

## **СТРУКТУРНО-МОРФОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ИЗМЕНЕНИЙ СОСУДОВ В УСЛОВИЯХ ГИПОТЕРМИЧЕСКОГО ПОВРЕЖДЕНИЯ**

*Алтайский государственный медицинский университет,  
кафедра судебной медицины им. профессора В. Н. Крюкова  
и патологической анатомии с курсом ДПО, г. Барнаул*

**Бондаренко Д. Н., Корсиков Н. А., Лепилов А. В., Долгатов А. Ю.,  
Бабкина А. В., Долгатова Е. С., Бобров И. П.**

---

***Аннотация.** Данная работа представляет собой литературный обзор научных исследований, посвященных действию холодового фактора как стрессового на сосуды кровеносного русла. Рассматриваются как структурно-морфологические изменения, проявляемые после воздействия низких температур со стороны отдельных органов и общего состояния организма, так и возникающие компенсаторно-приспособительные реакции. Последний аспект является наиболее важным, так как в последующем это будет использовано в целях терапии. Было проанализировано несколько научных работ, по большей части основанные на экспериментах, но данная тема остается малоизученной по сравнению с другими областями патологической анатомии.*

***Ключевые слова:** гипотермия, холодовая травма, повреждение, сосуды*

---

### **Введение**

В настоящий момент холодовая травма является для населения Российской Федерации актуальной проблемой: если рассматривать страну с точки зрения природно-климатических факторов, то районы Крайнего Севера (составляющие 65% от территории России) характеризуются экстремальными условиями жизнедеятельности [1, 2]. Это подтверждается статистически: по опубликованным данным Росстата за 2021 год число

умерших от обморожения составляет 157 человек (из них городское население - 101, сельское - 56) [3]. Поэтому можно сказать, что каждый житель северных регионов сталкивался с воздействием низких температур. В основе холодовой травмы лежит дисбаланс между воздействием окружающей среды и защитными способностями организма: когда действие приспособительных реакций уже не может обеспечивать адекватное теплообразование и теплоотдачу, наступают патологические процессы [4]. Изучение же действия гипотермии на сосуды связано с тем, что при обморожениях лечение направлено на восстановление кровоснабжения в пораженных конечностях, что невозможно без исследования патогенеза и морфологических особенностей [5].

**Целью работы** является изучение и структурирование материала по гипотермическим воздействиям на сосуды в виде литературного обзора.

### **Материалы и методы**

В рамках исследования был произведен анализ и обобщение литературных данных, проведен 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.

### **Результаты и обсуждения**

Используя термин «гипотермия», мы имеем в виду состояние организма, при котором невозможно поддержание адекватного обмена веществ и функционирования в связи с воздействием низких температур [6]. Не совсем ясны критерии температуры, являющейся причиной холодовой травмы: авторы по-разному выделяют диапазон для возникновения переохлаждения [4]. Точно ясно, что возникающие затем стресс и гипоксия приводят к развитию процессов дисрегуляции, которые являются основой для ишемических процессов (не всегда обратимых) [7].

Одной из первых компенсаторно-приспособительной реакцией в ответ на гипоксию является вазоконстрикция периферических сосудов, приводящая к перераспределению крови в организме [8]. Это приводит к централизации крови, что в исходе изменяет ее реологические свойства вследствие замедления скорости кровотока. Также гипотермия непосредственно снижает температуру крови, что приводит к морфологическим нарушениям [9, 10]. Давно установлено, что в механизмах патологических изменений важную роль играют процессы альтерации эндотелия наравне с его дисфункцией. Это связано с высокой дифференцировкой клеток сосудов, так как из-за этого чувствительность к действию низких температур возрастает. Важно понимать, что механизмы поражения сосудов взаимосвязаны с работой систем гемостаза: выявляются сдвиги системы свертывания крови, фибринолиза, а также нарушения обмена ткани. Нарушения системы микроциркуляции, в том числе гемостаза, и развития реакции воспаления в ответ на холодовую травму начинаются с повреждения эндотелия сосудов.

При изучении гипотермии особое внимание уделяют маркерам повреждения: основным при гипотермии эндотелия являются десквамированные клетки. Исследования показали, что их максимальное увеличение наблюдается в раннем реактивном периоде холодовой травмы. В ответ следует повышение провоспалительных цитокинов. Чем больше поврежденной ткани, тем больше возрастает количество десквамированных клеток. Уже в позднем реактивном периоде обморожения данные эндотелиоциты снижаются.

Особое внимание уделяют элементам, участвующим в регуляции сосудистого тонуса. Оксид азота (NO) является регулятором вазодилатации сосудов, поэтому его снижение в реактивном периоде в 1,5 раза указывает на повреждение клеток эндотелия. За этим следует дисбаланс в выработке регуляторных веществ, что приводит к спазму микроциркуляторного русла. В дальнейшем, в том числе в позднем реактивном периоде, наблюдается последующее снижение оксида азота. Вазоконстрикция

приводит также к агрегации клеток крови, что вызывает кровоизлияния в системе жизненно важных органов.

Выше уже шла речь о взаимосвязи повреждения ткани и возрастания провоспалительных цитокинов. Важно понимать, что по данным показателям можно судить как о функциональной целостности эндотелия, так и о развитии воспалительной реакции в тканях. В дореактивном периоде в крови находятся IL-18, IL-4 и TNF $\alpha$ , что является признаком спазма сосудов на периферии и централизации кровообращения. На тотальный спазм сосудов указывает повышение концентрации IL-1 $\beta$  и IL-8.

Следует отметить и значительный рост фактора Виллебранда, и вследствие этого повышение агрегационного потенциала тромбоцитов. Это также один из показателей нарушения целостности эндотелия, так как он накапливается в его клетках и выходит при повреждении эндотелиоцитов [11].

Морфологическими проявлениями гипотермии являются острые нарушения кровообращения, например, малокровие сосудов легких [12]. Также в сосудах легких можно найти признаки легочного дистресс-синдрома - это лейкостазы. Это типичная картина при гипотермии: именно в легких нейтрофильные лейкоциты имеют тенденцию к краевому стоянию и выходу в альвеолы из сосудов [13]. Наиболее подробно об этом в своей работе говорит К.М. Хамчиев: нарушения на уровне микроциркуляции сопровождаются спазмом артериол, полнокровием капилляров и посткапиллярных венул (при этом повышается проницаемость стенки сосудов). Из-за этого наблюдается повышение тонуса прекапиллярных сосудов и застой венозной крови по малому кругу кровообращения, поэтому снижается кровенаполнение легких [14].

Интерес представляют работы, основой которых являются количественные изменения адренорецепторов сосудов. Возвращаясь к патогенезу холодовой травмы, речь шла о вазоконстрикции сосудов, которая возможна после воздействия на рецепторы сосудов. Результаты исследования адренореактивности артерий желудочно-кишечного тракта

и нижних конечностей кролика (работа В.Н. Ананьева) показали, что уже после 5-дневной гипотермии возрастает количество адренорецепторов (при этом их больше в тонком кишечнике). То есть выделившиеся адреналин и норадреналин при воздействии низкой температуры приведут к большему спазму артерий пищеварительного тракта. Вследствие этого произойдет перераспределение кровотока, большее количество крови пойдет в ноги, что будет положительно сказываться на возможности выживания – пример централизации кровообращения (но не нужно забывать, что в последующем потребуются восстановление кровоснабжения кишечника) [15].

В другом исследовании, связанном с адренореактивностью, но уже глубоких вен, авторы (М.С. Табаров и соавторы) выделяют так называемые «критические уровни», когда наблюдается резкое количественное и функциональное снижение рецепторов. Выраженность реакций вазоконстрикции снижается при 35°C и 27°C в 2 раза и более чем в 10 раз соответственно. То есть можно предположить, что в этом пределе компенсаторно-приспособительные возможности организма еще достаточны для поддержания адренергической активности, которая необходима для функционирования глубоких вен. При дальнейшей гипотермии происходит истощение и срыв реакций для поддержания адекватного состояния [16].

Такой важный при гипотермии диагностический признак как пятна Вишневого также связан с гипотермическими поражениями сосудов. При низкой температуре полнокровные капилляры растягиваются настолько, что в последующем происходит их повреждение, разрыв и выход крови. Фиксация же ее происходит благодаря «фибриновой шапочке», которая начинает образовываться уже через 15 минут после кровоизлияния [17].

### **Заключение**

Проанализировав научные работы и исследования, можно сказать, что холодовая травма начинает отрицательно действовать на организм именно с системы кровообращения, по большей части с сосудов. Связано это как с

прямым охлаждением крови как жидкости, так и с включением компенсаторно-приспособительных реакций организма, которые при истощении приводят к повреждению сосудистой стенки. Главным проявлением гипотермии со стороны сосудов является их спазм, который приводит к нарушению кровоснабжения органов: наиболее ярко это выражено в легких. Также не стоит забывать о таких повреждениях, как кровоизлияния, потому что в последующем их можно использовать как диагностические признаки: определять холодовую экспозицию. Наибольший интерес к работам по гипотермии связан с тем, что лечение обморожения невозможно без исследований патогенеза и нарушений отдельных систем, в первую очередь сосудистой. Также не нужно забывать, что в последнее время гипотермия стала применяться в терапевтических целях: это один из способов реабилитации при различных заболеваниях.

На сегодня изучение гипотермии и ее влияния на органы остается как никогда актуальной проблемой, которой нужно уделять больше времени.

#### **Список литературы:**

1. Чащин В. П., Гудков А. Б., Попова О. Н., Одланд Ю. О., Ковшов А. А. Характеристика основных факторов риска нарушений здоровья населения, проживающего на территориях активного природопользования в Арктике. Экология человека. 2014; 1. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/harakteristika-osnovnyh-faktorov-riska-narusheniy-zdorovya-naseleniya-prozhivayuschego-na-territoriyah-aktivnogo-prirodopolzovaniya> (дата обращения: 29.04.2023).
2. Корнеева Я. А., Симонова Н. Н., Дегтева Г. Н., Дубинина Н. И. Стратегии адаптации вахтовых работников на Крайнем Севере. Экология человека. 2013; 9. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/strategii-adaptatsii-vahtovyh-rabotnikov-na-kraynem-severe> (дата обращения: 29.04.2023).
3. Число умерших по причинам смерти в 2021 году, Росстат: сайт. URL: [https://rosstat.gov.ru/storage/mediabank/demo24-2\\_2021.xlsx](https://rosstat.gov.ru/storage/mediabank/demo24-2_2021.xlsx) (дата обращения: 02.05.2023)

4. Шигеев В. Б. Шигеев С. В. Судебно-медицинская оценка причин и условий возникновения холодовой травмы. Судебно-медицинская экспертиза. 2017; 3: 42-49. URL: <https://www.mediasphera.ru/issues/sudebno-meditsinskaya-ekspertiza/2017/3/downloads/ru/1003945212017031042> (дата обращения: 29.04.2023). doi: 10.17116/sudmed201760342-49

5. Хапкина А. В., Карасева Ю. В., Киреев С. С., Светлова С. Ю., Дронова Е. В. Холодовая травма. Вестник новых медицинских технологий. Электронное издание. 2017; 1. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/holodovaya-travma> (дата обращения: 29.04.2023).

6. Бурков И. А., Жердев А. А., Пушкарев А. В., Шакуров А. В. Теплофизические параметры гипотермии. Медицинский вестник Башкортостана. 2014; 6. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/teplofizicheskie-parametry-gipotermii> (дата обращения: 29.04.2023).

7. Заднипрный И. В., Сатаева Т. П., Третьякова О. С. Патоморфологические изменения миокарда крыс при воздействии гипобарической холодовой гипоксии. Оперативная хирургия и клиническая анатомия. 2019; 3(2): 13-18. URL: <https://doi.org/10.17116/operhirurg2019302113> (дата обращения: 29.04.2023)

8. Бочаров М. И. Терморегуляция организма при холодových воздействиях (обзор). Сообщение i. Журнал медико-биологических исследований. 2015; 1. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/termoregulyatsiya-organizma-pri-holodovyh-vozdeystviyah-obzor-soobschenie-i> (дата обращения: 29.04.2023).

9. Корси́ков Н. А., Лепилов А. В., Бобров И. П., Долгатов А. Ю., Долгатова Е. С., Бабкина А. В., Гервальд В. Я., Бульбенко М. М., Бычкунов В. А., Чикменев А. В., Лушникова Е. Л., Бакарев М. А. Некоторые особенности структурно -

морфологической реорганизации миокарда крыс при глубокой гипотермии в эксперименте. *Современные проблемы науки и образования*. 2022; 4.

10. URL: <https://science-education.ru/ru/article/view?id=31999> (дата обращения: 02.05.2023).

11. Бабкина А. В., Долгатов А. Ю., Лепилов А. В., Бобров И. П., Корсиков 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. URL: <https://science-education.ru/ru/article/view?id=31504> (дата обращения: 01.04.2023). DOI: 10.17513/spno.31504.

12. Михайличенко М. И., Шаповалов К. Г. Микроциркуляторные нарушения в патогенезе местной холодовой травмы. *Регионарное кровообращение и микроциркуляция*. 2019; 18(2): 4-11. <https://doi.org/10.24884/1682-6655-2019-18-2-4-11> (дата обращения: 29.04.2023).

13. Саперовская В. Е., Халиков А. А. Дифференциальная диагностика смерти от гипотермии и от острого отравления этиловым спиртом по гистологическим признакам. *Медицинский вестник Башкортостана*. 2017; 6 (72). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/differentsialnaya-diagnostika-smerti-ot-gipotermii-i-ot-ostrogo-otravleniya-etilovym-spirtom-po-gistologicheskim-priznakam> (дата обращения: 29.04.2023).

14. Халиков А. А., Саперовская В. Е., Сагидуллин Р. Х. Дифференциальная диагностика смерти от гипотермии и от внезапно проявившихся заболеваний сердца по микроморфологическим признакам. *Медицинский вестник Башкортостана*. 2017; 6 (72). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/differentsialnaya-diagnostika-smerti-ot-gipotermii-i-ot-vnezapno-proyavivshih-sya-zabolevaniy-serdtsa-po-mikromorfologicheskim-priznakam> (дата обращения: 29.04.2023).

15. Хамчиев К. М. Легочное кровообращение и морфофункциональные изменения в легких крыс при сочетанном влиянии гипотермии и



иммобилизации. Международный журнал экспериментального образования. 2015; 7: 153-154. URL: <https://expeducation.ru/ru/article/view?id=7774> (дата обращения: 30.04.2023).

16. Ананьев В. Н. Адренореактивность артерий кишечника и кожно-мышечной области кролика на 5 день адаптации к холоду. Здоровье и образование в XXI веке. 2013. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/adrenoreaktivnost-arteriy-kishechnika-i-kozhno-myshechnoy-oblasti-krolika-na-5-den-adaptatsii-k-holodu> (дата обращения: 30. 04. 2023).

17. Табаров М. С., Кудряшов Ю. А., Тоштемирова З. М., Шукурова Н. Я. Адренореактивность глубоких вен при гипотермии организма. Известия Академии Наук Республики Таджикистан Отделение биологических и медицинских наук. 2014; 3: 187. URL: [https://journals.anrt.tj/files/00023477\\_2014\\_-\\_3\(187\)/58-63.pdf](https://journals.anrt.tj/files/00023477_2014_-_3(187)/58-63.pdf) (дата обращения: 30.04.2023)

18. Туманов Э. В., Романович К. Н., Колкутин В. В. О роли сосудистого некроза в развитии геморрагий в слизистую оболочку желудка при переохлаждении. Ученые записки СПбГМУ им. И. П. Павлова. 2012; 1. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/o-rol-i-sosudistogo-nekroza-v-razviti-i-gemorragiy-v-slizistuyu-obolochku-zheludka-pri-pereohlazhdenii> (дата обращения: 30. 04. 2023).

Дата публикации: 03.10.2023

---

**Как цитировать:**

Бондаренко Д. Н., Корсигов Н. А., Лепилов А. В., Долгатов А. Ю., Бабкина А. В., Долгатова Е. С., Бобров И. П. Структурно-морфологические особенности изменений сосудов в условиях гипотермического повреждения. *Scientist*. 2023; 4 (26): 6-14.

---