

Д.Б. Дёмин**СЕРДЕЧНО-СОСУДИСТЫЕ РЕАКЦИИ НА ОБЩЕЕ ХОЛОДОВОЕ ВОЗДЕЙСТВИЕ
У ЛЮДЕЙ С РАЗЛИЧНЫМ ВЕГЕТАТИВНЫМ ТОНУСОМ**

Федеральный исследовательский центр комплексного изучения Арктики им. акад. Н.П. Лаверова
Уральского отделения Российской академии наук (Россия, г. Архангельск, пр. Ломоносова, д. 249)

Актуальность. Воздействие холода повышает симпатическую активность и артериальное давление (АД), а также может способствовать обострению симптомов и течения гипертонии в зимний период, однако, механизмы этого явления мало изучены.

Цель – изучить динамику показателей сердечно-сосудистой системы у молодых людей с различной исходной вегетативной регуляцией сердечного ритма в условиях общего холодного воздействия.

Методология. Проведен популяционный набор из 30 здоровых северян мужчин-добровольцев в возрасте 18–20 лет. В соответствии с исходным типом вегетативной регуляции сердечного ритма все обследуемые были разделены на 3 группы: 1-я – лица с преобладанием вагусных влияний ($n = 9$), 2-я – со сбалансированной (нормотонической) регуляцией ($n = 14$), 3-я – с преобладанием симпатических влияний ($n = 7$). Эксперимент включал три этапа: пребывание в состоянии покоя при температуре $+20^{\circ}\text{C}$; нахождение в условиях холодной камеры при температуре -20°C в течение 10 мин; согревание при температуре $+20^{\circ}\text{C}$. Во время каждого этапа исследования регистрировали вариабельность сердечного ритма (ВСР) с использованием портативного комплекса «Варикард 2.8», АД, частоту сердечных сокращений (ЧСС) и температуру в слуховом проходе.

Результаты и их анализ. Умеренное кратковременное общее воздушное охлаждение вызывает, в целом, однотипные временные реакции центральной гемодинамики (повышение АД) и показателей общей мощности ВСР с увеличением парасимпатической активности. Фоновые и динамические значения ЧСС и индекса напряжения регуляторных систем (SI) у лиц 3-й группы были значимо выше, чем у двух других групп, при этом в процессе охлаждения SI снижался у лиц 3-й группы практически в 4 раза, а у лиц 1-й группы – лишь в 1,5. В 1-й группе наблюдается достаточно слабая барорефлекторная реакция (относительная стабильность ЧСС и ВСР), сопровождаемая значимым сосудодвигательным воздействием (выраженное повышение АД), что определяет риск холодных повреждений сосудов. У обследуемых 2-й и 3-й группы сохранность барорефлекса в виде существенного снижения ЧСС и SI в ответ на повышение АД свидетельствует о более эффективном режиме работы адаптивных сосудистых механизмов в условиях общего охлаждения.

Закключение. По-видимому, повышение АД во время умеренного воздействия холода не нарушает защитные механизмы сердечно-сосудистой системы у здоровых жителей Севера со сбалансированной регуляцией и преобладанием симпатической активности. В то же время, слабую барорефлекторную реакцию у северян с преобладанием вагусных влияний можно расценивать с позиции риска развития холодной артериальной гипертензии.

Ключевые слова: гипотермия, воздушное охлаждение организма, адаптация, вариабельность сердечного ритма, артериальное давление.

Введение

Проблема сохранения температуры тела у людей, работающих на открытом холодном воздухе, остается актуальной. Воздействие низких температур повышает симпатическую активность и артериальное давление (АД), вызывает гемоконцентрацию, увеличивает количество холестерина, фибриногена и эритроцитов [6], являющихся факторами риска сердечно-сосудистых заболеваний. Также показано, что в холодное время года усугубляются симптомы и течение гипертонии

[6, 8]. Возможно, что нарушение регуляции АД в виде более низкой барорефлекторной чувствительности [10, 11] и большей вариабельности АД [15] одновременно с повышением АД способствует возрастанию риска сердечно-сосудистых заболеваний в зимнее время.

Воздействие холода вызывает симпатическую вазоконстрикцию и, следовательно, повышение системного АД в среднем на 10–30 мм рт. ст. [9], в некоторых случаях – на 60 мм рт. ст. [7]. Охлаждение лица вызывает одновременную активацию блуждающего

Дёмин Денис Борисович – д-р мед. наук, ст. науч. сотр. лаб. биоритмологии, Федер. исслед. центр комплексного изучения Арктики им. акад. Н.П. Лаверова Урал. отд-ния РАН (Россия, 163000, г. Архангельск, пр. Ломоносова, д. 249), e-mail: denisdemin@mail.ru

нерва, снижая частоту сердечных сокращений (ЧСС) и увеличивая вариабельность сердечного ритма (ВСР) [7], что может служить защитной реакцией сердечно-сосудистой системы и ограничивать повышение АД.

Барорефлекс является доминирующим краткосрочным механизмом контроля АД [11] посредством изменения уровня активации кардиоингибирующих нейронов блуждающего нерва и симпатических нейронов, иннервирующих как сердце, так и периферические кровеносные сосуды. Снижение барорефлекса связано с сердечно-сосудистыми заболеваниями, такими как гипертония с негативным прогнозом [10, 11]. Нарушение барорефлекторной активности может изменять регуляцию АД во время кратковременного воздействия холода и, следовательно, увеличивать связанный с охлаждением риск сердечно-сосудистых событий у людей с симпатикотонией. Исследования у здоровых людей показали увеличение барорефлекса во время теста с погружением лица в холодную воду [17], а также при воздействии холода без охлаждения головы [13]. Более высокая барорефлекторная активность при охлаждении вызвана центральной активацией блуждающего нерва [17, 19], этот ответ может быть снижен при гипертонии, при которой обычно нарушается баланс вегетативного реагирования [15]. Однако данных о влиянии общего охлаждения на кратковременные сосудодвигательные реакции у здоровых людей с различным тонусом вегетативной нервной системы нами не найдено. В серии наших предыдущих экспериментальных работ было показано влияние уровней гипоксии и общего охлаждения в возникновении нарушений биоэлектрической активности головного мозга, а также в изменении концентрации саливарного кортизола [2–4], настоящее исследование является продолжением данных работ. Наши гипотезы заключались в том, что воздействие холода стимулирует барорефлекторную активность, эта реакция изменяется при симпатикотонии.

Цель – изучить динамику показателей сердечно-сосудистой системы у молодых людей с различной исходной вегетативной регуляцией сердечного ритма в условиях общего холодного воздействия.

Материал и методы

Обследовали 30 курсантов мужского пола, проживающих в г. Архангельске, которые соответствовали критериям:

- рождение на Севере;
- возраст 18–20 лет;
- отсутствие в анамнезе заболеваний системы кровообращения и органов дыхания, симптомов острых респираторных инфекций в течение 2 нед;
- отсутствие приема кардиологических лекарственных препаратов;
- желание участвовать в эксперименте.

От каждого добровольца получили письменное информированное согласие на участие в эксперименте. Исследование проводили с соблюдением этических норм, изложенных в Хельсинкской декларации и директивах Европейского сообщества (8/609ЕС). Выполнение исследования одобрено протоколом Комиссии по биомедицинской этике Федерального исследовательского центра комплексного изучения Арктики им. акад. Н.П. Лаверова Уральского отделения Российской академии наук (протокол № 2 от 28.03.2018 г.).

Эксперимент состоял из трех последовательных этапов:

- на I этапе в течение 5 мин регистрировали фоновые показатели сердечно-сосудистой системы и температуры тела добровольцев при температуре воздуха +20 °С;
- на II этапе изучаемые показатели регистрировали в условиях холодной камеры «УШЗ-25Н» («Ксирон-Холод», Москва) при температуре –20 °С, продолжительность охлаждения составляла 10 мин;
- на III этапе (после выхода из холодной камеры) регистрация показателей методически была аналогична I этапу.

На всех этапах исследования обследованные мужчины располагались в положении сидя, в состоянии спокойного бодрствования, они были одеты в однотипные легкие хлопчатобумажные костюмы, без верхней одежды, головных уборов и перчаток.

В течение каждого 5-минутного этапа проводили регистрацию ВСР при помощи кардиоинтервалографического исследования с использованием портативного аппаратно-программного комплекса «Варикард 2.8» («Рамена», Рязань). Система предусматривала автоматическую обработку замеров длительности RR-интервалов ЭКГ во II стандартном отведении с расчетом показателей ВСР. При последующей обработке результатов оценивали динамику показателей ВСР: ЧСС (уд/мин), общей мощности спектра (Total Power – TP, мс²) и индекса напряжения регуляторных систем (Stress Index, SI, усл. ед.).

При охлаждении (II этап) показатели ВСР оценивали с 6-й по 10-ю минуту пробы.

Фиксацию АД (мм рт. ст.) производили трехкратно подряд с последующим усреднением показателей при помощи автоматического измерителя АД (тонометра) «A&D Medical UA-668» (Япония). Измерение температуры тела добровольцев осуществляли в правом слуховом проходе медицинским электронным инфракрасным термометром «B.Weil WF-1000» (Швейцария) при завершении каждого этапа исследования.

При оценке преобладающего типа вегетативной регуляции сердечного ритма принимали во внимание фоновые (I этап) значения Stress Index, который отражает активность симпатико-адреналовой системы в условиях относительного покоя [1]. В связи с чем всех обследуемых курсантов разделили на 3 группы:

1-я – лица с преобладанием вагусных влияний на кардиоритм ($SI \leq 49$ усл. ед.), средний возраст – $(19,2 \pm 0,9)$ года, $n = 9$;

2-я – со сбалансированной (нормотонической) вегетативной регуляцией кардиоритма (SI в диапазоне 50–150 усл. ед.), средний возраст – $(19,0 \pm 0,9)$ года, $n = 14$;

3-я – с преобладанием симпатических влияний на кардиоритм ($SI \geq 151$ усл. ед.), средний возраст – $(18,9 \pm 1,0)$ год, $n = 7$.

Полученные результаты обрабатывали при помощи компьютерного пакета прикладных программ Statistica 10.0 (StatSoft Inc., США). В связи с тем, что в большинстве случаев распределение признаков в выборках не подчинялось закону нормального распределения (оценка по критерию Шапиро–Уилка), статистическую обработку проводили непараметрическими методами, учитывали медиану (Me), нижний и верхний квартили (q_{25} ; q_{75}). Для проверки статистической гипотезы разности значений использовали критерий Вилкоксона для двух зависимых выборок и критерий Манна–Уитни для двух независимых групп. Критический уровень значимости принимали при $p < 0,05$.

Результаты и их анализ

Температура тела обследуемых добровольцев имела идентичную динамику во всех группах (рисунок): исходная медиана во всех группах составляла $36,3^\circ\text{C}$ со значимым снижением к окончанию холодового воздействия (конец II этапа) до $33,9\text{--}34,1^\circ\text{C}$ ($p < 0,001$) и значимым повышением при согревании (конец III этапа) ($p < 0,001$), но и через 5 мин после окончания холодового воздействия

температура в правом слуховом проходе не возвращалась к исходному уровню и составляла $35,4\text{--}35,7^\circ\text{C}$.

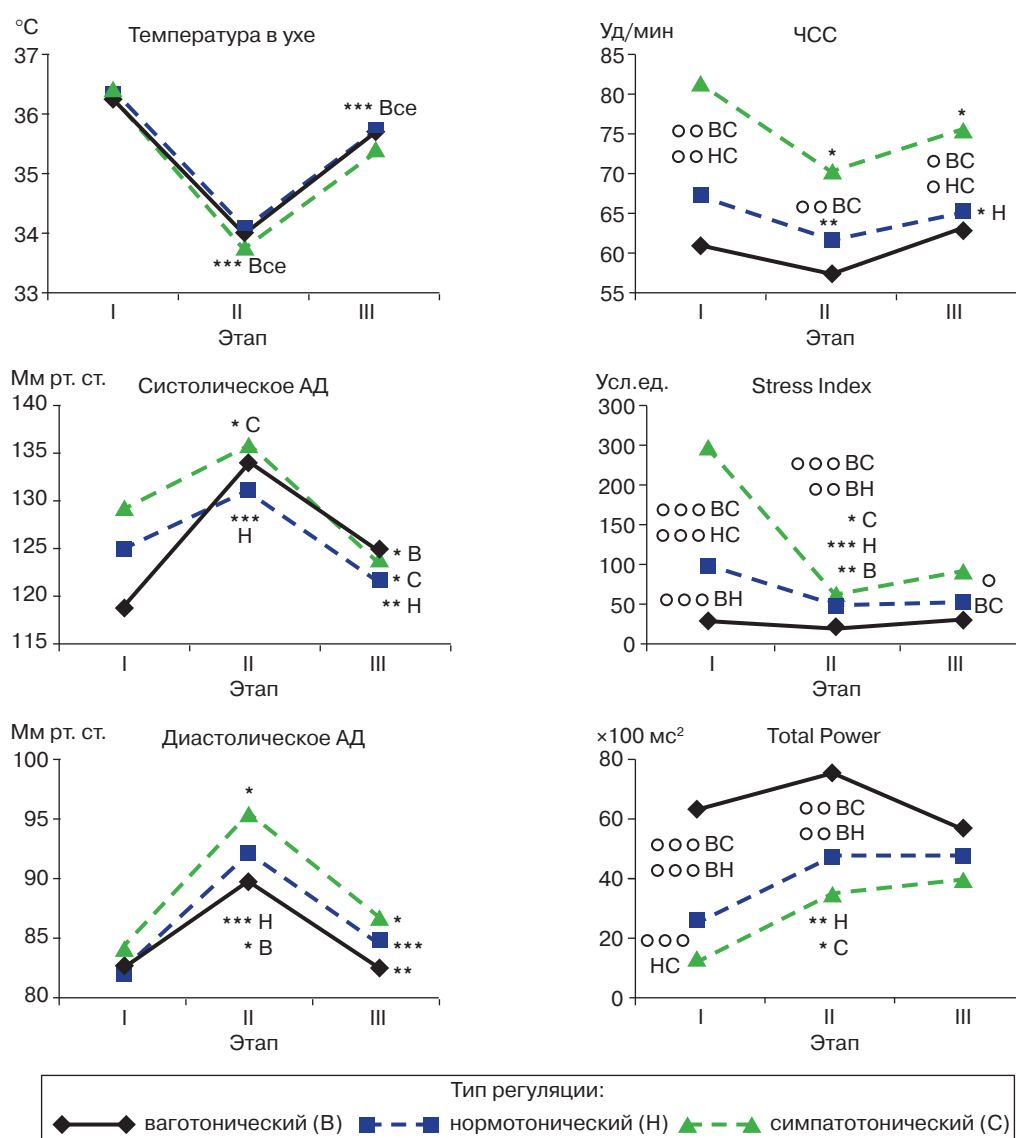
Оценку состояния вегетативной нервной системы обследуемых лиц осуществляли по фоновым показателям ВСР, в качестве статистической характеристики динамического ряда кардиоинтервалов использовали индекс напряжения регуляторных систем (SI). Как известно, чем меньше величина SI , тем больше активность парасимпатического отдела вегетативной нервной системы, а чем больше величина SI , тем выше активность симпатического отдела, степень централизации управления сердечным ритмом и, соответственно, общий сдвиг вегетативного гомеостаза в сторону преобладания симпатической нервной системы над парасимпатической [1].

В 1-й группе обследуемых лиц медиана фонового SI составляла 30,0 (26,0; 39,0), во 2-й – этот показатель был статистически значимо больше ($p < 0,001$), чем в 1-й, – 97,0 (84,5; 122,0), а в 3-й – статистически значимо больше ($p < 0,001$), чем в двух предыдущих группах, – 250,0 (182,5; 307,8). Кроме того, оценивали фоновую общую мощность спектра ВСР (TP), отражающую степень парасимпатических влияний на ритм сердца [1]. У лиц 1-й группы TP составляла 6156 (6019; 6994), 2-й – 2338 (2075; 2829), 3-й – 1224 (1202; 1497) (между выборками $p < 0,001$). Дополнительно проводили оценку фоновой ЧСС: у лиц 1-й группы – 61,0 (60,0; 64,0), 2-й – 67,5 (61,0; 72,0), 3-й – 81,5 (79,0; 89,5) ($p < 0,01$). Таким образом, показаны различия в исходном типе вегетативной регуляции сердечного ритма в выборках обследуемых лиц.

Сдвиги изучаемых показателей ВСР в динамике исследования были однонаправленными во всех группах. Индекс напряжения регуляторных систем на II этапе был статистически значимо меньше ($p < 0,05\text{--}0,001$) фоновых значений и оставался практически неизменным на III этапе. При этом межгрупповые различия отмечены для выборки лиц 1-й группы, SI у которых на II и III этапах был статистически значимо меньше ($p < 0,05\text{--}0,001$), чем у других групп. Общая мощность спектра ВСР статистически значимо повышалась ($p < 0,05\text{--}0,01$) от I ко II этапу во 2-й и 3-й группе, оставаясь на достигнутых уровнях к окончанию исследования (III). У обследованных лиц 1-й группы описанная динамика TP происходила на уровне тенденции ($p > 0,05$), однако, уровни II этапа были статистически значимо больше ($p < 0,01$), чем у двух других групп.

Систолическое АД возрастало у всех обследованных лиц относительно фоновых значений, наиболее отчетливо во 2-й и 3-й группе ($p < 0,05-0,001$), а к окончанию этапа согревания (III этап) этот показатель статистически значимо уменьшался у всех ($p < 0,05-0,01$). Динамика диастолического АД во всех трех группах лиц была сходна с изменениями систолического АД ($p < 0,05-0,001$). ЧСС снижалась к окончанию II этапа и повышалась на III, при этом статистически значимые изменения ($p < 0,05-0,01$) отмечены во 2-й и 3-й группе, кроме того, значения их ЧСС на II и III этапе были статистически значимо больше ($p < 0,05-0,01$), чем у лиц 1-й группы.

Экспериментальное воздушное общее охлаждение было хоть и кратковременным, но при этом достаточно экстремальным для наших обследуемых, и не в полной мере адекватно отражало повседневные зимние условия в холодном климате, когда человек обычно защищен термоизолирующей одеждой. В то же время, мы смогли обеспечить строго контролируемое, идентичное по температуре окружающей среды и продолжительности воздействие на всех обследуемых одинакового возраста и пола. В нашем исследовании общее холодовое воздействие привело к совместной активации вегетативной нервной системы, что проявилось в одновре-



Изменение температуры тела, показателей центральной гемодинамики и вариабельности сердечного ритма в динамике пробы с охлаждением у мужчин с различным типом вегетативной регуляции сердечного ритма. Статистически значимое отличие в сравнении с предыдущим этапом исследования: * $p < 0,05$; ** $p < 0,01$; *** $p < 0,001$; о – между группами с различным типом вегетативной регуляции сердечного ритма на одном этапе исследования.

менном повышении АД и общей мощности ВСР, а как барорефлекторный ответ – к снижению ЧСС. Подобные гемодинамические изменения ранее были показаны в экспериментах с погружением в холодную воду [16], при воздушном охлаждении всего тела [12] и по тестам с охлаждением лица [18]. Было высказано предположение, что наблюдаемое усиление артериального барорефлекса при охлаждении является результатом либо центральных механизмов активации *n. vagus* [17], либо совместным взаимодействием передачи сигналов от барорецепторов и кожных холодовых рецепторов [19].

Гипертонические реакции обычно связаны с повышением симпатической и снижением ваготонической активности [4, 15] при одновременном нарушении барорефлекса [11]. Таким образом, мы предполагали, что барорефлекторная реакция на холод также может быть снижена при симпатикотонии. Вопреки нашей гипотезе, реакции сосудистого тонуса и ВСР, связанные с охлаждением, были сопоставимы у мужчин со сбалансированной вегетативной регуляцией и преобладанием симпатических влияний, что, вероятно, связано с небольшим стажем симпатикотонии и сохранными компенсаторными вагосимпатическими механизмами у относительно молодых людей. Реакции этих людей на охлаждение выглядят более выраженными с вовлечением центральных механизмов регуляции сердечного ритма и направленными на долгосрочное противостояние организма повреждающему воздействию холода. При этом у лиц с ваготоническим типом вегетативной регуляции повышение АД и активизация артериального барорефлекса при охлаждении не вызывают значимого ответа в виде брадикардии и увеличения ВСР, что может указывать на замедленную реакцию центральных терморегуляторных механизмов [7]. Ранее показана обратная зависимость адренергических сосудистых реакций и тонической активности симпатических сосудосуживающих нервов у здоровых людей [5]. Сниженная холодовая барорефлекторная реакция у лиц с ваготонией также мо-

жет быть связана с исходной растяжимостью сосудистой стенки и повышенным сердечным выбросом, способным компенсировать объемы кровообращения [14].

Заключение

Результаты исследования демонстрируют, что умеренное кратковременное общее воздушное охлаждение, тип воздействия, характерный для профессиональной деятельности и досуга в зимний период в субарктических регионах [12], вызывают, в целом, однотипные временные реакции центральной гемодинамики (повышение давления в магистральных сосудах) и показателей variability сердечного ритма с увеличением парасимпатической активности. При этом у лиц с изначальным преобладанием вагусных влияний на кардиоритм наблюдается достаточно слабая барорефлекторная реакция (относительная стабильность ЧСС и ВСР), сопровождаемая значимой сосудодвигательной реакцией (выраженное повышение АД), что определяет риск холодовых повреждений сосудов. У лиц со сбалансированной вегетативной регуляцией и преобладанием симпатических влияний сохранность барорефлекса в виде существенного снижения ЧСС и индекса напряжения в ответ на повышение АД свидетельствует о более эффективном режиме работы адаптивных сосудистых механизмов в условиях общего охлаждения. Фоновые и динамические значения ЧСС и индекса напряжения регуляторных систем у представителей группы с преобладанием симпатических влияний были значительно выше, чем у представителей двух других групп. При этом в процессе охлаждения SI снижался у лиц с преобладанием симпатических влияний практически в 4 раза, а у лиц с преобладанием вагусных влияний – лишь в 1,5. Хотя наши результаты не предполагают, что регуляция АД нарушается в холодную погоду у людей с преобладанием симпатической активности и легкой гипертензией, необходимы дальнейшие исследования среди людей зрелого возраста и пациентов с выраженной гипертензией.

Литература / References

1. Баевский Р., Черникова А. Анализ variability сердечного ритма: физиологические основы и основные методы проведения // *Cardiometry*. 2017. Вып. 10. С. 68–80. DOI: 10.12710/cardiometry.2017.6676.

2. Дёмин Д.Б. Значимость уровня гипотермии в нейрофизиологических реакциях

1. Baevsky R.M., Chernikova A.G. Heart rate variability analysis: physiological foundations and main methods. *Cardiometry*. 2017; (10):66–76. DOI: 10.12710/cardiometry.2017.6676.

2. Demin D.B. Znachimost' urovnya gipotermii v neirofiziologicheskikh reaktsiyakh organizma cheloveka na eksperimental'noe obshchee okhlazhdenie [Significance of the hypothermia level for neurophysiological reactions of human

организма человека на экспериментальное общее охлаждение // *Авиакосмическая и экологическая медицина*. 2020. Т. 54, № 5. С. 57–64. DOI: 10.21687/0233-528X-2020-54-5-57-64.

3. Дёмин Д.Б., Кривоногова Е.В., Кривоногова О.В. [и др.]. Исследование динамики уровня слюнного кортизола при оценке сердечно-сосудистых реакций на общее холодное воздействие // *Журн. мед.-биол. исследований*. 2020. Т. 8, № 2. С. 121–131. DOI: 10.37482/2542-1298-Z002

4. Дёмин Д.Б., Поскотникова Л.В. Зависимость изменений ЭЭГ от уровня гипоксии и индивидуальных особенностей вегетативной регуляции кардиоритма у человека // *Рос. физиол. журн. им. И.М. Сеченова*. 2018. Т. 104, № 3. С. 356–367.

5. Charkoudian N., Joyner M.J., Sokolnicki L.A. [et al.]. Vascular adrenergic responsiveness is inversely related to tonic activity of sympathetic vasoconstrictor nerves in humans. *J. Physiol.* 2006; 572:821–827. DOI: 10.1113/jphysiol.2005.104075

6. Cuspidi C., Ochoa J.E., Parati G. Seasonal variations in blood pressure: a complex phenomenon. *J. Hypertens.* 2012; 30:1315–1320. DOI: 10.1097/HJH.0b013e328355d7f9

7. Hintsala H.E., Kiviniemi A.M., Tulppo M.P. [et al.]. Hypertension Does Not Alter the Increase in Cardiac Baroreflex Sensitivity Caused by Moderate Cold Exposure. *Frontiers in Physiology*. 2016; 7:204. DOI: 10.3389/fphys.2016.00204

8. Ikäheimo T.M., Lehtinen T., Antikainen R. [et al.]. Cold-related cardiorespiratory symptoms among subjects with and without hypertension: the National FINRISK Study 2002. *Eur. J. Public Health*. 2013; 24:237–243. DOI: 10.1093/eurpub/ckt078

9. Kellogg D.L.Jr. In vivo mechanisms of cutaneous vasodilation and vasoconstriction in humans during thermoregulatory challenges. *J. Appl. Physiol.* 2006; 100(1985):1709–1718. DOI: 10.1152/japplphysiol.01071.2005

10. Kiviniemi A.M., Tulppo M.P., Hautala A.J. [et al.]. Prognostic significance of impaired baroreflex sensitivity assessed from Phase IV of the Valsalva maneuver in a population-based sample of middle-aged subjects. *Am. J. Cardiol.* 2014; 114:571–576. DOI: 10.1016/j.amjcard.2014.05.032

11. La Rovere M.T., Pinna G.D., Raczak G. Baroreflex sensitivity: measurement and clinical implications. *Ann. Noninvasive Electrocardiol.* 2008; 13:191–207. DOI: 10.1111/j.1542-474X.2008.00219.x

12. Mäkinen T.M., Mäntysaari M., Pääkkönen T. [et al.]. Autonomic nervous function during whole-body cold exposure before and after cold acclimation. *Aviat. Space Environ. Med.* 2008; 79:875–882. DOI: 10.3357/ASEM.2235.2008

13. Mourou L., Bouhaddi M., Gandelin E. [et al.]. Conditions of autonomic reciprocal interplay versus autonomic co-activation: effects on non-linear heart rate dynamics. *Auton. Neurosci.* 2007; 137:27–36. DOI: 10.1016/j.autneu.2007.06.284

14. Palatini P., Julius S. The role of cardiac autonomic function in hypertension and cardiovascular disease. *Curr. Hypertens. Rep.* 2009; 11:199–205. DOI: 10.1007/s11906-009-0035-4

15. Parati G., Ochoa J.E., Lombardi C. [et al.]. Assessment and management of blood-pressure variability. *Nat. Rev. Cardiol.* 2013; 10:143–155. DOI: 10.1038/nrcardio.2013.1

16. Shattock M.J., Tipton M.J. 'Autonomic conflict': a different way to die during cold water immersion? *J. Physiol. (Lond)*. 2012; 590:3219–3230. DOI: 10.1113/jphysiol.2012.229864

17. Stemper B., Hilz M.J., Rauhut U. [et al.]. Evaluation of cold face test bradycardia by means of spectral analysis. *Clin. Auton. Res.* 2002; 12:78–83. DOI: 10.1007/s102860200024

18. Tulppo M.P., Kiviniemi A.M., Hautala A.J. [et al.]. Physiological background of the loss of fractal heart rate dynamics. *Circulation*. 2005; 112:314–319. DOI: 10.1161/circulationaha.104.523712

19. Yamazaki F., Sone R. Thermal stress modulates arterial pressure variability and arterial baroreflex response of heart rate during head-up tilt in humans. *Eur. J. Appl. Physiol.* 2001; 84:350–357. DOI: 10.1007/s004210100387

organism to experimental whole-body cooling]. *Aviakosmicheskaya i ekologicheskaya meditsina*. 2020; 54(5):57–64. DOI: 10.21687/0233-528X-2020-54-5-57-64. (In Russ.)

3. Demin D.B., Krivonogova E.V., Krivonogova O.V. [et al.]. Issledovanie dinamiki urovnya salivarnogo kortizola pri otsenke serdechno-sosudistykh reaktsii na obshchee kholodovoe vozdeistvie [Changes in salivary cortisol level at cardiovascular response to whole-body cold exposure]. *Zhurnal mediko-biologicheskikh issledovaniy* [Journal of Medical and Biological Research]. 2020; 8(2):121–131. DOI: 10.37482/2542-1298-Z002. (In Russ.)

4. Demin D.B., Poskotinova L.V. Zavisimost' izmenenii EEG ot urovnya gipokapnii i individual'nykh osobennostei vegetativnoi regulyatsii kardioritma u cheloveka [Dependence of EEG changes on the hypocapnia level and individual features of autonomic regulation of cardiac rhythm in humans] *Rossiiskii fiziologicheskii zhurnal im. I.M. Sechenova* [Russian journal of physiology]. 2018; 104(3):356–367. (In Russ.)

Поступила 28.03.2022

Автор декларирует отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией статьи. Работа выполнена в рамках темы фундаментальных научно-исследовательских разработок Федерального исследовательского центра комплексного изучения Арктики им. акад. Н.П. Лаверова Уральского отделения Российской академии наук № 122011300469-7. Сбор и дальнейшее использование первичного материала в рамках данной работы

проводили совместно с сотрудниками лаборатории биоритмологии Федерального исследовательского центра комплексного изучения Арктики им. акад. Н.П. Лаверова Уральского отделения Российской академии наук Л.В. Поскотиновой, Е.В. Кривоноговой и О.В. Кривоноговой.

Для цитирования. Дёмин Д.Б. Сердечно-сосудистые реакции на общее холодовое воздействие у людей с различным вегетативным тонусом // Медико-биологические и социально-психологические проблемы безопасности в чрезвычайных ситуациях. 2022. № 2. С. 93–99. DOI: 10.25016/2541-7487-2022-0-2-93-99.

Cardiovascular response to whole-body cold exposure in humans with different initial autonomic tone

Demin D.B.

N. Laverov Federal Center for Integrated Arctic Research of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences
(249, Lomonosov Ave., Arkhangelsk, 163000, Russia)

Denis Borisovich Demin – Dr. Med. Sci., Senior staff scientist of Biorhythmology Laboratory, N. Laverov Federal Center for Integrated Arctic Research of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences (249, Lomonosov Ave., Arkhangelsk, 163000, Russia), e-mail: denisdemin@mail.ru

Abstract

Relevance. Cold exposure increases sympathetic activity and blood pressure. It can also promote intensification of hypertension symptoms and its progress in winter. However, the mechanisms of this phenomenon are poorly understood.

Intention: To determine the dynamics of cardiovascular parameters in young people with different initial autonomic regulation of heart rate during experimental general cold exposure.

Methodology. 30 healthy male volunteers aged 18–20 years were examined. In accordance with the initial type of autonomic regulation of the heart rate, all subjects were divided into 3 groups as follows: predominance of vagotonia (Group I, n = 9), optimal autonomic regulation – normotonia (Group II, n = 14), predominance of sympathicotonia (Group III, n = 7). The experiment included three stages: rest at a temperature (+20 °C); exposure to cold (–20 °C) for 10 minutes; warming the body (+20 °C). The heart rate variability (HRV) was recorded during each stage of the study using a portable complex “Varicard 2.8” (Russia). At the same time, blood pressure and temperature in the ear canal were recorded.

Results and Discussion. Moderate short-term general air cooling causes generally the same type of temporary reactions of central hemodynamics (increase in blood pressure) and indicators of the total HRV power with an increase in parasympathetic activity. Baseline and dynamic values of heart rate and stress index in Group III were significantly higher than in Groups I and II. During body cooling, the stress index in individuals from Group III was 4 times lower, and in individuals from Group I was 1.5 times lower than before cooling. In Group I, baroreflex was less pronounced (slightly decreased heart rate and HRV) along with a significant increase in blood pressure, thus suggesting a high risk of cold-associated vessel injuries. In Groups II and III, a baroreflex was maintained (significant decrease in heart rate and SI) in response to an increase in blood pressure.

Conclusion. Apparently, an increase in blood pressure during moderate exposure to cold does not disturb the protective mechanisms of the cardiovascular system in healthy residents of the North with normotonia and predominance of sympathicotonia. At the same time, a weak baroreflex in Northerners with vagotonia can be considered at risk for developing cold arterial hypertension.

Keywords: hypothermia, whole-body cold air exposure, adjustment, heart rate variability, blood pressure.

Received 28.03.2022

For citing: Demin D.B. Serdechno-sosudistye reakcii na obshhee holodovoe vozdejstvie u ljudej s razlichnym vegetativnym tonusom. *Mediko-biologicheskie i sotsial'no-psikhologicheskie problemy bezopasnosti v chrezvychaynykh situatsiyakh*. 2022; (2):93–99. **(In Russ.)**

Demin D.B. Cardiovascular response to whole-body cold exposure in humans with different initial autonomic tone. *Medico-Biological and Socio-Psychological Problems of Safety in Emergency Situations*. 2022; (2):93–99. DOI 10.25016/2541-7487-2022-0-2-93-99

Ю.В. Юрова, В.А. Ильина, Е.В. Зиновьев, Р.В. Вашетко

ДИАГНОСТИЧЕСКИЙ АЛГОРИТМ ОПРЕДЕЛЕНИЯ РИСКА РАЗВИТИЯ ПАТОЛОГИЧЕСКИХ ВИДОВ РУБЦОВОЙ ТКАНИ У ПАЦИЕНТОВ С ОЖГОВОЙ ТРАВМОЙ

Санкт-Петербургский научно-исследовательский институт скорой помощи им. И.И. Джанелидзе
(Россия, Санкт-Петербург, ул. Будапештская, д. 3, лит. А)

Актуальность. Проблема развития патологической рубцовой ткани в комбустиологии остается актуальной на сегодняшний день. Необходимо определить патогенетически обоснованный подход к лечению ожоговой раны, снижающий вероятность развития патологической рубцовой ткани.

Цель – изучить гистологическую структуру тканей, из которых формируются кожные рубцы, разработать диагностический алгоритм прогнозирования развития патологических рубцов.

Методология. Для достижения поставленной цели у 56 пациентов с ожоговой травмой было проведено морфологическое изучение биоптатов тканей, взятых интраоперационно в центре и по периферии ожоговых ран перед выполнением свободной аутодермопластики. В зоне отбора определены показатели микроциркуляции методом лазерной доплеровской флоуметрии на этапе лечения ожоговых ран и в процессе формирования рубцовой ткани. Клиническое наблюдение за пациентами проводилось в течение 1 года. Изучена связь между гистологическим типом ткани, из которой формируется впоследствии рубец, показателями перфузии в ней перед выполнением свободной аутодермопластики и видом сформировавшейся рубцовой ткани в изучаемых областях в течение 1 года.

Результаты и их анализ. Выявлено, что патологическая рубцовая ткань развивается из грануляционной ткани и фиброзно-измененной дермы. Показана возможность прогнозирования формирования вида рубцовой ткани с помощью определения средних значений перфузии (М): выше 10 перфузионных единиц (ПЕ) – патологической рубцовой ткани, возникшей из грануляционной ткани; менее 4 ПЕ – высокий риск развития патологической рубцовой ткани из фиброзно-измененной дермы. При значении перфузии зоны ожоговых дефектов ($4 \leq M \leq 10$) ПЕ гистологически определяются дерма, элементы подкожно-жировой клетчатки, фиброзного слоя грануляционной ткани, и риск развития патологической рубцовой ткани минимален.

Заключение. С учетом выявленных закономерностей выполнено обоснование принципов прогнозирования формирования патологической рубцовой ткани на основании параметров перфузии в различных частях ожоговой раны и гистологических исследований на ранних этапах лечения. По результатам исследования разработан алгоритм диагностики различных видов рубцовой ткани.

Ключевые слова: глубокие ожоги, рубцы, прогнозирование вида рубцов, микроциркуляция, лазерная доплеровская флоуметрия, ожоговая рана, исход лечения ожогов, удаление грануляционной ткани, хирургическая пластика.

Введение

Развитие рубцов нередко приводит к инвалидизации пациентов, необходимости специализированного лечения, снижению качества жизни пострадавших и, как следствие, к психологическим проблемам. Важно знать, что любая рубцовая ткань является фоном для развития предопухолевых состояний и рака кожи [3, 4].

Изучением строения рубцовой ткани занимались ряд ученых, пытающихся установить

способы прогноза развития вида рубцовой ткани, позволяющие оптимизировать лечение в плане сокращения частоты ее развития в отдаленном периоде. А.Е. Гуллер и А.Б. Шехтер в своем исследовании описали возможность морфологически обоснованного выбора способа хирургической или консервативной стратегии лечения кожного рубца [2]. Авторами определены структурные и функциональные признаки, особенности происхождения и трансформации различных видов рубцовой

Юрова Юлия Васильевна – канд. мед. наук, науч. сотр., отд. термич. поражений, Санкт-Петерб. науч.-исслед. ин-т скорой помощи им. И.И. Джанелидзе (Россия, Санкт-Петербург, ул. Будапештская, д. 3, лит. А), e-mail: elf2479@mail.ru; Зиновьев Евгений Владимирович – д-р мед. наук проф., руков. отд. термических поражений, Санкт-Петерб. науч.-исслед. ин-т им. И.И. Джанелидзе (Россия, 192242, Санкт-Петербург, ул. Будапештская, д. 3, лит. А), e-mail: evz@list.ru; Ильина Виктория Анатольевна – руков. патологоанат. отд-ния, Санкт-Петерб. науч.-исслед. ин-т скорой помощи им. И.И. Джанелидзе (Россия, Санкт-Петербург, ул. Будапештская, д. 3, лит. А), ORCID: 0000-0002-7658-0297;

Вашетко Ростислав Вадимович – д-р мед. наук проф., гл науч. сотр., Санкт-Петерб. науч.-исслед. ин-т скорой помощи им. И.И. Джанелидзе (Россия, Санкт-Петербург, ул. Будапештская, д. 3, лит. А)