

МОРФОФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ ОСОБЕННОСТИ КОРЫ НАДПОЧЕЧНИКОВ ПРИ ГИПОТЕРМИЧЕСКИХ ПОРАЖЕНИЯХ

Наркевич Д.Д.¹, Корсииков Н.А.¹, Долгатов А.Ю.¹, Лепилов А.В.¹, Бобров И.П.¹, Казарцев А.В.¹, Гервальд В.Я.¹, Долгатова Е.С.¹, Бабкина А.В.¹, Стрельникова С.С.¹, Бычкунов В.А.¹, Чикменев А.В.¹.

¹ФГБОУ ВО «Алтайский государственный медицинский университет» Минздрава России, Барнаул; e-mail: nikkor94knaagmu@yandex.ru

Данный обзор литературы посвящен изучению морфофункциональных процессов, развивающихся вследствие воздействия холодового фактора. В условиях воздействия на организм различных раздражителей происходит активное взаимодействие гипофиза и надпочечников. Исследования надпочечниковых желез в стрессовых ситуациях, а также при разнообразии патологий позволили увидеть в этом органе комплекс функциональных и структурных изменений, которые можно считать проявлением общего адаптационного синдрома. Одним из наиболее часто встречаемых факторов окружающей среды, с которым регулярно сталкивается большая часть населения нашей страны, является холод. Холод также служит одним из сильнейших внешних раздражителей. Поэтому важно отметить, что именно действие гипотермии на органы, ткани и в целом на организм человека и животных является весьма актуальным вопросом. Гормоны, секретлируемые надпочечниками, играют очень важную роль в формировании стремительной приспособительной реакции организма в постгипотермальном периоде, что было подтверждено в эксперименте на животных после адренэктомии, которые не могли выживать в условиях холода. Надпочечники, являясь очень лабильным органом, обладают высокой способностью к быстрым морфофункциональным изменениям в условиях низких температур окружающей среды, что очень важно для обеспечения гомеостатического баланса. После обобщения данных доступных литературных источников мы убедились в том, что проблема повреждающего действия холода нуждается в дальнейшем исследовании.

Ключевые слова: гипотермия, холодовая травма, адаптация, надпочечники.

MORPHOFUNCTIONAL FEATURES OF THE ADRENAL CORTEX IN HYPOTHERMIC LESIONS

Narkevich D.D.¹, Korsikov N.A.¹, Dolgatov A.Yu.¹, Lepilov A.V.¹, Bobrov I.P.¹, Kazartsev A.V.¹, Gervald V.Ia.¹, Dolgatova E.S.¹, Babkina A.V.¹, Strelnikova S.S.¹, Bychkunov V.A.¹, Chikmenev A.V.¹

¹FSBEI HE «Altai State Medical University» of the Ministry of Health of Russia, Barnaul; e-mail: nikkor94knaagmu@yandex.ru

This literature review is devoted to the study of morphofunctional processes as a result of exposure to the cold factor. Under the conditions of exposure to various stimuli on the body, there is an active interaction of the pituitary gland and the adrenal glands. Studies of the adrenal glands in stressful situations, as well as with a variety of pathologies, allowed us to see in this organ a complex of functional and structural changes that can be considered a manifestation of a general adaptation syndrome. One of the most common environmental factors that most of the population of our country regularly encounters is cold. Cold is also one of the strongest external stimuli. Therefore, it is important to note that it is the effect of hypothermia on organs, tissues and, in general, on the human body and animals, that is a very relevant issue. Hormones secreted by the adrenal glands play a very important role in the formation of a rapid adaptive reaction of the body in the posthypothermal period, which was confirmed in an experiment on animals after adrenalectomy, which could not survive in cold conditions. The adrenal glands, being a very labile organ, have a high ability to rapid morphofunctional changes in low ambient temperatures, which is very important to ensure homeostatic balance. After summarizing the data from available literature sources, we were convinced that the problem of the damaging effect of cold needs further investigation.

Keywords: hypothermia, cold injury, adaptation, adrenal glands.

С проблемой холодового травматизма в результате действия неблагоприятных факторов окружающей среды человечество сталкивается еще с древних времен. В настоящее время проблема воздействия пониженной температуры на организм человека обусловлена не

только проживанием в определенных регионах нашей планеты, все больше мы подвергаемся гипотермии на работе, при несении службы и выполнении воинского долга, при проведении спортивных состязаний [1, 2, 3]. Дозированное действие низких температур широко применяется в медицине, а именно в хирургии, кардиохирургии, неврологии, неонатологии, физиотерапии, при проведении интенсивной терапии, санаторно-курортного лечения и в трансплантологии [4, 5].

Цель исследования – изучить особенности структурно-морфологической и морфофункциональной реорганизации надпочечников в условиях холодной травмы.

Материалы и методы исследования. В рамках исследования были произведены анализ и обобщение литературных данных, сравнительный анализ полученной информации, обобщение результатов исследования, формулировка выводов. В исследовании использовались статьи, опубликованные в открытой печати, в электронных версиях и свободно доступные в полнотекстовом варианте. Были использованы базы данных: e-Library, Cochrane, MEDLINE, EMBASE и др. Критерии отбора: год выхода не ранее 2012, соответствие содержания исследуемому вопросу.

Наш организм регулярно взаимодействует с множеством факторов, поэтому основной его целью является сохранение целостности всех структур и систем. В результате повреждения происходит нарушение регулирования на разных уровнях. Главенствующее место в системе регуляции отводится эндокринной системе. При этом надпочечниковым железам принадлежит важное место [6, 7, 8]. Функциями надпочечников являются участие не только в процессах адаптации, но в осуществлении иммунного, минерального, а также пластического ответа. Гистологически надпочечник делят на корковое и мозговое вещества, корковое вещество имеет вид тяжей эндокринных клеток с расположенными между ними капиллярами фенестрированного типа. Тяжи клеток под капсулой формируют клубочки, далее уже в мозговом веществе формируются пучковая и сетчатая зоны. По своей сути это две железы, синтезирующие различные гормоны. Корковое вещество составляет большую часть надпочечниковой железы (около 80%) и синтезирует минерало- и глюкокортикоиды, а также дегидроэпиандростерон. Хромаффинные клетки мозгового вещества, в свою очередь, производят катехоловые амины [9].

В условиях воздействия на организм различных раздражителей происходит активное взаимодействие гипофиза и надпочечников. Исследования надпочечниковых желез в стрессовых ситуациях, а также при разнообразных патологиях позволили увидеть в этом органе комплекс функциональных и структурных изменений, являющихся, в свою очередь, проявлением общего адаптационного синдрома. Таким образом, морфофункциональное

состояние надпочечниковых желез играет огромную роль в приспособлении организма к регулярно меняющимся условиям среды [10, 11].

Одним из наиболее часто встречаемых факторов окружающей среды, с которым регулярно сталкивается большая часть населения нашей страны, является холод как один из сильнейших внешних раздражителей. Поэтому важно отметить, что именно действие низких температур различной интенсивности и в различных условиях на организм человека представляется актуальным вопросом. Такое сильное воздействие раздражающих факторов приводит к активации систем, предназначенных для сохранения структур и физиологических процессов в новых изменившихся условиях. Понятие об общем адаптационном синдроме было сформулировано еще в прошлом веке. Суть данного синдрома заключается в том, что воздействие на организм сильных раздражителей различного характера, в том числе холодного фактора, приводит к цепочке последовательных изменений (адаптаций). При изучении процессов адаптации прослеживается взаимосвязь между функциями гипоталамуса, гипофиза и надпочечников. Активное влияние гормонов надпочечников на формирование экстренной адаптационной реакции органов и тканей в ответ на повреждающее действие низких температур подтверждено в эксперименте с адренэктомированными животными, которые после удаления надпочечников теряли возможность к терморегуляции. Надпочечники – функционально очень лабильные органы, которые могут за очень короткий промежуток времени перестроить свою морфофункциональную структуру после действия низких температур окружающей среды в процессе поддержания теплового баланса человека и животных [12, 13, 14].

В рассмотренной нами литературе изучение воздействия холодного фактора происходило в экспериментальных условиях на крысах, а также путем ретроспективного анализа аутопсийного материала человека.

Рассмотрим сначала реакции органа, его структурно-функциональных единиц, некоторые изменения в гормональной системе, поэтапность развития данных изменений в условиях адаптации организма к воздействию холодного фактора. Стресс по длительности принято разделять на острый и хронический, по своей интенсивности – на эустресс и дистресс. Начальной фазой стресса принято выделять фазу мобилизации, далее следует фаза сопротивления, когда организму удается успешно справляться с воздействующим раздражителем, и затем наступает фаза истощения. Острый стресс моделируется путем воздействия так называемой управляемой гипотермии. Как правило, эустресс представляют в виде умеренной кратковременной гипотермии, то есть снижения температуры тела примерно до 30°C в условиях температуры окружающей среды –10°C в течение 2 часов либо путем погружения испытуемого в холодную воду [15].

В своем исследовании Ю.С. Степанян [16, 17] изучил аутопсийный материал, надпочечники 80 трупов лиц мужского и женского пола в возрасте 20–65 лет, погибших в результате общего охлаждения организма. Полученные данные свидетельствуют об активном участии надпочечников; так, при гистологическом исследовании были обнаружены: увеличение размеров коркового слоя, в особенности пучковой и сетчатой зон; нечеткость границ между пучковой и сетчатой зонами, гипертрофия эндокриноцитов, которые имели крупное гиперхромное ядро. С помощью специфических окрасок были выявлены значительное снижение гликогена и обеднение эндокринных клеток корковой зоны липоидами, особенно глубоких отделов пучковой зоны. При рассмотрении сосудистой сети пучковой зоны авторы отмечают полнокровие и увеличение просвета сосудов. По результатам данного эксперимента исследователи подтвердили гипотезу, что происходящие патоморфологические и функциональные перестройки направлены на активацию термогенеза и поддержание теплового баланса в организме. Паренхиматозно-стромальные изменения, обнаруженные в надпочечниках, свидетельствуют о гиперактивности коркового вещества. Данный патоморфологический критерий говорит об активации функции надпочечников, а именно о большем изменении в корковом веществе, чем в мозговом, после воздействия такого мощного стрессорного внешнего фактора, которым является гипотермия.

В случаях экспериментов на крысах, проведенных Ф.В. Алябьевым и соавторами [7], также установлено, что в результате воздействия холодого фактора на организм животных происходит активация функции надпочечниковых желез. В ходе исследования проведена поэтапная оценка изменений за первый час воздействия гипотермии (-10°C и -18°C) и через 7 часов наблюдения. Уже спустя 1 час воздействия холодого фактора при -10°C в железах наблюдались дистрофические изменения в виде гипертрофии ядер, повышение ядерно-цитоплазматического соотношения эпителиоцитов в канальцах, а также полнокровие сосудов почек. Спустя 7 часов после охлаждения в эпителиоцитах проксимальных канальцев обнаруживались зернистые включения в цитоплазме. Через 1 час после действия температуры -18°C выявлялось полнокровие всех отделов почек, размер ядер эпителиоцитов почечных канальцев увеличивался, происходило увеличение ядерно-цитоплазматического соотношения в эпителии канальцев почек. Через 5 часов гипотермии появлялась зернистость цитоплазмы эпителия проксимальных канальцев почек. Данные результаты вполне подтверждают концепцию о функциональном возбуждении определенных систем органов в условиях гипотермии, рассмотренную выше [18].

Проведенные исследования на крысах свидетельствуют о сильном влиянии глюкокортикоидов на обменные процессы в организме, которые усиливают их. Ранее мы уже говорили, что главной задачей организма в целом является поддержание гомеостаза, особенно

температурного, иначе все обменные процессы просто прекратятся, и, чтобы этого не произошло, активизируются процессы глюконеогенеза и расщепления триглицеридов. Соответственно наблюдается повышение уровня свободных жирных кислот и глюкозы в крови – включение их в обменные процессы с последующим высвобождением тепла. Гормональное воздействие на сосуды приводит к увеличению их тонуса, повышению артериального давления. Централизация кровообращения обеспечивает жизнедеятельность органов и способствует выживанию в изменившихся условиях. В длительно сохраняющихся неблагоприятных условиях организм не может обеспечивать гомеостаз, и возникает фаза истощения. В экспериментах конечной точкой является обнаружение липофусцина в эндокриноцитах сетчатой части надпочечников. Выявленная положительная корреляционная взаимосвязь между наличием липофусцина с продолжительностью воздействия холода указывает на развитие напряженного адаптивно-приспособительного ответа на сильный стрессорный фактор, что подтверждается данными литературы о прямой положительной взаимосвязи выраженности содержания «пигмента старения» и степени стрессорного воздействия [7, 19].

А.В. Халиков с соавторами [20] установили изменения в микроциркуляторном русле: наличие пристеночного стояния лимфоцитов, плотно прилегающих к эндотелиоцитам, в разных морфофункциональных зонах надпочечниковых желез. Эритроциты в просвете кровеносных сосудов образуют «монетные столбики», появляется лейкоцитарная инфильтрация. Инфильтрация лимфоцитами, скорее всего, объясняется как АКТГ – независимый ответ надпочечников, с учетом того, что лимфоциты способны секретировать адренкортикотропный гормон и интерлейкин-6. Можно предположить, что активация синтеза гормонов коры надпочечников происходит непосредственно на месте, без вовлечения центральных механизмов. Описанные процессы также сопровождались наличием патоморфологических признаков активности сетчатой части коры надпочечников [21, 22].

Как было отмечено ранее, в надпочечниках отмечается комплекс морфологических и функциональных перестроек, сопровождающихся изменением характера секреции, а также увеличением размеров коркового и мозгового вещества. Функциональная активность проявляется гипертрофией эндокринных клеток: их ядер и цитоплазмы во всех зонах коры надпочечников. Также наблюдается истощение пучковой и сетчатых зон. Помимо увеличения ядер в размерах, встречаются клетки с двумя ядрами. При остром дистрессе наблюдаются стертость границ между пучковым и клубочковым слоями, спазм артерий и дилатация венозного русла, увеличение просветов кровеносных капилляров как мозгового, так и коркового вещества. Отмечаются острые нарушения гемодинамики в виде полнокровия или периваскулярных кровоизлияний. Некоторые авторы отмечают наличие повышенной

проницаемости сосудов, вследствие чего происходит сохранение их целостности. В просвете сосудов отмечаются престазы, стазы, микроагрегаты эритроцитов. Проводится связь между истощением в надпочечниках ионов кальция и натрия и изменениями паренхимы почки.

Фазу стабилизации моделировали путем регулярного воздействия фактора гипотермии на протяжении 2–3 недель. Первые изменения в организме крыс в виде гипертрофии надпочечников проявляются в конце третьего месяца эксперимента. Во всех частях коры надпочечников отмечались уменьшение в размерах, сморщенные ядра клеток и местами карионекроз. Это сопровождалось уменьшением площади клеток в пучковой части, уменьшением толщины пучковой и сетчатой части, а также всего коркового вещества в целом. В результате данных преобразований уменьшалась масса самих надпочечников и масса тела. Экспериментально доказано, что у тренированных, закаленных крыс-самцов уровень кортикостерона был выше, чем у неподготовленных особей, а при действии низкой температуры он незначительно возрастал, вызывая соответствующие вышеописанные патоморфологические изменения [23, 24].

Согласно гипотезе об «укоренном старении» у населения, проживающего длительно на территории Севера, в сравнении с народами, проживающими в местах с более теплыми условиями, возрастные морфофункциональные изменения отмечаются гораздо раньше и нагляднее. Данные исследования свидетельствуют не только о приспособительных, но и о патологических изменениях в органах и тканях среди женщин мужчин разных возрастных категорий. У женщин народов Севера масса надпочечниковой железы была меньше аналогичного показателя у мужчин. Также авторы обращают внимание на уменьшение массы клубочковой части коры надпочечников у людей зрелого возраста и увеличение массы пучковой части в сочетании с уменьшением объема сетчатой части. После исследования всех возрастных групп мужчин выявлено увеличение размеров каждой зоны коры надпочечников к пожилому возрасту, что обусловлено избыточным ростом соединительной ткани, появлением лимфоцитарно-плазмочитарного инфильтрата. Однако у женщин подобные перестройки возникают в основном со старческого возраста. Чаще всего из патологических изменений имела место аденома коры надпочечников [16].

В подобном исследовании было изучено влияние гипотермии на людей, проживающих в суровых климатических условиях в высокогорных зонах. Во время исследования данного контингента были выявлены перестройки уровней гормонов гипофиза, щитовидной железы, надпочечников, а также изменения уровня половых гормонов, что говорит о срыве адаптационно-приспособительных механизмов, формирующихся на начальных этапах действия хронической гипотермии в сочетании с гипоксией [25].

Согласно феномену, впервые описанному в начале прошлого столетия, в правом и левом надпочечниках возникают разные морфологические, структурные изменения, различные степени реакции на один и тот же раздражитель. Многие исследователи, изучая холодовую травму, в последнее время отмечают функциональную асимметрию в работе надпочечников. Так, в одном из исследований выявлено различие функциональной активности надпочечников: левая надпочечниковая железа у испытуемых мышей была менее активной, чем правая. Внешнее воздействие стрессового фактора приводит к более ранней и выраженной активации функций коркового вещества левой надпочечниковой железы. Во время развития адаптационно-приспособительных реакций в постгипотермальном периоде морфофункциональная активность сетчатой и пучковой зон более выражена в правом надпочечнике по сравнению с левым, причем эта закономерность прослеживается как при остром воздействии низкой температуры, так и при хроническом холодовом влиянии [26].

В своих статьях Ю.С. Степанян и С.А. Корнев [16], рассматривающие случаи смерти от воздействия низких температур, при микроскопическом изучении отмечают гипертрофию коркового вещества надпочечниковых желез относительно группы контроля. Клетки клубочковой зоны имеют небольшие размеры, при этом формируют группы, приблизительно равные по своему диаметру. Данные группы представлены в виде скоплений, неправильных тяжей или расположены дугообразно. Цитоплазма кортикальных клеток вблизи пучковой зоны имеет темную окраску, тогда как более отдаленно расположены клетки со светлой цитоплазмой. Это различие в цвете цитоплазмы обусловлено концентрацией липидов, что доказано при специфической окраске Суданом III. В исследовании выявлено наличие слабо различимой границы между пучковым и клубочковым слоем. Клетки пучковой зоны сгруппированы в столбы или балки, расположенные перпендикулярно относительно поверхности органа. Такие клетки имеют призматическую форму и большую площадь по сравнению с нормой. В пучковой зоне эндокринные клетки также обеднены липидами. Их ядро более светлое, крупное, сферической формы. Сетчатая зона имеет нечеткую границу с пучковой зоной. В сетчатой зоне происходит изменение ориентации клеток, они начинают переплетаться между собой, определяется разволокнение эпителия с образованием рыхлой сети. Эндокриноциты кортикальной зоны содержат очень мало липидов. На полюсах ядерного аппарата в части клеток видны мелкие коричневого цвета зерна липофусцина. Часть клеток – с нечеткими и смазанными контурами с темной цитоплазмой и пикнотичными ядрами. Между клетками появляются множественные кровеносные капилляры синусоидного типа. Перечисленные изменения говорят об активном функционировании коркового вещества надпочечников. При исследовании тканей людей, погибших от действия низкой температуры, показатель объема ядер клеток и показатель уровня гормонов значительно превышают те же

самые критерии в группе контроля. Это свидетельствует о повышенной активности надпочечников при холодовой травме. Таким образом, представленные изменения, возникающие в постгипотермическом периоде, связаны с биохимическими реакциями в надпочечниках и должны рассматриваться как патоморфологические проявления охлаждения.

Заключение. Проанализировав доступные источники литературы, можно абсолютно уверенно утверждать, что на сегодняшний день проведенные исследования не только подтверждают факт активации работы надпочечников в условиях общей гипотермии на гормональном уровне, но и доказывают наличие морфофункциональных изменений, которые возникают как при остром воздействии холодового фактора, так и при хроническом. До сих пор остаются неизученными патоморфологические изменения органов и систем органов организма при охлаждении в различных условиях окружающей среды [27, 28]. Недостаточно с точки зрения специфичности морфологических изменений изучены общая реакция организма и соответственно формирование адаптационно-приспособительных реакций. Имеются трудности дифференциальной диагностики холодовой смерти с другими типовыми патологическими процессами [29, 30]. Анализируя все вышеизложенное, можно заключить, что проблема действия низких температур на ткани, органы и организм человека и животных в целом нуждается в дальнейшем изучении. Очень важно понять, что происходит с генетическим аппаратом клетки, с органеллами, какова роль тех или иных клеток воспалительного инфильтрата в формировании адаптации к холодовому воздействию.

Список литературы

1. Бульбенко М.М., Корсииков Н.А., Долгатов А.Ю., Лепилов А.В., Бобров И.П., Бабкина А.В., Долгатова Е.С., Соседова М.Н., Невмержицкая А.И., Раевская В.В., Казарцев А.В. Некоторые особенности структурно - морфологической реорганизации органов эндокринной системы при гипотермических поражениях. Перспективы дальнейшего изучения // Современные проблемы науки и образования. 2022. № 1. [Электронный ресурс]. URL: <https://science-education.ru/ru/article/view?id=31471> (дата обращения: 21.07.2022). DOI: 10.17513/spno.31471.
2. Бабкина А.В., Долгатов А.Ю., Лепилов А.В., Бобров И.П., Корсииков Н.А., Казарцев А.В., Долгатова Е.С., Невмержицкая А.И., Раевская В.В., Соседова М.Н., Бульбенко М.М. Особенности морфофункциональных изменений миокарда в условиях гипотермического повреждения // Современные проблемы науки и образования. 2022. № 2. [Электронный ресурс]. URL: <https://science-education.ru/ru/article/view?id=31504> (дата обращения: 21.03.2022). DOI: 10.17513/spno.31504.

3. Teresinski G., Buszewicz G., Madro R. Glucocorticosteroids as markers of death from hypothermia. *Forensic Science International*. 2013. Vol. 221. № 1-3. P. 60. DOI: 10.1016/j.forsciint.2013.03.003.
4. Алябьев Ф.В., Парфирьева А.М., Чесалов Н.П., Шамарин Ю.А., Осипов А.И. Функционально-морфологические изменения сердца при гипотермии // *Сибирский медицинский журнал*. 2011. № 1. С. 68-71.
5. Витер В.И., Пудовкин В. В., Юрасов В. В., Кульбицкий Б. Н., Покотиленко В.Г., Филиппенкова Е. И. Общее переохлаждение организма. Посмертное промерзание трупа. М., 2012. С. 10-12.
6. Степанян Ю.С Дифференциально-диагностический комплекс гистоструктуры щитовидной железы при смерти от общей гипотермии на основе методов квантификации // *Медицинская экспертиза и право*. 2013. № 2. С. 5-7.
7. Алябьев Ф.В., Арбыкин Ю.А., Серебров Т.В., Яушев Т.Р., Вогнерубов Р.Н., Мельникова С.Ю., Воронков С.В., Логвинов С.В. Морфофункциональные изменения внутренних органов и некоторых биохимических показателей в динамике общего переохлаждения организма // *Сибирский журнал клинической и экспериментальной медицины*. 2014. № 29 (2). С. 71-74. DOI: 10.29001/2073-8552-2014-29-2-71-74.
8. Витер В.И., Степанян Ю.С. Функциональная морфология надпочечников при смерти от общей гипотермии // *Проблемы экспертизы в медицине*. 2005. Т. 5. № 3 (19). С. 25-27.
9. Степанян Ю.С., Коренев С.А. Экспертная оценка морфо - функционального состояния коры надпочечников при общей гипотермии // *Актуальные вопросы судебной медицины и права*. 2021. С. 82-86.
10. Henriksson O., Lundgren P.J., Kuklane K., Holmer I., Giesbrecht G.G., Naredi P., Bjornstig U. Protection against cold in prehospital care: wet clothing removal or addition of a vapor barrier. *Wilderness & environmental medicine*. 2015. Vol. 26. N. 1. P. 11-20.
11. Doberentz E., Preuss-Wossner J., Kuchelmeister K., Madea B. Histological examination of the pituitary glands in cases of fatal hypothermia. *Forensic Science International*. 2011. Vol. 2011. № 1-3. P. 46-49. DOI: 10.1016/j.forsciint.2010.08.022.
12. Бобров И.П., Лепилов А.В., Шахматов И.И., Долгатов А.Ю., Гулдаева З.Н., Крючкова Н.Г., Орлова О.В., Шепелева Н.В., Лушникова Е.Л., Бакарев М.А., Молодых О.П. Роль тучных клеток в процессах адаптации к однократной и многократной глубокой иммерсионной гипотермии // *Бюллетень медицинской науки*. 2020. Т. 18. № 2. С. 10-17.
13. Фудин Н.А., Троицкий М.С., Хадарцева К.А. Гипотермия и психоэмоциональный стресс с спортсменов // *Вестник новых медицинских технологий, электронный журнал*. 2018. № 4. С. 142-151.

14. Freude T. Therapeutic peritoneal lavage with warm saline solution as an option for a critical hypothermic trauma patient. Wiener Klinische Wochenschrift. 2014. V. 126. P. 56-61. DOI: 10.1007/s00508-013-0457-5.
15. Матющенко Н.С., Закиров Дж.З., Кучук Э.М. Функциональные взаимоотношения инсулярного аппарата поджелудочной железы и мозгового слоя надпочечников при адаптации к условиям высокогорья (3200 м) // Журнал «European research». 2015. № 10 (11). С. 21-25.
16. Степанян Ю.С., Коренев С.А. Экспертная оценка морфо - функционального состояния коры надпочечников при общей гипотермии // Актуальные вопросы судебной медицины и права. 2021. С. 82-86.
17. Степанян Ю.С. Структурные изменения коры надпочечников при смерти от общей гипотермии // Медицинская экспертиза и право. 2012. № 4. С. 37-39.
18. Sakurada M., Asano M., Takahashi M., Kuse A., Morichika M., Nakagawa K., Kondo T., Ueno Y. Estimates of exposure to cold before death from immunohistochemical expression patterns of HSP70 in glomerular podocytes. International Journal of Legal Medicine. 2013. Vol. 121. P. 783-790. DOI: 10.1007/s00414-012-0806-3.
19. Лапша В.И. Изменение ультраструктуры мозгового вещества надпочечников при холодовом стрессе // Функциональная нейроморфология. Фундаментальные и прикладные исследования. Минск: Бизнесофсет, 2015. С. 309-312.
20. Халиков А.А., Саперовская В.Е., Орловская А.В. Микроморфометрические критерии диагностики смерти от гипотермии // Медицинская экспертиза и право. 2015. № 3. С. 32-34.
21. Zafren K. Out-of-hospital evaluation and treatment of accidental hypothermia. Emergency Medicine Clinics. 2017. Vol. 35. N. 2. P. 261-279.
22. Козинец Г.П., Олейник Г.Ф., Цыганков В.П. Замерзание: патогенез, лечение // Медицина неотложных состояний. 2012. Т. 5. № 44. P. 24-28.
23. Саперовская В.Е. Логико - морфологическая модель судебно - медицинской диагностики причины смерти в условиях низкой температуры окружающей среды: дис. ... канд. мед. наук. Москва. 2018. С. 54-60.
24. Zafren K., Giesbrecht G.G., Danzl D.F., Hackett P.H. Wilderness Medical Society practice guidelines for the out-of-hospital evaluation and treatment of accidental hypothermia. Wilderness & environmental medicine. 2014. Vol. 25. N. 4. P. 425 - 445. DOI: 10.1016/j.wem.2014.10.010.
25. Садыкова Г.С., Джунусова Г.С. Функциональные особенности эндокринных систем у жителей высокогорья // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2016. № 4. С. 943-947.

26. Ленчер О.С. Состояние гормональных и морфологических показателей активности надпочечников при холодовой адаптации // Научное обозрение. Биологические науки. 2016. № 13. С. 5-11.
27. Гулдаева З.Н., Бобров И.П., Лепилов А.В., Долгатов А.Ю. Крючкова Н.Г., Фоминых С.А., Малинина Е.И., Алымова Е.Е., Соседова М.Н., Лушникова Е.Л., Бакарев М.А., Молодых О.П. Ретроспективный анализ патоморфологических изменений в легких у людей, погибших от смертельной гипотермии // Бюллетень медицинской науки. 2019. № 2 (14). С. 38-44. DOI: 10.31684/2541-8475.2019.2(14).38-44.
28. Бобров И.П., Лепилов А.В., Шахматов И.И., Долгатов А.Ю., Гулдаева З.Н., Крючкова Н.Г., Орлова О.В., Шепелева Н.В., Лушникова Е.Л., Бакарев М.А., Молодых О.П. Роль тучных клеток в процессах адаптации к однократной и многократной глубокой иммерсионной гипотермии // Бюллетень медицинской науки, 2020 Т. 18. № 2 С. 10-17.
29. Бобров И.П., Лепилов А.В., Долгатов А.Ю., Крючкова Н.Г., Бакарев М.А. Влияние среды охлаждения на плоидометрические параметры гепатоцитов белых крыс // Бюллетень экспериментальной биологии и медицины. 2019. Т. 167. № 2. С. 163-168.
30. Бобров И.П., Лепилов А.В., Долгатов А.Ю., Корсииков Н.А., Гулдаева З.Н., Крючкова Н.Г., Соседова М.Н., Долгатова Е.С., Лушникова Е.Л., Бакарев М.А. Тучные клетки миокарда при воздействии гипотермии // Современные проблемы науки и образования. 2021. № 5. [Электронный ресурс]. URL: <https://science-education.ru/ru/article/view?id=31160> (дата обращения: 05.08.2022). DOI: 10.17513/spno.31160.