Е. Л. Ларионова, А. Ю. Шевченко // Физиология человека. – 2005. – Т. 31, № 6. – С. 54-59.
46. Винокурова, И. В. Влияние продолжительности проживания на Севере на соматические и вегетативные параметры городских юношей допризывного возраста : автореф. дис. ... канд. мед. наук : 03.00.13 / Винокурова Ирина Владимировна. – Тюмень, 2006. – 26 с.
47. Витязев, В. В. Анализ неравномерных временных рядов : учеб. пособие / В. В. Витязев. – СПб. : Изд-во СПб. ун-та, 2001. – 68 с.
48. Воевода, М. И. Полиморфизм и связь с факторами риска некоторых генов предрасположенности к сердечно-сосудистым заболеваниям в этнических группах Сибири (молекулярно-эпидемиологические и эволюционно-генетические аспекты) / М. И. Воевода // Атеросклероз. – 2009. – № 1. – С. 3-27.

49. Волкивская, Е. Д. Региональные особенности variability сердечного ритма пациентов, страдающих ожирением / Е. Д. Волкивская, И. Ю. Добрынина, Ю. В. Добрынин и др. // *Фундамент. исследования.* – 2012. – № 4. – С. 38-41.
50. Воронов, А. Н. Ортостатическое тестирование в оценке функциональной готовности юных волейболисток / А. Н. Воронов // *Вестник ТГПУ.* – 2009. – № 8. – С. 87-90.
51. Гаврилова, Е. А. Ритмокардиография в спорте / Е. А. Гаврилова. – СПб. : Изд-во СЗГМУ им. И. И. Мечникова, 2014. – 164 с.
52. Галеев, А. Р. Variability сердечного ритма у здоровых детей в возрасте 6–16 лет / А. Р. Галеев, Л. Н. Игишева, Э. М. Казин // *Физиология человека.* – 2002. – Т. 28, № 4. – С. 54-58.
53. Гланц, С. Медико-биологическая статистика / С. Гланц. – М. : Практика, 1999. – 459 с.
54. Годовых, Т. В. Здоровье детей Чукотки / Т. В. Годовых, В. В. Годовых. – Магадан : СВНЦ ДВО РАН, 2006. – 159 с.
55. Головцев, А. В. Северность России: Фрагменты исторического опыта / А. В. Головцев // *Север: Арктический вектор социально-экологических исследований : сб. ст. / отв. ред. В. Н. Лаженцев.* – Сыктывкар, 2008. – С. 5-17.
56. Гребенюк, О. В. Variability сердечного ритма при ортоклиностатической нагрузке у пациентов с нейрорефлекторными синкопальными состояниями / О. В. Гребенюк, Н. Г. Катаева, Н. С. Новикова, М. В. Светлик // *Бюл. сибирской медицины.* – 2010. – № 4. – С. 44-49.
57. Гребнева, Н. Н. Адаптационный потенциал подростков Севера и его связь с функциональной межполушарной асимметрией / Н. Н. Гребнева, С. Г. Кривошеков // *Физиология человека.* – 2001. – Т. 27, № 5. – С. 23-29.
58. Гречкина, Л. И. Возрастные и этнические особенности физического развития детей и подростков Магаданской области / Л. И. Гречкина, В. О. Карандашева // *Биологическая наука и образование в педагогических вузах: материалы VII Всерос. науч.-практ. конф. «Проблемы биологической науки и образования в педагогических вузах».* – Новосибирск, 2011. – Вып. 7. – С. 81-84.
59. Гречкина, Л. И. Динамика физического развития девочек в условиях северного климата за последние 25 лет / Л. И. Гречкина, А. Я. Соколов // *Рос. педиатр. журн.* – 2007. – № 1. – С. 25-27.
60. Грибанов, А. В. Здоровье и функциональное развитие школьников на Европейском Севере России / А. В. Грибанов, Т. В. Волокитина // *Вестник нац. комитета «Интеллектуальные ресурсы России».* – 2006. – № 4. – С. 71-75.

61. Григорян, В. Г. Особенности вегетативной регуляции сердечного ритма у подростков в условиях моделирования конфликт-индуцирующей среды / В. Г. Григорян, Л. С. Степанян, А. Ю. Степанян // Гигиена и санитария. – 2010. – № 3. – С. 66-68.
62. Гринене, Э. Ю. Особенности сердечного ритма у школьников / Э. Ю. Гринене, В. Ю. Вайткявичус, Э. Марачинскене // Физиология человека. – 1990. – Т. 16, № 1. – С. 88-92.
63. Гудков, А. Б. Новосёлы на Европейском Севере. Физиолого-гигиенические аспекты / А. Б. Гудков, О. Н. Попова, А. А. Небученных. – Архангельск : Изд-во Север. госуд. мед. ун-та., 2012. – 285 с.
64. Гуминский, А. А. Руководство к лабораторным занятиям по общей и возрастной физиологии / А. А. Гуминский, Н. Н. Леонтьева, К. В. Маринова. – М. : Просвещение, 1990. – 240 с.
65. Дёмин, Д. Б. Варианты ЭЭГ-реакций при выполнении курса БОС-тренингов у подростков в зависимости от исходного вегетативного тонуса / Д. Б. Дёмин, Л. В. Поскотинова, Е. В. Кривоногова // Экология человека. – 2012. – № 3. – С. 16-22.
66. Диагностика, лечение и профилактика артериальной гипертензии у детей и подростков (второй пересмотр) // Кардиоваскулярная терапия и профилактика. – 2009. – Т. 8, № 4. – С. 253-288.
67. Диверт, Г. М. Индивидуально-типологические реакции сердечно-сосудистой системы на локальное охлаждение у работающих по экспедиционно-вахтовому методу / Г. М. Диверт, Г. М. Домахина, С. Г. Кривошеков // Медицина труда и промышленная экология. – 1989. – № 10. – С. 25-28.
68. Догадкина, С. Б. Особенности вегетативной нервной регуляции сердечного ритма у детей 5 лет / С. Б. Догадкина // Новые исследования. – 2008. – Т. 1, № 17. – С. 64-71.
69. Ермошкина, А. Ю. Анализ вариабельности сердечного ритма у подростков мужского пола различных этнических групп, проживающих в Республике Тыва / А. Ю. Ермошкина, В. В. Фефелова, В. Т. Манчук и др. // Якут. мед. журн. – 2012. – № 1. – С. 18-21.
70. Жемайтите, Д. Автономный контроль сердечного ритма у больных ишемической болезнью сердца в зависимости от сопутствующей патологии или осложнений / Д. Жемайтите, Г. Варонецкас, Г. Жилюкас // Физиология человека. – 1999. – Т. 25, № 3. – С. 79-90.
71. Жемайтите, Д. Клинико-физиологическое значение анализа вариабельности сердечного ритма у больных хронической формой ишемической болезни сердца / Д. Жемайтите // Вісн. Харк. нац. ун-та. – 2002. – № 545. – С. 59-80.

72. Жемайтите, Д. И. Связь реакции сердечного ритма на пробу ортостаза с характеристиками центральной гемодинамики / Д. И. Жемайтите // Физиология человека. – 1989. – Т. 15, № 2. – С. 30-47.
73. Заболотских, Н. В. Реакции центральной и церебральной гемодинамики во время активного ортостаза у здоровых лиц / Н. В. Заболотских // Физиология человека. – 2008. – Т. 34, № 5. – С. 117-122.
74. Земцовский, Э. В. Спортивная кардиология / Э. В. Земцовский. – СПб. : Гиппократ, 1995. – 448 с.
75. Игишева, Л. Н. Влияние умеренной физической нагрузки на показатели сердечного ритма у детей младшего и среднего школьного возраста / Л. Н. Игишева, Э. М. Казин, А. Р. Галеев // Физиология человека. – 2006. – Т. 32, № 3. – С. 55-61.
76. Ишеков, А. Н. Динамика показателей кардиореспираторной системы у студентов при адаптации к нормобарической гипоксической гипоксии на Европейском Севере России / А. Н. Ишеков, И. Г. Мосягин // Экология человека. – 2009. – № 1. – С. 38-42.
77. Казакова, Т. В. Сравнительный анализ показателей деятельности вегетативной нервной системы в зависимости от пола и типа телосложения / Т. В. Казакова, В. В. Фефелова, В. Г. Николаев, А. Ю. Ермошкина // Бюл. СО РАМН. – 2009. – № 6. – С. 54-60.
78. Казин, Э. М. Влияние социально-биологических факторов на особенности формирования приспособительных реакций учащихся в пубертатном периоде онтогенеза / Э. М. Казин, И. А. Свиридова, М. Г. Березина, А. М. Прохорова и др. // Физиология человека. – 2008. – Т. 34, № 4. – С. 47-56.
79. Казин, Э. М. Комплексное лонгитудинальное исследование особенностей физического и психофизиологического развития учащихся на этапах детского, подросткового и юношеского периодов онтогенеза / Э. М. Казин, Н. Г. Блинова, Т. В. Душенина, А. Р. Галеев // Физиология человека. – 2003. – Т. 29, № 1. – С. 70-79.
80. Казначеев, В. П. Современные аспекты адаптации / В. П. Казначеев. – Новосибирск : Наука, 1980. – 191 с.
81. Калюжный, Е. А. Влияние экологического фактора на уровень физического развития сельских школьников Нижегородской области / Е. А. Калюжный, Ю. Г. Кузмичев, С. В. Михайлова и др. // Вестник Нижегород. ун-та. им. Н. И. Лобачевского. – 2014. – № 3. – С. 41-47.
82. Калюжный, Е. А. Характеристика вегетативной адаптации подростков, по данным кардиоинтервалограмм / Е. А. Калюжный, Ю. Г. Кузмичев, И. В. Лукьянова, М. В. Ашина // Медицинский вестник Северного Кавказа. – 2011. – № 1. – С. 32-35.

83. Каплан, А. Я. Вариабельность сердечного ритма и характер обратной связи по результатам операторской деятельности у человека / А. Я. Каплан // Журн. высш. нерв. деятельности им. И. П. Павлова. – 1999. – Т. 49, № 2. – С. 345-350.
84. Карпенко, Ю. Д. Влияние индекса массы тела на вариабельность сердечного ритма у студентов в условиях относительного покоя и экзаменационного стресса / Ю. Д. Карпенко, Д. А. Димитриев // Медицина и образование в Сибири. – 2012. – № 6. – С. 21-29.
85. Карпенко, Ю. Д. Физиологические возрастно-половые особенности адаптации детей к учебным нагрузкам / Ю. Д. Карпенко // Фундамент. исследования. – 2011. – № 2. – С. 73-74.
86. Киселев, А. Р. Изучение природы периодических колебаний сердечного ритма на основе проб с управляемым дыханием / А. Р. Киселев, В. Ф. Киричук, О. М. Посненкова, В. И. Гриднев // Физиология человека. – 2005. – Т. 31, № 3. – С. 76-83.
87. Козлов, А. И. Медицинская антропология коренного населения Севера России / А. И. Козлов, Г. Г. Вершубская. – М. : Изд-во МНЭПУ, 1999. – 288 с.
88. Койносов, А. П. Закономерности возрастного морфофункционального развития детей на Севере при различных режимах двигательной активности : автореф. дис. ... докт. мед. наук : 03.00.13 / Койносов Андрей Петрович. – Курган, 2009. – 40 с.
89. Кольшкин, В. В. Психофизиологическая диагностика функциональных состояний человека / В. В. Кольшкин // Лабораторный практикум. – Новосибирск, 1995. – 165 с.
90. Комарова, О. А. Влияние исходного вегетативного тонуса на адаптивные реакции подростков к обучению в условиях кадетской школы-интерната / О. А. Комарова, С. Б. Лурье, А. И. Федоров / Сибирский съезд физиологов : материалы съезда. – Красноярск, 2012. – С. 240-241.
91. Комплекс для анализа вариабельности сердечного ритма «Варикард» : руководство для эксплуатации. – Рязань: ООО «Институт Внедрения Новых Медицинских технологий», 2005. – 212 с.
92. Котельников, С. А. Вариабельность ритма сердца: представления о механизмах / С. А. Котельников, А. Д. Ноздрачев, М. М. Одинак и др. // Физиология человека. – 2002. – Т. 28, № 1. – С. 130-143.
93. Красильникова, В. А. Морфофункциональное развитие школьников тувинской и русской национальностей / В. А. Красильникова, Л. К. Будук-оол, Р. И. Айзман // Физиология человека. – 2008. – Т. 34, № 1. – С. 74-81.
94. Кривоногова, Е. В. Биоуправление параметрами вариабельности ритма сердца и уровень серотонина у молодых лиц Ненецкого автономного округа и Архангельской области /

Е. В. Кривоногова, Л. В. Поскотинова, Д. Б. Дёмин, О. А. Ставинская // *Фундамент. исследования.* – 2012. – № 11. – С. 25-29.

95. Кривощеков, С. Г. Регуляция дыхания при действии холода и гипоксии / С. Г. Кривощеков, Г. М. Диверт, Т. В. Нешумова // *Бюл. СО РАМН.* – 1995. – № 3. – С. 64-68.

96. Кривощеков, С. Г. Характеристика морфологических особенностей и функционального состояния организма подростков в условиях адаптации к Северу / С. Г. Кривощеков, Н. Н. Гребнева // *Физиология человека.* – 2000. – Т. 26, № 2. – С. 93-98.

97. Кудря, О. Н. Особенности срочной адаптации сердечно-сосудистой системы спортсменов с различным исходным вегетативным тонусом при ортостатическом тестировании / О. Н. Кудря // *Вестник Том. гос. пед. ун-та.* – 2011. – Вып. 5. – С. 55-61.

98. Кузмичёв, Ю. Г. Адаптационные возможности учащихся старших классов в зависимости от исходного вегетативного тонуса (по данным показателей спектрального анализа вариабельности сердечного ритма) / Ю. Г. Кузмичёв, И. В. Лукьянова // *Материалы IV всерос. симп. с междунар. участием «Вариабельность сердечного ритма: теоретические аспекты и практическое применение».* – Ижевск, 2008. – С. 159-161.

99. Кузнецова, О. В. Вегетативный тонус в звеньях респираторно-гемодинамической системы у детей младшего школьного возраста / О. В. Кузнецова, В. Д. Сонькин // *Физиология человека.* – 2009. – Т. 35, № 6. – С. 94-102.

100. Кутерман, Э. М. Типологические особенности тонических составляющих ритма сердца / Э. М. Кутерман, Н. Б. Хаспекова // *Физиология человека.* – 1995. – Т. 21, № 6. – С. 146-152.

101. Кушнир, С. М. О механизме нарушения вегетативной регуляции у детей, больных нейроциркуляторной астенией / С. М. Кушнир // *Вестник аритмологии.* – 2000. – № 18. – С. 40-41.

102. Литовченко, О. Г. Некоторые показатели сердечно-сосудистой системы уроженцев Среднего Приобья 7–20 лет / О. Г. Литовченко, О. Л. Нифонтова // *Вестник ОГУ.* – 2010. – № 1. – С. 115-119.

103. Литовченко, О. Г. Состояние вегетативной регуляции сердечного ритма уроженцев Среднего Приобья 7–20 лет по данным вариационной пульсометрии / О. Г. Литовченко, В. С. Соловьев // *Вестник ОГУ.* – 2008. – № 9. – С. 204-209.

104. Литовченко, О. Г. Тотальные размеры тела уроженцев Среднего Приобья в возрасте 7 – 20 лет / О. Г. Литовченко, В. С. Соловьев // *Экология человека.* – 2007. – № 8. – С. 27-29.

105. Лопатина, Л. А. Вариабельность сердечного ритма у юношей разных соматотипов при проведении ортостатической пробы // Л. А. Лопатина, С. Н. Семенов, Н. П. Сереженко // Вестник новых медицинских технологий. – 2012. – Т. 19, № 2. – С. 170-172.
106. Макаров, Л. М. Особенности вариабельности циркадного ритма сердца в условиях свободной активности / Л. М. Макаров // Физиология человека. – 1998. – Т. 24, № 2. – С. 56-62.
107. Максимов, А. Л. Концептуальные и методические подходы к комплексному районированию территорий с экстремальными условиями проживания / А. Л. Максимов. – Магадан : СВНЦ ДВО РАН, 2006. – 54 с.
108. Максимов, А. Л. Проблема физиологической нормы реакции при незавершенных адаптациях / А. Л. Максимов // Тенденции развития физиологических наук. – СПб. : Наука, 2000. – С. 171-174.
109. Максимов, А. Л. Современные методологические аспекты адаптации аборигенных и коренных популяций на Северо-Востоке России / А. Л. Максимов // Экология человека. – 2009. – № 6. – С. 17-21.
110. Максимов, А. Л. Современные эколого-социальные аспекты биомедицинских исследований по адаптации человека на Северо-Востоке России / А. Л. Максимов // Север : Арктический вектор социально-экологических исследований : сб. ст. / отв. ред. В. Н. Лаженцев. – Сыктывкар, 2008. – С. 109-118.
111. Мальцев, А. Ю. Состояние центральной гемодинамики и вариабельности сердечного ритма у спортсменов с различной направленностью тренировочного процесса / А. Ю. Мальцев, А. А. Мельников, А. Д. Викулов, К. С. Громова // Физиология человека. – 2010. – Т. 36, № 1. – С. 112-118.
112. Мальцева, Т. В. Функциональное состояние сердечно-сосудистой системы подростков Ямала при адаптации к учебной деятельности / Т. В. Мальцева, С. А. Токарев, А. А. Буганов, Е. Н. Леханова // Гигиена и санитария. – 2008. – № 4. – С. 64-65.
113. Маляренко, Ю. Е. Климат и здоровье человека. Сообщ. 3. Зависимость функционального состояния организма от температурного фактора и геомагнитных возмущений / Ю. Е. Маляренко, А. Т. Быков, Т. Н. Маляренко и др. // Валеология. – 2009. – № 1. – С. 8-20.
114. Манчук, В. Т. Состояние и тенденции формирования здоровья коренного населения Севера и Сибири / В. Т. Манчук, Л. А. Надточий // Бюл. СО РАМН. – 2010. – Т. 30, № 3. – С. 24-32.
115. Математические методы анализа сердечного ритма : Материалы 1-го Всесоюз. симпозиума / под ред. В. В. Парина, Р. М. Баевского. – М. : Наука, 1968. – 146 с.

116. Мачерет, Е. Л. Вариабельность ритма сердца в зависимости от типа течения синдрома вегетативной дистонии / Е. Л. Мачерет, Н. К. Мурашко, Т. И. Чабан // Вестник аритмологии. – 2000. – № 16. – С. 17-20.
117. Медведев, В. И. Адаптация человека / В. И. Медведев. – СПб. : Ин-т мозга человека РАН, 2003. – 584 с.
118. Миндубаева, Ф. А. Использование анализа variability сердечного ритма в оценке состояния регуляторных систем организма подростков с различным уровнем двигательной активности / Ф. А. Миндубаева, Е. Ю. Салихова, Ю. И. Ниязова // Материалы IV всерос. симп. с междунар. участием «Вариабельность сердечного ритма: Теоретические аспекты и практическое применение». – Ижевск, 2011. – С. 112-114.
119. Миррахимов, М. М. Прогностические аспекты работоспособности человека в горах / М. М. Миррахимов, А. А. Айдаралиев, А. Л. Максимов. – Фрунзе : Илим, 1983. – 160 с.
120. Михайлов, В. М. Вариабельность ритма сердца. Опыт практического применения метода / В. М. Михайлов. – Иваново, 2000. – 200 с.
121. Морман, Д. Физиология сердечно-сосудистой системы / Д. Морман, Л. Хеллер. – СПб. : Изд-во «Питер», 2000. – 256 с.
122. Мурашко, О. А. Коренные народы Арктики и «народы Севера»: история, традиции, современные проблемы / О. А. Мурашко // Арктика: экология и экономика. – 2011. – № 3. – С. 90-105.
123. Нароган, М. В. Вариабельность сердечного ритма на протяжении суток у новорожденных детей / М. В. Нароган // Рос. педиатр. журн. – 2007. – № 4. – С. 21-26.
124. Неверова, Н. П. Активность электромагнитного поля Земли и здоровье человека в условиях Европейского Севера / Н. П. Неверова // Экология человека. – 1998. – № 3. – С. 21-24.
125. Ненашева, А. В. Функциональное состояние кардио- и гемодинамики учащихся 5-9 классов в покое и при ортопробах при занятиях в физкультурно-оздоровительных комплексах / А. В. Ненашева, А. С. Аминов // Соврем. наукоемкие технологии. – 2004. – № 5. – С. 106-107.
126. Нидеккер, И. Г. Проблема математического анализа сердечного ритма / И. Г. Нидеккер, Б. М. Федоров // Физиология человека. – 1993. – Т. 19, № 3. – С. 80.
127. Николаева, Л. А. Этнические особенности артериального давления и порога вкусовой чувствительности к поваренной соли у детей Якутии / Л. А. Николаева, Т. Е. Бурцева, М. И. Томский и др. // Дальневост. мед. журн. – 2008. – № 2. – С. 78-80.
128. Нифонтова, О. Л. Адаптационные возможности школьников Тюменского Севера / О. Л. Нифонтова, А. А. Говорухина // Соврем. наукоемкие технологии. – 2007. – № 5. – С. 85-86.

129. Нифонтова, О. Л. Показатели центральной и периферической гемодинамики детей коренной национальности Севера / О. Л. Нифонтова, О. Л. Литовченко, А. Б. Гудков // Экология человека. – 2010. – № 1. – С. 28-37.
130. Нифонтова, О. Л. Характеристика параметров ритма сердца у детей коренного населения Ханты-Мансийского автономного округа / О. Л. Нифонтова, А. Б. Гудков, А. Э. Щербакова // Экология человека. – 2007. – № 11. – С. 41-44.
131. Новикова, Е. И. Возрастное развитие функциональных возможностей сердечно-сосудистой системы подростков / Е. И. Новикова // Электрон. науч.-образоват. журн. ВГПУ «Грани познания». – 2011. – № 3. – Режим доступа: <http://www.grani.vspu.ru>
132. Новикова, Л. А. Оценка вариабельности сердечного ритма у несовершеннолетних при пивной алкоголизации / Л. А. Новикова, Н. С. Ишеков // Экология человека. – 2009. – № 11. – С. 20-24.
133. Ноздрачев, А. Д. Один из взглядов на управление сердечным ритмом: интракардиальная регуляция / А. Д. Ноздрачев, С. А. Котельников, Ю. П. Мажара, К. М. Наумов // Физиология человека. – 2005. – Т. 31, № 2. – С. 116-129.
134. Обухова, А. В. Уровень физического здоровья и двигательной подготовленности у студентов-юристов с различными типами вегетативной регуляции сердечного ритма / А. В. Обухова, Н. И. Шлык, И. И. Шумихина : Материалы V всерос. симп. с междунар. участием «Вариабельность сердечного ритма: Теоретические аспекты и практическое применение». – Ижевск, 2011. – С. 133-140.
135. Омельченко В. П. Основы функционального тестирования автоматизированной кардиоинтервалометрии / В. П. Омельченко, А. А. Демидова, К. С. Караханян и др. // Известия Южного федерал. ун-та. – 2006. – Т. 66, № 11. – С. 95-96. – (Техн. науки).
136. Панкова, Н. Б. Влияние двигательной нагрузки на возрастную динамику функционального созревания вегетативной регуляции сердечно-сосудистой системы подростков / Н. Б. Панкова, Е. В. Богданова, Б. Г. Любина и др. // Физиология человека. – 2009. – Т. 35, № 3. – С. 64-73.
137. Панкова, Н. Б. Функциональные показатели сердечно-сосудистой системы у подростков с предгипертензией / Н. Б. Панкова, И. Б. Алчинова, Е. В. Афанасьева, М. Ю. Карганов // Физиология человека. – 2010. – Т. 36, № 3. – С. 82-89.
138. Панкова, Н. Б. Функциональные пробы для оценки состояния здоровых людей по вариабельности сердечного ритма / Н. Б. Панкова // Рос. физиол. журн. им. И. М. Сеченова. – 2013. – Т. 99, № 6. – С. 682-696.
139. Парин, В. В. Введение в медицинскую кибернетику / В. В. Парин, Р. М. Баевский. – М. : Медицина, 1966. – 265 с.

140. Петрова, В. К. Реакции насосной функции сердца детей и подростков на функциональные нагрузки / В. К. Петрова // Вестник ТГГПУ. – 2011. – № 3. – С. 82-84.
141. Подпалов, В. П. Прогностическое значение параметров variability ритма сердца как фактора риска развития артериальной гипертензии / В. П. Подпалов, А. Д. Деев, В. П. Сиваков, Л. А. Розум // Кардиология. – 2006. – Т. 46, № 1. – С. 39-42.
142. Покровский, В. М. Формирования ритма сердца в организме человека и животных / В. М. Покровский. – Краснодар : Кубань-Книга, 2007. – 144 с.
143. Половодова, Н. С. Особенности иммунного статуса у подростков Ямальского региона с различной направленностью вегетативного тонуса / Н. С. Половодова, Т. В. Мальцева // Вестник Волгоград. гос. мед. ун-та. – 2009. – № 2. – С. 39-42.
144. Поскотинова, Л. В. Эндокринное обеспечение вегетативной регуляции ритма сердца у подростков на Севере / Л. В. Поскотинова, Е. В. Кривоногова, Е. В. Типисова // Экология человека. – 2006. – № 7. – С. 14-19.
145. Рахманов, Р. С. Оценка значимости климатогеографических условий как фактор риска для здоровья / Р. С. Рахманов, Д. А. Гаджибрагимов, М. А. Меджидова, О. А. Кудрявцева // Гигиена и санитария. – 2010. – № 2. – С. 44-46.
146. Рябыкина, Г. В. Анализ variability ритма сердца / Г. В. Рябыкина, А. В. Соболев // Кардиология. – 1996. – Т. 36, № 10. – С. 87-97.
147. Самсонова, Т. В. Особенности variability сердечного ритма у подростков 10–14 лет, перенесших перинатальные гипоксические поражения головного мозга / Т. В. Самсонова // Системная интеграция в здравоохранении. – 2010. – № 1. – С. 53-60.
148. Слободская, Е. Р. Динамика ортоклиностаза и индивидуальные особенности сердечного ритма у детей раннего возраста / Е. Р. Слободская // Физиология человека. – 1995. – Т. 21, № 2. – С. 54-60.
149. Соболев, А. В. Проблемы количественной оценки variability ритма сердца при холтеровском мониторинге / А. В. Соболев // Вестник аритмологии. – 2002. – № 26. – С. 21-25.
150. Соколов, А. Я. Половые и этнические различия физического развития подростков Северо-Востока России / А. Я. Соколов, Л. И. Гречкина // Экология человека. – 2008. – № 8. – С. 22-26.
151. Соколов, А. Я. Соматофизиологические характеристики физического развития юношей-аборигенов Северо-Востока России / А. Я. Соколов, Л. И. Гречкина, И. В. Суханова // Экология человека. – 2007. – № 2. – С. 16-18.

152. Солонин, Ю. Г. Влияние широты проживания в условиях Севера на организм подростков / Ю. Г. Солонин, Е. Р. Бойко, Н. Г. Варламова и др. // Физиология человека. – 2012. – Т. 38, № 2. – С. 107-112.
153. Сорокин, О. Г. Метод количественной оценки адаптационного состояния организма и возможности практического его использования / О. Г. Сорокин, И. Б. Ушаков, Н. В. Щербина, С. Н. Нагорнев // Валеология. – 1996. – № 2. – С. 38-41.
154. Сороко, С. И. Сравнительная оценка показателей гемодинамики мозга у детей аборигенного и пришло-коренного населения Магаданской области / С. И. Сороко, В. П. Рожков, И. В. Николаев // Человек на Севере : системные механизмы адаптации : сб. тр. / под общ. ред. А. Л. Максимова. – Магадан : СВНЦ ДВО РАН, 2011. – Т. 2. – С. 74-94.
155. Сороко, С. И. ЭЭГ корреляты генофенотипических особенностей возрастного развития мозга у детей аборигенного и пришлого населения Северо-Востока России / С. И. Сороко, С. С. Бекшаев, В. П. Рожков // Рос. физиол. журн. им. И. М. Сеченова. – 2012. – Т. 98, № 1. – С. 3-26.
156. Степанова, Г. К. Влияние морфофункциональных особенностей организма на резервные возможности кардиореспираторной системы этносов Якутии / Г. К. Степанова // Бюл. СО РАМН. – 2005. – № 2. – С. 68-74.
157. Степанова, Г. К. Особенности вегетативного управления сердечным ритмом у юношей-якутов / Г. К. Степанова, С. М. Дмитриева, М. В. Устинова // Бюл. СО РАМН. – 2009. – № 6. – С. 61-66.
158. Судаков, Ю. К. Кросс-корреляционный вегетативный критерий эмоционального стресса / Ю. К. Судаков, О. П. Тараканов, Е. А. Юматов // Физиология человека. – 1995. – Т. 21, № 3. – С. 87.
159. Суханова, И. В. Особенности адаптации у юношей Магаданской области: морфофункциональные перестройки / И. В. Суханова, А. Л. Максимов, С. И. Вдовенко // Экология человека. – 2013. – № 8. – С. 3-10.
160. Суханова, И. В. Соматофизиологические характеристики физического развития юношей Северо-Востока России : автореф. дис. ... канд. биол. наук : 03.00.13 / Суханова Инесса Владиславовна. – Владивосток, 2007. – 23 с.
161. Токарев, С. А. Популяционная оценка и пути оптимизации здоровья детей на Крайнем Севере : автореф. дис. ... докт. мед. наук : 14.00.09; 14.00.07 / Токарев Сергей Александрович. – М., 2008. – 41 с.
162. Тролукова, А. Н. Особенности физического развития и полового созревания девочек, проживающих в экстремальных природно-климатических условиях Республики Саха

(Якутия) / А. Н. Тролукова, Е. Н. Тролукова, Е. В. Уварова // Репродуктивное здоровье детей и подростков. – 2012. – № 1. – С. 76-88.

163. Уварова, Т. Е. Морфологические и физиологические особенности коренного населения Крайнего Севера / Т. Е. Уварова, Т. Е. Бурцева, Т. С. Неустроева, М. С. Саввина // Дальневост. мед. журн. – 2009. – № 2. – С. 114-118.

164. Усольцева, Т. А. Особенности клинико-функциональных параметров у подростков с различным уровнем артериального давления / Т. А. Усольцева, О. М. Поликутина, И. Н. Сизова и др. // Сибир. мед. журн. (Томск). – 2009. – Т. 24, № 1. – С. 77-81.

165. Учакина, Р. В. Физическое развитие подростков коренного населения Приамурья на современном этапе / Р. В. Учакина, А. В. Козлов, Е. В. Ракицкая, И. Д. Ли // Дальневост. мед. журн. – 2009. – № 1. – С. 60-63.

166. Фарбер, Д. А. Методологические аспекты изучения физиологии развития ребенка / Д. А. Фарбер, М. М. Безруких // Физиология человека. – 2001. – Т. 27, № 5. – С. 8-16.

167. Федоров, Б. М. Головной мозг и сердце. К проблеме волнового поля человека / Б. М. Федоров // Физиология человека. – 2001. – № 4. – С. 42-49.

168. Федотова, Т. К. О специфике формирования соматического статуса детей от 7 до 16 лет / Т. К. Федотова // Педиатрия. – 2005. – № 5. – С. 92-94.

169. Флейшман, А. Н. Медленные колебания гемодинамики / А. Н. Флейшман. – Новосибирск : Наука, 1999. – 264 с.

170. Фомин, Ф. Ю. К вопросу о необходимости расширения диапазона высокочастотных колебаний при спектральном анализе вариабельности сердечного ритма у детей / Ф. Ю. Фомин, А. Б. Шубин : Материалы IV всерос. симп. с междунар. участием «Вариабельность сердечного ритма: Теоретические аспекты и практическое применение». – Ижевск, 2008. – С. 319-320.

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

172. Хаснулин, В. И. Этнокультуральные факторы психической адаптации коренных жителей Сибири и Севера в современных условиях / В. И. Хаснулин, В. П. Леутин, М. Г. Чухрова, В. В. Гафаров // Мир науки, культуры, образования. – 2009. – № 6. – С. 248-254.

173. Хаспекова, Н. Б. Диагностическая информативность мониторинга вариабельности ритма сердца / Н. Б. Хаспекова // Вестник аритмологии. – 2003. – № 32. – С. 15.

174. Хаютин, В. М. Колебания частоты сердцебиений : спектральный анализ / В. М. Хаютин, Е. В. Лукошкова // Вестник аритмологии. – 2002. – № 26. – С. 10-21.

175. Цырлин, В. А. Долговременная регуляция артериального давления: факты и гипотезы / В. А. Цырлин // Успехи физиол. наук. – 2013. – Т. 44, № 2. – С. 14-29.
176. Часнык, В. Г. Антропометрические характеристики детей Республики Саха (Якутия) / В. Г. Часнык, Т. Е. Бурцева, С. Л. Аврусин и др. // Дальневост. мед. журн. – 2010. – № 1. – С. 58-60.
177. Часнык, В. Г. Об этнической обусловленности уровня артериального давления у детей, проживающих в регионах Крайнего Севера / В. Г. Часнык, О. А. Кононова, Е. В. Синельникова и др. // Якут. мед. журн. – 2005. – № 4. – С. 8-10.
178. Чумаков, Б. Н. Мегаполис, экология и соматофизиологическое состояние подростков / Б. Н. Чумаков, В. М. Волков, В. М. Смирнов и др. // Экология человека. – 2004. – № 4. – С. 8-13.
179. Чухнин, Е. В. Вариабельность сердечного ритма. Метод и клиническое применение / Е. В. Чухнин, Н. Б. Амиров // Вестник современной клинической медицины. – 2008. – Т. 1, № 1. – С. 72-78.
180. Чуян, Е. Н. Индивидуальный профиль функционального состояния организма студентов с различным типом вегетативной регуляции / Е. Н. Чуян, Е. А. Бирюкова, М. Ю. Раваева, И. Р. Никифоров // Уч. записки Тавр. нац. ун-та им. В. И. Вернадского. – 2009. – Т. 22, № 2. – С. 152-165. – (Сер. «Биология, химия»).
181. Шайхелисламова, М. В. Влияние исходного вегетативного тонуса на состояние гемодинамики младших школьников / М. В. Шайхелисламова, А. А. Ситдикова, Ф. Г. Ситдигов, Г. Г. Каюмова // Физиология человека. – 2012. – Т. 38, № 4. – С. 89-95.
182. Шарапов, А. Н. Комплексное изучение автономной нервной регуляции, центрального и периферического отделов кровообращения и стероидогенеза (по данным ДГЭА) в процессе адаптации к нагрузкам у подростков 12 лет / А. Н. Шарапов, В. Н. Безобразова, С. Б. Догадкина и др. // Новые исследования. – 2014. – № 3. – С. 56-73.
183. Шарапов, А. Н. Особенности функционального состояния миокарда и мозгового кровообращения детей 7–10 лет с разными вариантами автономной нервной регуляции сердечного ритма / А. Н. Шарапов, В. Н. Безобразова, С. Б. Догадкина и др. // Физиология человека. – 2009. – Т. 35, № 6. – С. 76-84.
184. Ширшов, Ю. А. Вегетативные расстройства у больных с гриппом А(Н1N1) / Ю. А. Ширшов, А. Н. Говорин // Сибир. мед. журн. (Иркутск). – 2011. – № 5. – С. 41-44.
185. Школьникова, М. А. Критерии оценки и прогноз критической синусовой брадикардии у детей без органического поражения сердца / М. А. Школьникова, В. В. Березницкая, Т. В. Чернышова и др. // Вестник аритмологии. – 2002. – № 30. – С. 22-30.

186. Шлык, Н. И. Анализ variability сердечного ритма у школьников среднего возраста с разными типами вегетативной регуляции сердечного ритма / Н. И. Шлык, Е. Н. Сапожникова : Материалы IV всерос. симп. с междунар. участием «Вариабельность сердечного ритма: Теоретические аспекты и практическое применение». – Ижевск, 2011. – С. 192-201.
187. Шлык, Н. И. Сердечный ритм и тип регуляции у детей, подростков и спортсменов / Н. И. Шлык. – Ижевск : Изд-во Удмурт. ун-та, 2009. – 259 с.
188. Шлык, Н. И. Сердечный ритм и центральная гемодинамика при физической активности у детей / Н. И. Шлык. – Ижевск : Филиал изд-ва Нижегород. ун-та, 1991. – 418 с.
189. Шлык, Н. И. Типологические особенности функционального состояния регуляторных систем у школьников и юных спортсменов (по данным анализа variability сердечного ритма) / Н. И. Шлык, Е. Н. Сапожникова, Т. Г. Кириллова, В. Г. Семенов // Физиология человека. – 2009. – Т. 35, № 6. – С. 85-93.
190. Шумихина, И. И. Использование variability сердечного ритма и показателей центральной гемодинамики при проведении занятий лечебной физической культурой / И. И. Шумихина, А. П. Жужгов, Е. Н. Сапожникова : Материалы IV всерос. симп. с междунар. участием «Вариабельность сердечного ритма: Теоретические аспекты и практическое применение». – Ижевск, 2011. – С. 389-392.
191. Щеплягина, Л. А. Закономерности формирования роста и развития здорового ребенка / Л. А. Щеплягина // Рос. педиатр. журн. – 2003. – № 6. – С. 4-9.
192. Щербатых, Ю. В. Что выявляет спектральный анализ variability сердечного ритма? / Ю. В. Щербатых // Прикладные информац. аспекты медицины. – Воронеж, 1999. – Т. 2, № 4. – С. 40-45.
193. Эштрекова, С. Г. Автономный гомеостаз у детей младшего школьного возраста / С. Г. Эштрекова, Л. А. Сабанчиева // Бюл. ВСНЦ СО РАМН. – 2007. – № 3. – С. 53-57.
194. Яковлева, Л. В. Функциональное состояние вегетативной нервной системы у детей с ВПС / Л. В. Яковлева, Р. Р. Раянова // Бюл. ВСНЦ СО РАМН. – 2007. – № 3. – С. 127.
195. Ямпольская, Ю. А. Региональное разнообразие и стандартизованная оценка физического развития детей и подростков / Ю. А. Ямпольская // Педиатр. журн. им. Г. Н. Сперанского. – 2005. – Т. 84, № 6. – С. 73-76.
196. Янов, А. Ю. Ортостатические изменения ритма сердца детей 11-летнего возраста / А. Ю. Янов, К. Л. Манакова // Урал. мед. журн. – 2007. – № 12. – С. 21-25.
197. Яхонтов, С. В. Ортостатическое тестирование при занятиях с отягощением / С. В. Яхонтов, И. В. Янковская. – Томск, 2006. – 58 с.

198. Akselrod, S. Power spectrum analysis of heart rate fluctuation: a quantitative probe of beat-to-beat cardiovascular control / S. Akselrod, D. Gordon, F. A. Ubel et al. // *Science*. – 1981. – Vol. 213. – P. 220-222.
199. AlAni, M. Respiratory sinus arrhythmia and central respiratory drive in humans / M. AlAni, A. S. Forkins, J. N. Townend, J. H. Coote // *Clinical Science*. – 1996. – Vol. 90 (3). – P. 235-241.
200. Banskota Nepal, G. Effect of posture on heart rate variability in school children / G. Banskota Nepal, B. H. Paudel // *Nepal Med. Coll. J.* – 2012. – Vol. 14 (4). – P. 298-302.
201. Callear, A. L. Christensen H. Systematic review of school-based prevention and early intervention programs for depression / A. L. Callear, H. Christensen // *J. Adolesc.* – 2010. – Vol. 33 (3). – P. 429-438.
202. Carey, B. J. Cerebral autoregulatory responses to head-up tilt in normal subjects and patients with recurrent vasovagal syncope / B. J. Carey, B. N. Manktelow, R. B. Panerai, J. F. Potter // *Circulation*. – 2001. – Vol. 21. – P. 898-902.
203. Cevese, A. Baroreflex and oscillation of heart period at 0.1 Hz studied by alpha-blockade and cross-spectral analysis in healthy humans / A. Cevese, G. Gulli, E. Polati et al. // *Lond. J. Physiol.* – 2001. – Vol. 531 (1). – P. 235-244.
204. Cevese, A. Vascular resistance and arterial pressure low-frequency oscillations in the anesthetized dog / A. Cevese, R. Grasso, R. Poltronieri, F. Schena // *Am. J. Physiol.* – 1995. – Vol. 268 (1). – P. H7-H16.
205. Cooke, W. H. Human responses to upright tilt: a window on central autonomic integration / W. H. Cooke, J. B. Hoag, A. A. Crossman et al. // *J. Physiol.* – 1999. – Vol. 517. – P. 617-628.
206. Cooley, R. L. Evidence for a central origin of the low-frequency oscillation in RR-interval variability / R. L. Cooley, N. Montano, C. Cogliati et al. // *Circulation*. – 1998. – Vol. 98 (6). – P. 556-561.
207. Critchley, H. D. Human cingulate cortex and autonomic control: converging neuroimaging and clinical evidence / H. D. Critchley, C. J. Mathias, O. Josephs et al. // *J. Brain*. – 2003. – Vol. 126 (10). – P. 2139-2152.
208. Coumel, P. Mental activity adrenergic modulation and cardiac arrhythmias in patients with heart disease / P. Coumel, A. Leenhardt // *Circulation*. – 1991. – Vol. 83. – Suppl. 4. – P. 58-70.
209. Davrath, L. R. Early autonomic malfunction in normotensive individuals with a genetic predisposition to essential hypertension / L. R. Davrath, Y. Goren, I. Pinhas et al. // *Am. J. Physiol.-heart and circulatory physiology*. – 2003. – Vol. 285 (4). – P. H1697-H1704.

210. Galinier, M. Depressed low frequency power of heart rate variability as an independent predictor of sudden death in chronic heart failure / M. Galinier, A. Pathak, J. Fourcade et al. // *Europ. Heart J.* – 2000. – Vol. 21. – P. 475-482.
211. Goto, M. Analysis of heart rate variability demonstrates effects of development on vagal modulation of heart rate in healthy children / M. Goto, M. Nagashima, R. Baba et al. // *J. Pediatrics.* – 1997. – Vol. 130 (5). – P. 725-729.
212. De Rosa, G. Moderate physical exercise increases cardiac autonomic nervous system activity in children with low heart rate variability / G. De Rosa // *Child's Nervous System.* – 2004. – Vol. 20 (4). – P. 215.
213. Fagard R. The orthostatic response of heart rate and heart rate variability is blunted in hypertension / R. Fagard, K. Pardens, J. A. Stassen // *J. of Hypertension.* – 1999. – Vol. 17. – Suppl 3. – P. 232.
214. Hayano, J. Respiratory sinus arrhythmia. A phenomenon improving pulmonary gas exchange and circulatory efficiency / J. Hayano, F. Yasuma, A. Okada et al. // *Circulation.* – 1996. – 94 (4). – P. 842-847.
215. Heart Rate Variability. Standards of Measurements, Physiological Interpretation, and Clinical Use // *Circulation.* – 1996. – Vol. 93. – P. 1043-1065.
216. Hull, S. S. Exercise training confers anticipatory protection from sudden death during acute myocardial ischemia / S. S. Hull, E. Vanoli, P. B. Adamson et al. // *Circulation.* – 1994. – Vol. 89. – P. 548-552.
217. Jones, A. Adiposity is associated with blunted cardiovascular, neuroendocrine and cognitive responses to acute mental stress / A. Jones et al. // *PLoS ONE.* – 2012. – Vol. 7 (6). – P. 139-143.
218. Karemaker, J. M. Variability in cardiovascular control: The baroreflex reconsidered / J. M. Karemaker, K. H. Wesseling // *Cardiovascular engineering.* – 2008. – Vol. 8 (1). – P. 23-29.
219. Koenig, J. Body mass index is related to autonomic nervous system activity as measured by heart rate variability-a replication using short term measurements / J. Koenig, M. N. Jarczok, M. Warth et al. // *J. Nutrition Health and Aging.* – 2014. – Vol. 18 (3). – P. 300-302.
220. Latchman, P. L. Impaired autonomic function in normotensive obese children / P. L. Latchman, M. Mathur, M. N. Bartels et al. // *Clin. Autonomic Research.* – 2011. – Vol. 21 (5). – P. 319-323.
221. Lombardi, F. Spectral analysis of sympathetic discharge in decerebrate cats / F. Lombardi, N. Montano, M. L. Fnocchiaro et al. // *J. Auton. Nerv. Syst.* – 1990. – Vol. 30. – P. 97-100.

222. Lotric, M. B. Spectral components of heart rate variability determined by wavelet analysis / M. B. Lotric, A. Stefanovska, D. Stajer, V. Urbancic-Rovan // *Physiol. measurement.* – 2000. – Vol. 21 (4). – P. 441-457.
223. Malik, M. Heart rate variability and clinical cardiology / M. Malik, A. J. Camm // *Br. Heart J.* – 1994. – Vol. 71. – P. 3-6.
224. Malliani, A. Cardiovascular neural regulation explored in the frequency domain / A. Malliani, M. Pagani, F. Lombardi, S. Cerutti // *Circulation.* – 1991. – Vol. 84. – P. 1482-1492.
225. Malpas, S. Neural influences on cardiovascular variability: possibilities and pitfalls / S. Malpas // *Am. J. Physiol. Heart and Circulatory Physiology.* – 2002. – Vol. 282 (1). – P. H6-H20.
226. Maximov, A. L. Individual typological profiles for human heart rate under local cold and hypoxic exposures / A. L. Maximov, N. N. Maximova // *J. of Thermal Biology.* – 2004. – Vol. 29. – P. 809-813.
227. Paschane, D. Variability of substance abuse. Global variability of substance abuse: is latitude a unique etiological factor? / D. Paschane // *Intern. J. Circumpolar Health.* – 1998. – Vol. 57 (4). – P. 228-238.
228. Plews, D. J. Training adaptation and heart rate variability in elite endurance athletes: opening the door to effective monitoring / D. J. Plews, P. B. Laursen, J. Stanley et al. // *Sports Med.* – 2013. – Vol. 43 (9) – P. 773–781.
229. Richter, D. W. Cardiorespiratory control / D. W. Richter, K. M. Spyer // *Central regulation of autonomic function.* – N. Y.: Oxford Univ. Press, 1990. – P. 189-207.
230. Rimoldi, O. Analysis of short-term oscillations of R-R and arterial pressure in conscious dogs / O. Rimoldi, S. Pierini, A. Ferrary et al. // *Am. J. Physiol.* – 1990. – Vol. 258 (4). – P. H967-H976.
231. Routledge, F. S. Improvements in heart rate variability with exercise therapy / F. S. Routledge, T. S. Campbell, J. A. McFetridge-Durdle, S. L. Bacon // *Can. J. Cardiol.* – 2010. – Vol. 26 (6). – P. 303-312.
232. Saboul, D. The breathing effect of the LF/HF ratio in the heart rate variability measurements of athletes / D. Saboul, V. Pialoux, C. Hautier // *Europ. J. Sport Sci.* – 2012. – P. 1-7.
233. Sands, K. Power spectrum analysis of heart rate variability in human cardiac transplant recipients / K. Sands, M. L. Appel, L. S. Lilly et al. // *Circulation.* – 1989. – Vol. 79 (1). – P. 76-82.
234. Saul, J. P. Heart rate and muscle sympathetic nerve variability during reflex changes of autonomic activity / J. P. Saul, R. F. Rea, D. L. Eckberg et al. // *Am. J. Physiol.* – 1990. – Vol. 258. – P. H713-H721.

235. Schwartz, P. J. Sympathetic nervous system and cardiac arrhythmias / P. J. Schwartz, S. G. Priori // *Cardiac Electrophysiology: From Cell to Bedside*. – Philadelphia : WB Saunders Co., 1990. – P. 330-343.
236. Shea, M. A. Preliminary study of cosmic rays, geomagnetic field changes and possible climate changes / M. A. Shea, D. F. Smart // *Adv. Space Res.* – 2004. – Vol. 34. – P. 420-425.
237. Sherwood, A. S. Hemodynamic responses during psychological stress: implications for studying disease processes / A. S. Sherwood, J. R. Turner // *Inter. J. of Behavioral Medicine*. – 1995. – Vol. 2. – P. 193-218.
238. Silvetti, M. S. Heart rate variability in healthy children and adolescents is partially related to age and gender / M. S. Silvetti, F. Drago, P. Ragonese // *Inter. J. of Cardiology*. – 2001. – Vol. 81. – P. 169-174.
239. Somes, G. W. Heart rate and future blood pressure in school aged children / G. W. Somes, B. S. Alpert, R. I. Shorr // *Am. J. Hypertension*. – 2001. – Vol. 14 (4), Part. 2. – P. 248.
240. Strike, P. C. Systematic review of mental stress-induced myocardial ischemia / P. C. Strike, A. Steptoe // *Eur. Heart J.* – 2003. – Vol. 24 (8). – P. 690-703.
241. Takabatake, N. A novel pathophysiological phenomenon in cachexic patients with chronic obstructive pulmonary disease: the relationship between the circadian rhythm of circulation leptin and very low frequency component of heart rate variability / N. Takabatake, H. Nakamura, O. Minamihaba, S. Abe // *Am. J. Respir. Crit. Care Med.* – 2001. – Vol. 163. – P. 1314-1319.
242. Tanaka, H. Evidence of decreased sympathetic function in children with psychosomatic symptoms / H. Tanaka, M. Borres, O. Thulesius et al. // *Clin. Autonomic Research*. – 2002. – Vol. 12 (6). – P. 477-482.
243. Topcu, B. The autonomic nervous system dysregulation in response to orthostatic stress in children with neurocardiogenic syncope / B. Topcu, F. Akalin // *Cardiol. in the young*. – 2010. – Vol. 20 (2). – P. 165-172.
244. Veerappan, S. Spectral analysis of heart rate variability in premature infants with feeding bradycardia / S. Veerappan, H. Rosen, W. Craelius et al. // *Pediatric Research*. – 2000. – Vol. 47 (5). – P. 659-662.
245. Weise, M. Pubertal and gender-related changes in the sympathoadrenal system in healthy children / M. Weise, G. Eisenhofer, D. P. Merke // *J. Clin. Endocrinol. Metab.* – 2002. – Vol. 87 (11). – P. 5038-5043.
246. Zhang, R. Transfer function analysis of dynamic cerebral autoregulation in humans / R. Zhang, J. H. Zukerman, C. A. Giller, B. Levine // *Am. J. Physiol.* – 1998. – Vol. 274. – P. 233-241.
247. Zygmont, A. Heart rate variability in children with neurocardiogenic syncope / A. Zygmont, J. Stanczyk // *Clin. Autonomic Research*. – 2004. Vol. 14 (2). – P. 99-106.