УДК 616.12-008.331.1 : 355.334/7 (470.1/.2)

Д.М. Уховский,
М.М. Богословский, М.В. Резванцев

ОСОБЕННОСТИ СИСТЕМНЫХ МЕХАНИЗМОВ АДАПТАЦИИ У БАРОМЕТЕОЧУВСТВИТЕЛЬНЫХ ВОЕННОСЛУЖАЩИХ К КЛИМАТИЧЕСКИМ УСЛОВИЯМ КРАЙНЕГО СЕВЕРА

Военно-медицинская академия им. С.М. Кирова, Санкт-Петербург

Представлены особенности системных дезадаптационных механизмов барометеочувствительных военнослужащих в приморской зоне Крайнего Севера. Установлено, что основными патогенетическими механизмами формирования барометеочувствительности являются: снижение адаптивных возможностей и функциональных резервов организма, повышение чувствительности прессорной реакции системного артериального давления к эффектам эндогенных вазопрессоров, повышение реактивности и адаптационного напряжения симпатико-адреналовой, гипофиз-тиреоидной и гипофиз-надпочечниковой систем, усиление проявлений полярной тканевой гипоксии и ее гемодинамическая компенсация, адаптационное перенапряжение сердечно-сосудистой системы, снижение ее адаптивных возможностей и функциональных резервов, а также формирование вегетативного дисбаланса с преобладанием тонуса парасимпатической нервной системы.

Ключевые слова: дезадаптация, механизмы адаптации, барометрическое давление, барометеочувствительность, Крайний Север, военнослужащие, сердечно-сосудистая система.

Введение

Одной из важных причин, ведущих к снижению качества служебной деятельности военнослужащих, является воздействие метеорологических факторов, которые при определенных условиях могут привести к нарушению нормального течения адаптивных процессов и развитию дезадаптации. Следствием этого являются различные патологические (метеопатические) реакции, влияющие на клиническое течение и исход заболеваний, увеличивающие количество трудопотерь, снижающие умственную и физическую работоспособность военнослужащих в периоды резких изменений погодных условий [23]. Суровый климат Крайнего Севера (КС), характеризующийся резким изменением метеоэлементов, в том числе и атмосферного давления, является патогенетическим фактором в формировании метеозависимых заболеваний сердечно-сосудистой системы (ССС), обусловливает раннее их возникновение и быстрое прогрессирование [11]. Связь патологии системы кровообращения с климатическими и погодными факторами, в том числе и с колебаниями атмосферного давления (АТД), обнаружена многими авторами [3, 10]. Даже при нахождении больного внутри помещения, при постоянной температуре воздуха, влажности и отсутствии ветра, резко изменяющееся АТД является фактором, дестабилизирующим его состояние. Особую значимость эта проблема приобретает в условиях КС [2].

Целью исследования явилось изучение особенностей механизмов адаптации барометеоустойчивых (БМУ) и барометеочувствительных (БМЧ) военнослужащих, проходящих службу в воинских частях, дислоцированных в приморской зоне КС.

Материалы и методы

Сразу же после прибытия на КС были обследованы 451 военнослужащий-мужчина, не предъявлявших жалоб на ухудшение самочувствия в периоды контрастных изменений погоды. Из общего числа обследованных 239 (53 %) оказались БМУ. Средний возраст этих пациентов составил (34,3 ± 5,6) года. Для выявления БМЧ всем обследованным в течение месяца предлагалось ведение дневника «погода – здоровье», где отмечались изменения погоды и ее метеопараметров (в том числе и барометрического давления), а также состояние здоровья и уровень артериального давления (АД). Параллельно с этим проводился мониторинг показателей ССС, вегетативной нервной системы (ВНС) и эндокринной системы. Уровень оценки самочувствия определялся по визуально-аналоговой шкале. Исследования проводились как в состоянии барометрического покоя (сутки стабильного барометрического давления), так и при изменениях АТД. Анализировалось не менее 100 реакций на изменение АТД.

Спустя 6 мес прохождения службы на КС, было проведено повторное обследование, выявившее, что 110 военнослужащих из 239, или 46 %, стали БМЧ. Их средний возраст составил (34,9 ± 3,8) года. Обследование проводилось внутри негерметичных обитаемых объектов в условиях изоляции от холода, ветра и атмосферных осадков, постоянной освещенности в тече-

ние дня, стабильной влажности, при температуре воздуха 22–24 °С круглогодично в условиях барометрического покоя (сутки стабильного АТД). Обязательный объем диагностических исследований включал в себя ряд лабораторных исследований (общеклинические анализы крови и мочи, биохимические показатели и иммунологические исследования крови, функциональные почечные пробы), исследование уровня электролитов крови (калий, натрий), гормонального статуса (трийодтиронин, тироксин, кортизол, активность ренина плазмы, альдостерон, адреналин, норадреналин, инсулин) и инструментальных методик [измерение артериального давления (АД) по методу Н.С. Короткова, регистрация электрокардиограммы (ЭКГ), количественный анализ ЭКГ по Ю.М. Шишмареву, вариационная пульсометрия, рентгенография органов грудной клетки, механокардиография, эхокардиография и ультразвуковое исследование (УЗИ) органов брюшной полости], а также консультаций специалистов (окулиста и невропатолога).

По результатом 2-го обследования было проведено сравнение полученных функциональных показателей здоровья у БМУ- и БМЧ-военнослужащих. Полученные данные подвергались корреляционному анализу. По силе корреляционной связи колебаний уровней АТД с показателями ССС, вегетативной и нейроэндокринной систем обследуемые были разделены на группы с высокой ($r > 0,7$) и низкой ($r < 0,3$) БМЧ. Статистическая обработка результатов проводилась на персональном компьютере с применением пакета прикладных программ MS Excel 2010 и Statistica 8.0. Для количественных показателей оценивалось соответствие исследуемых выборок нормальному закону распределения. Определялись средние арифметические значения случайных величин, среднеквадратическая ошибка среднего значения, среднеквадратическое отклонение, вариационный размах, максимальные и минимальные значения. Статистическую значимость различия средних значений показателей оценивали с помощью t-критерия Стьюдента и непараметрического критерия Вилкоксона. Различия считались статистически значимыми, если вероятность нулевой гипотезы была меньше 0,05. Использовались также: помимо корреляционного – факторный, регрессионный, дискриминантный и кластерный анализы. Работа выполнена в соответствии с требованиями Хельсинкской декларацией по проведению исследований на людях.

Результаты и их анализ

В табл. 1 представлены значения корреляционных связей исследуемых показателей у БМУ- и БМЧ-военнослужащих в состоянии барометрического покоя (АТД = 760 мм рт. ст.).

Приведенные в табл. 1 уровни корреляционных связей у БМЧ-военнослужащих были обусловлены увеличением тонуса ПОВНС [13], усилением секреции инсулина при повышении тонуса ПОВНС, его способностью стимулировать все виды обмена в клетках головного мозга, положительно влиять на сократимость миокарда и повышать чувствительность сосудов к действию эндогенных вазопрессоров [11, 21], закономерными приспособительными реакциями

Таблица 1

Корреляционные связи показателей сердечно-сосудистой, вегетативной и эндокринной систем у БМЧ- и БМУ-военнослужащих в условиях барометрического покоя ($p < 0,05$)

Показатель	Корреляционная связь	
	БМУ	БМЧ
Систолическое АД (САД)	–0,14	–0,28
Диастолическое АД (ДАД)	0,13	0,27
Частота сердечных сокращений (ЧСС)	–0,16	–0,29
Ударный объем (УО)	0,16	0,30
Минутный объем кровообращения (МОК)	–0,11	–0,33
Тонус резистивных сосудов (ТРС)	0,14	0,31
Тонус парасимпатического отдела вегетативной нервной системы (ПОВНС)	0,15	0,25
Тонус симпатического отдела вегетативной нервной системы (СОВНС)	–0,14	–0,28
Сократительная способность левого желудочка сердца (ССЛЖ)	0,12	0,26
Концентрация в плазме крови:	0,13	0,23
инсулина		
глюкозы	–	–0,28
ренина	–	–0,27
альдостерона	0,11	0,21
адреналина	–	–0,27
норадреналина	–	0,28
общего тироксина	–0,16	0,27
общего трийодтиронина	–0,13	–0,14
кортизола	0,16	–0,26

Таблица 2

Основные факторные нагрузки функциональных систем у БМУ- и БМЧ-военнослужащих в условиях барометрического покоя ($p < 0,05$)

Показатель	Факторная нагрузка	
	БМУ	БМЧ
САД	0,38	0,66
ДАД	0,33	0,44
ЧСС	–0,78	–0,90
УО	0,73	0,87
МОК	0,23	–0,24
Удельное периферическое сопротивление (УПС)	0,20	0,31
Индекс Кердо (ИК)	–0,83	–0,89
Конечный диастолический объем левого желудочка сердца (КДО)	0,76	0,77
Конечный систолический объем левого желудочка сердца (КСО)	0,24	0,39
Фракция укорочения левого желудочка сердца (ФУ)	0,54	0,24
Фракция выброса левого желудочка сердца (ФВ)	0,23	0,21
Концентрация в плазме крови:		
инсулина	0,29	0,45
ренина	0,24	0,31
альдостерона	–0,28	0,21
адреналина	0,32	–0,26
норадреналина	–0,25	0,19
общего тироксина	0,36	0,27
общего трийодтиронина	0,30	–0,14
кортизола	–0,34	–0,18

ССС, ВНС и нейроэндокринной системы к различным уровням АТД [13, 18], отрицательными хроно- и батмотропным эффектами вагуса [7], положительным инотропным и хронотропным действием на миокард адреналина и тиреоидных гормонов, положительным инотропным влиянием кортизола и ренин-альдостероновой системы [21], повышением инсулиночувствительности тканей под влиянием гипоксии [12].

При сравнении значений корреляционных связей у БМУ- и БМЧ-военнослужащих установлено: усиление всех выявленных корреляционных связей; появление положительной связи с концентрациями норадреналина и тироксина плазмы крови; изменение полярности (с положительной на отрицательную) связи с уровнем кортизола плазмы крови; появление слабых отрицательных связей АТД с тонусом СОВНС, активностью ренина плазмы, уровнями адреналина, трийодтиронина и глюкозы плазмы крови.

Выявленные отличия, по нашему мнению, обусловлены наличием адаптационного стресса [17, 21] при одновременном снижении адаптивных возможностей и функциональных резервов организма у БМЧ-военнослужащих [11], повышением адаптационного напряжения и реактивности ССС [9, 10], СОВНС [9] и ПОВНС [14], усилением у БМЧ-военнослужащих явлений полярной тканевой гипоксии [5, 11] и ее гемодинамической компенсации [4, 23], повышением реактивности резистивных сосудов и их чувствительности к эффектам эндогенных вазопрессоров [19, 22], повышением адаптационного напряжения симпатико-адреналовой системы, гипофиз-надпочечниковой системы и гипофиз-тиреоидной системы [21].

На основании результатов факторного анализа, выявлены показатели, определяющие состояние у БМУ-военнослужащих в условиях барометрического покоя (табл. 2): уровень САД и ДАД, ССЛЖ, насосная функция сердца, тонус резистивных сосудов и ПОВНС, ренина в плазме крови, тонус гормонального звена симпатико-адреналовой системы и гипофиз-тиреоидной системы, уровень инсулина плазмы крови. Установлено также, что у БМУ-военнослужащих отрицательными факторными нагрузками являются ЧСС, концентрации альдостерона, норадреналина и кортизола плазмы крови.

Полагаем, что распределение факторных нагрузок у БМУ-военнослужащих обусловлено адекватными приспособительными реакциями ССС, ВНС и нейроэндокринной системы к условиям КС [20]. А отрицательные факторные нагрузки уровня альдостерона и кортизола в плазме крови у БМУ-военнослужащих указывают на их адаптированность к условиям КС и отсутствие у них явлений полярной гипоксии [5, 11].

Факторный анализ позволил выявить, что состояние у БМЧ-военнослужащих при барометрическом покое главным образом определялось: уровнями САД и ДАД, ССЛЖ, тонуса резистивных сосудов и ПОВНС, активностью ренин-ангиотензин-альдостероновой системы, медиаторного звена симпатико-адреналовой системы, концентрацией инсулина плазмы крови, сниженной активностью гипофиз-тиреоидной и гипофиз-надпочечниковой системы, гор-

монального звена симпатоадреналовой системы.

При сравнении факторной картины БМЧ-военнослужащих с контрольной группой выявлены следующие отличия: увеличились положительные факторные нагрузки САД и ДАД, УО, размеров полостей сердца, тонуса резистивных сосудов, ренина в плазме крови, концентрации инсулина плазмы крови; уменьшились положительные факторные нагрузки показателей ССЛЖ, тироксина плазмы крови; повысились отрицательные факторные нагрузки ЧСС, тонуса ПОВНС; уменьшились отрицательная факторная нагрузка тонуса уровня кортизола плазмы крови; изменилась полярность факторной нагрузки с положительной на отрицательную для показателей насосной функции сердца и концентраций адреналина и трийодтиронина плазмы крови; изменилась полярность факторной нагрузки с отрицательной на положительную для уровней альдостерона и норадреналина плазмы крови.

Выявленные изменения картины факторных нагрузок связываем с повышением адаптационного напряжения ССС, ВНС, медиаторного звена симпатико-адреналовой системы, а также гипофиз-надпочечниковой и инсулярной систем [17, 21], мобилизацией адаптационных процессов, направленных на поддержание гомеостаза организма, о чем свидетельствует снижение факторной нагрузки концентрации трийодтиронина в плазме крови и ослабление отрицательной нагрузки плазменной концентрации кортизола [8, 16], снижением адаптивных возможностей и функциональных резервов ССС у БМЧ-военнослужащих [11], формированием у них вегетативного дисбаланса с преобладанием тонуса ПОВНС [5, 9], направленного на экономизацию энергопотребления организма [3, 5], адаптационным перенапряжением ССС [14, 20] с формированием гипокинетического синдрома [6, 7], активизацией медиаторного звена симпатико-адреналовой системы на фоне неудовлетворительного течения адаптации [5, 7], явлениями полярной тканевой гипоксии [5, 11], ее гемодинамической компенсацией [4, 23].

На основании результатов кластерного анализа (рис. 1), установлено, что у БМУ-военнослужащих в состоянии барометрического покоя величина показателей сердечного выброса и САД определялась регуляторным влияниям тиреоидных гормонов и инсулина, что было обусловлено их положительным инотропным действием на миокард [1, 9]. Показатели сократимости миокарда определялись концентрациями адреналина и трийодтиронина плазмы крови, что связано с положительным инотропным и хронотропным воздействием на миокард этих гормонов [1, 9]. Значения ДАД определялись тонусом резистивных сосудов и активностью ренина плазмы, что связано с вазопрессорными свойствами ренин-ангиотензиновой системы [1, 21]. ЧСС определялась тонусом ПОВНС, содержанием норадреналина, кортизола и альдостерона в плазме крови, что объясняется отрицательным хроно- и батмотропным эффектом вагуса [7], закономерными изменениями секреции этих гормонов при изменениях АТД, а также их участием как в длительной регуляции АД, так и в быстрых реакциях эндокринной системы [21].

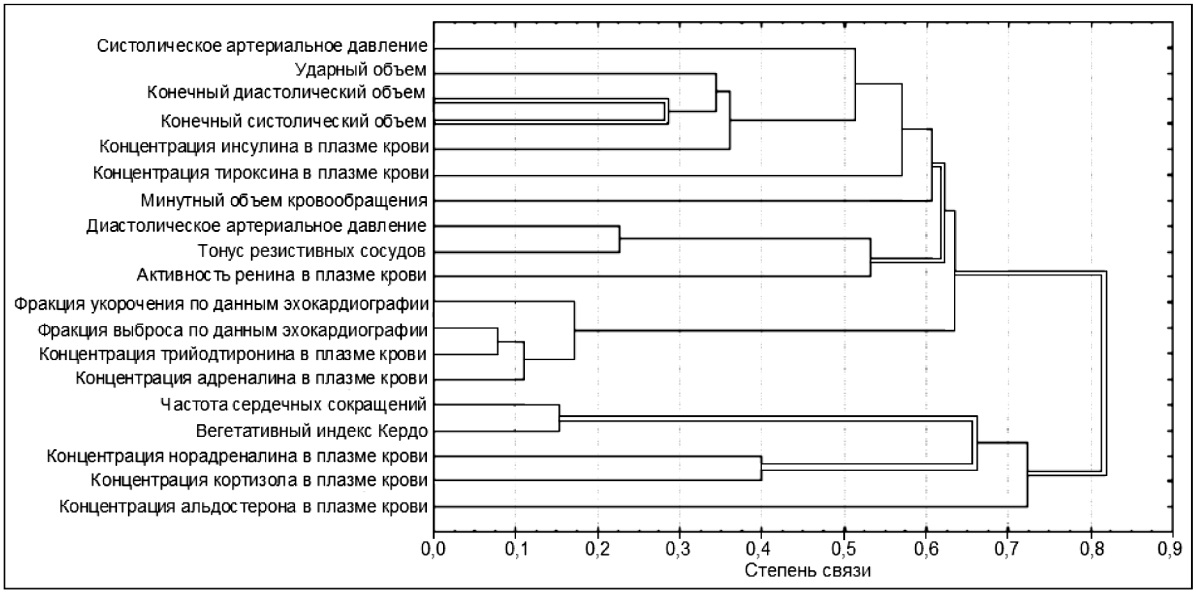

Рис. 1. Кластерный анализ основных показателей у БМУ-военнослужащих (положительные связи – одна линия, отрицательные связи – двойная линия).

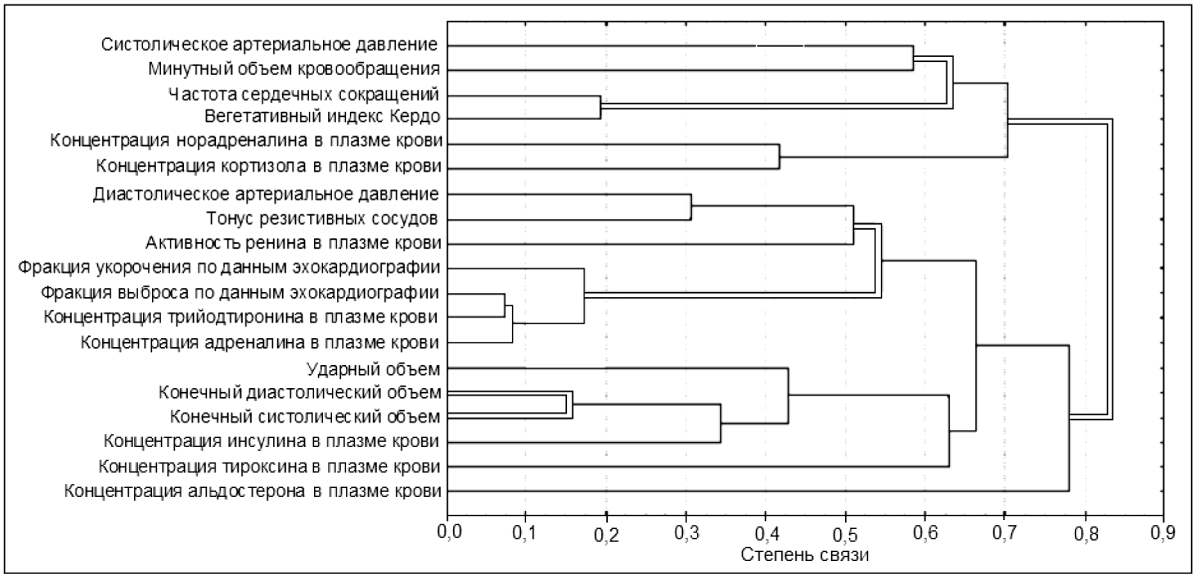

Рис. 2. Результаты кластерного анализа основных показателей у БМЧ-военнослужащих (положительные связи – одна линия, отрицательные связи – двойная линия).

У БМЧ-военнослужащих, согласно результатам кластерного анализа (рис. 2), показатели сердечного выброса зависели от тонуса гипофиз-тиреоидной системы, гормонального звена симпатико-адреналовой системы и концентрации инсулина в плазме крови, что обусловлено положительным инотропным и хронотропным действием на миокард тиреоидных гормонов и адреналина, инотропным действием инсулина [1, 21]. Уровни ДАД были тесно связаны с ТРС и активностью ренин-ангиотензин-альдостероновой системы, что было обусловлено вазопрессорными свойствами ренин-ангиотензин-альдостероновой системы и ее активацией в условиях гипоксии [4, 21]. Уровни САД определялись насосной функцией сердца, тонусом СНС, уровнями норадреналина и кортизола в плазме крови, что обусловлено положительным инотропным и хронотропным действием на миокард этих гормонов [9, 21].

При сравнении кластерного анализа основных показателей у БМУ-военнослужащих с контрольной группой сопоставлялись дистанции Пирсона между изучаемыми показателями. Учитывались изменения длины кластерной связи и перемещения показателей между кластерами. Выявлены следующие отличия: уменьшилась дистанция между САД и МОК, между САД и концентрациями норадреналина и кортизола в плазме крови, между показателями ССЛЖ и концентрациями инсулина и альдостерона в плазме крови; увеличилась дистанция между показателями ССЛЖ и САД; уменьшилась дистанция и изменилась полярность с отрицательной на положительную между концентрацией альдостерона в плазме крови и ТРС; увеличилась дистанция и изменилась полярность с положительной на отрицательную связь между САД и ТРС, между ДАД и насосной функцией сердца, между альдостероном и тонусом ПОВНС.

Выявленные отличия, на наш взгляд, обусловлены повышением чувствительности прессорной реакции системного АД [2, 17], повышением чувствительности резистивных сосудов к эффектам эндогенных вазопрессоров [11, 19], формированием комплекса гемодинамических (гипокинетический синдром), вегетативных (гиперпарасимпатикотония) и эндокринных реакций (усиление регуляторных влияний норадреналина, альдостерона), являющихся проявлением стратегии экономизации энергопотребления организмом у БМУ-военнослужащих на фоне высокого адаптационного напряжения (усиление регуляторных влияний кортизола) [3].

Заключение

Установлено, что у БМЧ-военнослужащих патогенетическими механизмами барометеочувствительности являются:

– снижение адаптивных возможностей и функциональных резервов организма;

– повышение чувствительности прессорной реакции системного АД и резистивных сосудов к эффектам эндогенных вазопрессоров;

– адаптационное перенапряжение сердечно-сосудистой системы, снижение ее адаптивных возможностей и функциональных резервов;

– формирование вегетативного дисбаланса с преобладанием тонуса парасимпатической нервной системы;

– повышение реактивности и адаптационного напряжения симпатико-адреналовой, гипофиз-тиреоидной и гипофиз-надпочечниковой систем;

– усиление проявлений полярной тканевой гипоксии и ее гемодинамическая компенсация.

Литература

1. Ананьев В.Н., Мирюк М.Н. Адренореактивность при остром холодовом стрессе // Вестн. ТвГУ. Сер. : Биология и экология. – 2010 . – Вып. 18. – С. 23–32.

2. Ананьев В.Н. Холодовая адаптация и адренорецепторы // Фундам. исслед. – 2010. – № 11. – С. 8–11.

3. Апанасенко Г.Л. У истоков валеологии (формирование концепции индивидуального здоровья) // Новости медицины и фармации. – 2012. – № 6. – С. 22–25.

4. Афонякин И.В. Применение интервальной гипоксической тренировки для повышения анаэробной работоспособности пловцов : автореф. дис. ... канд. пед. наук. – М., 2003. – 21 с.

5. Баранова Т.И. Механизмы адаптации к гипоксии ныряния : автореф. дис. ... д-ра биол. наук. – СПб., 2008. – 33 с.

6. Барсуков А.В., Шустов С.Б. Артериальная гипертензия. Клиническое профилирование и выбор терапии. – СПб. : ЭЛБИ-СПб, 2004. – 255 с.

7. Беликова Е.А. Особенности адаптации студентов с разным вегетативным тонусом : автореф. дис. ... канд. биол. наук. – М., 2008. – 19 с.

8. Гаркави Л.Х. Активационная терапия. Антистрессовые реакции активации и тренировки и их использование для оздоровления, профилактики и лечения. – Ростов н/Д : РГУ, 2006. – 256 с.

9. Горст В.Р. Формирование ритма сердца и адаптационные возможности организма при различных функциональных состояниях : автореф. дис. ... д-ра биол. наук. – Астрахань, 2009. – 45 с.

10. Григорук С.Д. Эколого-физиологические характеристики жителей г. Сургута трудоспособного возраста с дисфункциями сердечно-сосудистой системы : автореф. дис. ... канд. мед. наук. – Тюмень, 2005. – 23 с.

11. Денисов Е.Н., Русанова Н.Р. Влияние оксигенации тканей на эндотелиальные механизмы регуляции тонуса сосудов у больных хронической сердечной недостаточностью // Гипоксия: механизмы, адаптация, коррекция : докл. на шестой всерос. конф. – М. : НИИ общ. патологии и патофизиологии, 2011. – С. 45–48.

12. Елизаров А.Н. Физические факторы низкогорья в лечении и профилактике метаболического синдрома // Міжнар. ендокринол. журн. – 2009. – № 1(19). – С. 30–33.

13. Зверев Д.П. Состояние функций организма человека при многократных гипербарических воздействиях : автореф. дис. ... канд. мед. наук. – СПб.: ВМедА, 2011. – 22 с.

14. Использование анализа вариабельности ритма сердца для контроля подготовки спортсменов стрелковых видов спорта / А.А. Новиков [и др.] // Вестн. Удмурт. ун-та. – 2012. – № 1. – С. 97–102.

15. Колбасин Л.Н. Физиологическая оценка центральной и периферической гемодинамики у пришлого населения Крайнего Севера : автореф. дис. ... канд. мед. наук. – Надым, 2008. – 19 с.

16. Кривоногова Е.В. Физиологическая характеристика тиреоидной системы, вегетативной регуляции сердечного ритма и произвольного внимания у подростков на Севере : автореф. дис. ... канд. биол. наук. – Архангельск, 2006. – 19 с.

17. Кривощеков С.Г. Психофизиологические механизмы адаптации и дезадаптации на Севере // Тез. 13-го междунар. конгр. по приполярной медицине. – Новосибирск : СО РАМН, 2006. – С. 5–6.

18. Куприянов С.В. Физиологическая роль сосудистых рефлексогенных зон в интегративной регуляции функций дыхания и кровообращения : автореф. дис. ... д-ра мед. наук. – Чебоксары, 2009. – 30 с.

19. Подзолков В.И., Тарзиманова А.И. Рациональные комбинации в лечении артериальной гипертонии // Рац. фармакотерапия в кардиологии. – 2010. – № 6 (2). – С. 192–196.

20. Показатели динамики QT-интервала в ходе пробы с дозированной физической нагрузкой у детей, занимающихся спортом / С.А. Ивянский [и др.] // Ребенок и общество: проблемы здоровья, развития и питания: тез. докл. науч. конф. – Львов : Львов. нац. мед. ун-т им. Д. Галицкого, 2012. – С. 135.

21. Рациональная фармакотерапия заболеваний эндокринной системы и нарушений обмена веществ / И.И. Дедов [и др.]. – М. : Литерра, 2008. – 584 с.

22. Сагидова С.А. Изменения сосудов микрогемоциркуляции в различных отделах сердца при адаптации к гипоксии и физическим нагрузкам : автореф. дис. ... канд. биол. наук. – Ульяновск, 2010. – 22 с.

23. Хаснулина А.В., Безпрозванная Е.А., Хаснулин В.И. Психоэмоциональный стресс у жителей Севера и адаптационно-восстановительный потенциал // Медицина Кыргызстана. – 2010. – № 6. – С. 28–31.