

## ВЗАИМОСВЯЗЬ МЕЖДУ ГЕМОДИНАМИЧЕСКИМИ РЕАКЦИЯМИ НА ХОЛОДОВОЙ СТРЕСС И ИЗМЕНЕНИЯМИ УРОВНЯ САЛИВАРНОГО КОРТИЗОЛА

© 2020 г. Д. Б. Дёмин\*

*Федеральный исследовательский центр комплексного изучения Арктики  
им. акад. Н.П. Лавёрова РАН, Архангельск, Россия*

*\*E-mail: denisdemin@mail.ru*

Поступила в редакцию 10.02.2020 г.

После доработки 06.04.2020 г.

Принята к публикации 30.05.2020 г.

С целью определения типов гемодинамических реакций на общее охлаждение организма и выявления степени выраженности холодового стресса от динамики изменения слюварного кортизола в эксперименте обследованы 30 здоровых мужчин-добровольцев в возрасте 18–20 лет. Эксперимент включал три десятиминутных этапа: пребывание в состоянии покоя при температуре 20°C, нахождение в условиях холодовой камеры при температуре –20°C, согревание при температуре 20°C. Во время каждого этапа регистрировали артериальное давление (АД), частоту сердечных сокращений (ЧСС), температуру в слуховом проходе, проводили отбор проб слюны для последующего определения уровней свободного кортизола. Испытуемые были разделены на две группы по динамике изменений слюварного кортизола во время охлаждения – с повышением ( $n = 22$ ) и снижением ( $n = 8$ ) уровня гормона. Показано, что за время охлаждения температура тела испытуемых значительно снижалась в среднем на 2.1–2.3°C и не достигала исходных значений к концу этапа согревания. В обеих группах лиц при охлаждении показано повышение АД и снижение ЧСС, при этом в группе с повышением содержания кортизола выявлены значимо более высокие уровни систолического АД и незначимое снижение ЧСС. При согревании гемодинамические показатели стремились к исходным показателям, а изменение уровня слюварного кортизола было сходным с таковым при охлаждении. Таким образом, нарастание уровня кортизола в слюне при кратковременном (10 мин) охлаждении организма человека связано с выраженной холодовой гипертензией, более низким барорефлекторным ответом и риском холодовых повреждений сосудов. Снижение уровня слюварного кортизола как отражение сокращения поступления свободного гормона в клетку при холодовом стрессе, в комплексе с умеренной холодовой артериальной гипертензией, может свидетельствовать об успешной адаптации организма к холоду с ограничением развития гипотермии.

*Ключевые слова:* кортизол, артериальное давление, воздушное охлаждение организма, гипотермия

DOI: 10.31857/S086981392008004X

Оценка динамики изменений концентрации кортизола при экстремальных воздействиях является важным показателем развития стресса. В крови определенная часть кортизола находится в связанном с белком плазмы (транскортином) состоянии и не обладает биологической активностью. С диагностической целью предпо-

читательнее определять концентрацию именно свободных, т.е. не связанных с плазменными белками гормонов [1]. Несмотря на многочисленные данные о прямой корреляции кортизола в крови и в слюне, имеется достаточно свидетельств о разнонаправленных изменениях уровня кортизола в слюне при различных нагрузках. Так, при психосоциальном стрессе уровень слюварного кортизола, как правило, нарастает, что соответствует концепции общего адаптационного синдрома [2]. Однако при физических нагрузках, особенно у спортсменов, уровень слюварного кортизола может не только не нарастать, но и снижаться [3]. Многие авторы расценивают факт снижения кортизола в слюне как недостаточность выраженности стрессорного воздействия, что зачастую противоречит как силе самого воздействия и субъективным ощущениям (чувство переутомления, утомляемость), так и показателям функциональной активности сердечно-сосудистой системы — яркая симпатическая реакция (повышение ударного объема сердца, артериального давления, изменение частоты сердечных сокращений) [4, 5]. Есть данные, что при пробе с охлаждением кистей рук в холодной воде наибольшая выраженность субъективного стресса коррелирует с менее выраженным подъемом артериального давления и с падением уровня кортизола в слюне [6]. В настоящее время стресс рассматривается не столько как явление с объективными физико-химическими параметрами стрессора, сколько с силой субъективного восприятия этого стрессора испытуемым. Так, при моделировании стрессовой ситуации в виртуальном пространстве уровень слюварного кортизола также повышался, как и при реально выполняемом тесте. В этом плане в большей степени уровень слюварного кортизола прямо коррелирует с социальным стрессом [7]. Выполнение же физической нагрузки зачастую связано с получением удовольствия или “мышечной радости”, что не может расцениваться как потенциально угрожаемое для личности состояние. Поэтому при физических нагрузках динамика изменений уровня кортизола может быть разной, по видимому, вследствие включения, в той или иной степени, стресс-лимитирующих систем (например, системы эндорфинов) [4]. В литературе отсутствуют данные о взаимосвязи между динамикой изменения концентрации кортизола, с одной стороны, и типами гемодинамических реакций и степенью снижения температуры тела при кратковременном общем охлаждении человека, с другой.

Цель работы состояла в изучении изменения уровня слюварного кортизола при холодовом воздействии как показателя степени выраженности стресса, а также в оценке того, какие физиологические реакции можно рассматривать как адаптивные, а какие — в качестве риска холодового повреждения сосудов.

## МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Проведено поперечное исследование, в котором приняли участие 30 здоровых мужчин в возрасте 18–20 лет, проживающих в г. Архангельске. Испытуемых выбирали на добровольной основе, от них было получено письменное информированное согласие на участие в эксперименте, одобренном Комиссией по биомедицинской этике ФИЦКИА РАН (протокол № 2 от 28.03.2018). Исследование проводили с соблюдением этических норм, изложенных в Хельсинкской декларации и директивах Европейского сообщества (8/609ЕС). Критерием исключения было наличие в анамнезе сердечно-сосудистых и эндокринных нарушений.

Эксперимент включал три этапа. На первом этапе (I) регистрировали фоновые гемодинамические показатели и температуру тела обследуемых — в покое, сидя, при температуре воздуха 20°C.

На втором этапе (II) добровольцы находились в течение 10 мин в положении сидя в условиях холодовой камеры “УШЗ-25Н” (Ксирон-Холод, Москва) при температу-

ре  $-20^{\circ}\text{C}$ . При этом все испытуемые были одеты в однотипные легкие хлопчатобумажные костюмы, без верхней одежды, головных уборов и перчаток.

Третий этап (III) проводился после выхода испытуемых из холодильной камеры, изучаемые показатели регистрировали в покое, сидя, при температуре воздуха  $20^{\circ}\text{C}$ .

Проводили регистрацию артериального давления (АД, мм рт. ст.) и частоты сердечных сокращений (ЧСС, уд/мин), трехкратно с последующим усреднением показателей, при помощи метрологически аттестованного автоматического измерителя АД (тонометра) A&D Medical UA-668 (Япония). В связи с техническими ограничениями рабочих температур используемого тонометра регистрация АД и ЧСС в условиях холодильной камеры (второй этап, II) не проводилась, показатели регистрировали в начале (сразу после выхода из камеры – начальная стадия третьего этапа, III-н) и в конце этапа согревания (10 мин после выхода из камеры – конечная стадия третьего этапа, III-к). Измерение центральной температуры испытуемых проводили в правом слуховом проходе при помощи медицинского электронного инфракрасного термометра V.Well WF-1000 (Швейцария) [8].

Дополнительно трехкратно: на первом этапе (фон), сразу после выхода из холодильной камеры (III-н) и через 10 мин после выхода из камеры (III-к) у испытуемых проводился сбор слюны объемом около 1.5 мл в подготовленные стерильные пробирки типа эппендорф. До отбора проб за 60 мин исключался прием пищи, напитков, использование жевательной резинки или чистка зубов. Образцы замораживали при температуре  $-20^{\circ}\text{C}$ , исследование уровня кортизола в слюне проводили при комнатной температуре. Слюну центрифугировали в течение 10 мин при 2000 g, использовали только чистый бесцветный супернатант. Методом иммуноферментного *in vitro* анализа (ИФА) на автоматическом планшетном анализаторе ELISYS Uno (Human GmbH, Германия) при помощи набора реагентов Salivary Cortisol EIA (ООО ХЕМА, Москва) в слюне определяли уровни свободного кортизола. Использовали диапазоны колебаний свободного кортизола 0.28–5.80 нг/мл в слюне человека через 3.5–4.5 ч после пробуждения для исследуемой возрастной группы, согласно инструкции производителя.

После первичного анализа динамики изменений уровня слюварного кортизола в ходе эксперимента мужчины были дополнительно разделены на две группы: с повышением (ПК – 8 человек,  $19.4 \pm 0.8$  лет) и снижением (СК – 22 человека,  $19.2 \pm 0.8$  лет) уровня гормона к окончанию третьего этапа.

Полученные результаты обрабатывали при помощи пакета прикладных программ Statistica v. 10.0 (StatSoft Inc., США), учитывали средние значения ( $M$ ) и стандартные отклонения ( $SD$ ). Для проверки статистической гипотезы разности значений использовали критерий Вилкоксона для двух зависимых выборок и критерий Манна–Уитни для двух независимых групп. Критическим уровнем значимости при проверке статистических гипотез принимали  $p < 0.05$ .

Сбор и дальнейшее использование первичного материала в рамках данной работы проводили совместно с сотрудниками лаборатории биоритмологии ФИЦКИА РАН д. б. н., доц. Л. В. Поскотиновой, к. б. н. Е. В. Кривоноговой и О. В. Кривоноговой.

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Учитывая, что использование слюны в качестве материала для исследования обладает большими преимуществами, так как ее сбор является неинвазивной и безболезненной процедурой, свободный слюварный кортизол может рассматриваться как идеальный показатель для оценки острого ответа на стресс. Исходные уровни слюварного кортизола в целом по выборке были в пределах нормативных значений. Исходя из способа формирования групп, динамика содержания гормона в хо-

**Таблица 1.** Изменение температуры тела, уровня саливарного кортизола и показателей гемодинамики у мужчин при экспериментальном общем охлаждении организма ( $M \pm SD$ )  
**Table 1.** Change in body temperature, salivary cortisol level and hemodynamic parameters in men with experimental general cooling of the body ( $M \pm SD$ )

Показатель Indices	Группа Group	I этап I stage	II этап II stage	III-к этап III-f stage	p-уровень p-level
Температура тела, °C Body temperature, °C	ПК IC	36.3 ± 0.2	34.2 ± 0.8	35.7 ± 0.5	I-II-IIIк < 0.001 I-II-IIIф < 0.001
	СК DC	36.3 ± 0.2	34.0 ± 1.1	35.7 ± 0.5	I-II-IIIк < 0.001 I-II-IIIф < 0.001
		I этап I stage	III-н этап III-s stage	III-к этап III-f stage	
Саливарный кортизол, нг/мл Salivary cortisol, ng / ml	ПК IC	1.26 ± 1.01	2.06 ± 1.19	2.13 ± 1.30	I-IIIн < 0.05 I-IIIк < 0.05 I-IIIс < 0.05 I-IIIф < 0.05
	СК DC	2.34 ± 1.57	1.61 ± 1.21	1.30 ± 0.90	I-IIIн-IIIк < 0.001 I-IIIс-IIIф < 0.001
Систолическое АД, мм рт. ст. Systolic blood pressure, mm Hg	ПК IC	129.4 ± 13.6	145.7 ± 13.5	128.4 ± 12.3	I-IIIн-IIIк < 0.01 IIIн ПК-СК < 0.05 I-IIIс-IIIф < 0.01 IIIс IC-DC < 0.05
	СК DC	123.7 ± 13.2	129.2 ± 10.0	121.5 ± 11.1	I-IIIн < 0.05 IIIн-IIIк < 0.01 I-IIIс < 0.05 IIIс-IIIф < 0.01
Диастолическое АД, мм рт. ст. Diastolic blood pressure, mm Hg	ПК IC	87.7 ± 11.9	98.7 ± 18.8	88.6 ± 10.5	I-IIIн-IIIк < 0.01 I-IIIс-IIIф < 0.01
	СК DC	81.3 ± 7.2	90.2 ± 9.5	83.3 ± 8.0	I-IIIн-IIIк < 0.001 I-IIIс-IIIф < 0.001
ЧСС, уд/мин Heart rate, bpm	ПК IC	68.1 ± 15.4	62.0 ± 11.9	63.7 ± 14.6	—
	СК DC	68.9 ± 10.3	63.0 ± 8.7	67.9 ± 10.2	I-IIIн-IIIк < 0.01 I-IIIс-IIIф < 0.01

ПК и СК – группы с повышением и снижением уровня саливарного кортизола в ходе эксперимента. I этап – фон, II этап – охлаждение, III-н и III-к этапы – начало и конец этапа согревания.  
 IC and DC – groups with an increase and a decrease in the salivary cortisol level. I stage – rest, II stage – cooling, III-s and III-f stages – start and finish warming stage.

де эксперимента была различной. В группе ПК выявлено значимое повышение уровня саливарного кортизола, в наибольшей степени к окончанию исследования ( $p < 0.05$ ). В группе СК отмечено значимое снижение содержания гормона ( $p < 0.001$ ). Значимого отличия между группами на различных этапах исследования выявлено не было (табл. 1).

Центральная температура испытуемых имела сходную динамику в обеих группах со значимым снижением к окончанию холодого воздействия (конец II этапа) ( $p < 0.01-0.001$ ) и значимым повышением при согревании (III-к) ( $p < 0.01-0.001$ ), однако и через 10 мин после окончания холодого воздействия температура не достигала исходного уровня.

Показатели центральной гемодинамики со сходными тенденциями изменялись в обеих группах лиц. Сразу после выхода из холодной камеры (III-н) систолическое АД отчетливо возрастало у всех обследованных лиц относительно фоновых значений ( $p < 0.05-0.01$ ), а на этапе согревания (III-к) значимо снижалось ( $p < 0.01$ ), при этом в группе ПК на этапе III-н данный показатель был значимо вы-

ше, чем в группе СК ( $p < 0.05$ ). Динамика диастолического АД в группах была сходной с таковой для систолического давления ( $p < 0.01-0.001$ ). Динамика ЧСС в обеих группах лиц была зеркальной динамике АД и выражалась в снижении значений этого показателя сразу после выхода из холодной камеры (III-н) и постепенном его повышении на этапе согревания (III-к), при этом статистически значимые изменения отмечали лишь в группе СК ( $p < 0.01$ ).

### ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

По степени снижения центральной температуры тела ( $34.0-34.2^{\circ}\text{C}$ ) гипотермию, экспериментально созданную у испытуемых, можно отнести к мягкой, а по длительности воздействия — к кратковременной [8]. Подразумевая, что снижение температуры в ушном проходе отражает степень холодной вазоконстрикции сосудов оболочки тела (максимально приближенной к центру), то снижение кортизола ассоциировано со степенью выраженности барорефлекса (значимое снижение ЧСС) в ответ на холодное повышение давления в магистральных сосудах. В то же время у лиц с повышением уровня саливарного (свободного) кортизола барорефлекс, как мы полагаем, не срабатывает в должной мере, что отражается в не столь значимом снижении ЧСС и более выраженном повышении систолического АД. Можно предположить, что сохранность барорефлекса в условиях гипотермии и снижения уровня свободного кортизола свидетельствует о более эффективном срабатывании адаптивных механизмов в условиях холода. При этом менее выраженная барорефлекторная реакция в комплексе с катаболическими эффектами нарастающего уровня кортизола приводит к более активному повышению АД и риску холодовых повреждений сосудов.

Учитывая вышеописанную динамику изменений показателей ЧСС и АД, перед нами встал вопрос о том, является ли контролируемое охлаждение организма человека стрессом в классическом его понимании? При столкновении со стрессором организм должен ответить на вызов. Обычно повышение уровня кортизола рассматривают как индикатор наличия стресса. Действительно, содержание кортизола при остром стрессе повышается в сыворотке крови и в слюне [2]. Однако при длительном воздействии стрессора возможно как повышение, так и снижение активности гипоталамо-гипофизарно-надпочечниковой системы (ГГН-системы), что проявляется в разнонаправленных изменениях содержания кортизола [9]. Согласно результатам мета-анализов, повышенная продукция кортизола чаще наблюдается при депрессивных состояниях [2, 10], тогда как посттравматические стрессовые расстройства, синдром хронического напряжения и общее психологическое истощение ассоциируются с тенденцией к снижению уровня кортизола [11]. Хотя активация ГГН-системы — неотъемлемая часть нормальной стресс-реакции, ее длительная или чрезмерная активация почти всегда имеет неблагоприятные последствия [2, 12].

При кратковременной умеренной гипотермии содержание кортизола в крови возрастает на 43.2% относительно контроля [13], при глубокой гипотермии это повышение составляет 54.4%, дальнейшее пролонгирование умеренной гипотермии приводит к снижению уровня кортизола и соответственно повышению уровня адренокортикотропного гормона (АКТГ) по сравнению с кратковременной умеренной гипотермией. Таким образом, при исследованных гипотермических состояниях существенное повышение уровня кортизола в крови происходит на фоне низкой концентрации АКТГ, что наводит на мысль об АКТГ-независимом ответе надпочечников. Потенциальные механизмы, вовлеченные в этот процесс, могут включать в себя повышение активности симпатической нервной системы, с активацией чревного нерва, или повышение уровня других стероидогенных факторов, в том

числе нейропептидов (вазоактивного интестинального пептида – VIP, кортикотропин-высвобождающего гормона – CRH) и простагландина E2 [14].

Помимо вышесказанного, выявленная динамика показателей ЧСС и АД позволяет предположить, что при снижении температуры внешней среды и, как следствие, при гипотермии, у испытуемых со снижением уровня слюварного (свободного) кортизола не происходит ожидаемой ответной стрессорной реакции (срабатывают стресс-лимитирующие системы). Это кажущееся несоответствие, вероятно, можно интерпретировать с учетом характера стрессора. Наше исследование проводилось в конце календарной зимы (февраль), т.е. при относительной физической адаптированности обследуемых к низким температурам. Кроме того, исследование не было для них внезапной ситуацией, требующей немедленного ответа симпатической нервной и ГГН-систем, все испытуемые были заранее психологически готовы к эксперименту, знали его дизайн и продолжительность.

Еще в 1960-е годы, когда Селье проводил исследования, ориентируясь на физические стрессоры (например, тепло, холод, боль), Mason [15] занимался изучением изменений уровня секреции кортизола в стрессогенных условиях (например, воздушный перелет или прыжки с парашютом) с учетом психологических параметров стресса. В результате были сформулированы три основные характеристики стрессора, детерминирующие реакцию стресса: он должен восприниматься индивидом как новый, и/или неожиданный, и/или неподвластный контролю со стороны индивида. Значительно позднее к этому перечню была добавлена еще одна характеристика – наличие угрозы социальной оценки [16]. Эти четыре параметра характеризуют субъективное восприятие ситуации, пребывание в которой запускает биохимические проявления стрессовой реакции [2, 17].

Таким образом, нарастание уровня кортизола в слюне при кратковременном (10 мин) охлаждении организма человека связано с выраженной холодовой гипертензией, более низким барорефлекторным ответом и риском холодовых повреждений сосудов. Снижение уровня слюварного кортизола как отражение сокращения поступления свободного гормона в клетку при холодовом стрессе в комплексе с умеренной холодовой артериальной гипертензией может свидетельствовать о варианте успешной адаптации организма к холоду с ограничением развития гипотермии. Экспериментальное кратковременное однократное воздушное общее охлаждение при таких разноплановых физиологических реакциях, по-видимому, не может являться прямой моделью кратковременного стресса. В то же время мы не исключаем того, что дальнейшее нахождение человека при подобном холодовом воздействии может привести к потере контроля над механизмами адаптации, истощению функции коры надпочечников, критичному снижению уровня кортизола и развитию патологических состояний.

#### ИСТОЧНИК ФИНАНСИРОВАНИЯ

Работа выполнена в рамках темы ФНИР ИФПА ФГБУН ФИЦКИА РАН № АААА-А19-119120990083-9.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Adam E.K., Kumari M. Assessing salivary cortisol in large-scale, epidemiological research. *Psychoneuroendocrinology*. 34(10): 1423–1436. 2009.
2. Козлов А.И., Козлова М.А. Кортизол как маркер стресса. *Физиология человека*. 40(2): 123–136. 2014. [Kozlov A.I., Kozlova M.A. Cortisol as a Marker of Stress. *Human Physiology*. 40(2): 123–136. 2014. (In Russ)].
3. Rutherford-Markwick K., Starck C., Dulson D.K. Salivary diagnostic markers in males and females during rest and exercise. *J. Int. Soc. Sports Nutr.* 14: Art. 27. 2017.

4. Kilian Y., Engel F., Wahl P., Achtzehn S., Sperlich B., Mester J. Markers of biological stress in response to a single session of high-intensity interval training and high-volume training in young athletes. *Eur. J. Appl. Physiol.* 116: 2177–2186. 2016.
5. Кубасов Р.В., Барачевский Ю.Е., Иванов А.М., Кубасова Е.Д. Симпатоадреналовая и гипофизарно-надпочечниковая активность у сотрудников МВД России при различных уровнях профессиональной напряженности. *Экология человека.* 6: 9–14. 2015. [Kubasov R.V., Barachevskiy Yu.E., Ivanov A.M., Kubasova E.D. Sympathoadrenal and Hypophysial-Adrenal Activity in Law Enforcement Staff Depending on Professional Load. *Human Ecology.* 6: 9–14. 2015. (In Russ)].
6. Tyler C.J., Reeve T., Cheung S.S. Cold-induced vasodilation during single digit immersion in 0°C and 8°C water in men and women. *PLoS One.* 10(4): e0122592. 2015.
7. Zimmer P., Buttlar B., Halbeisen G., Walther E., Domes G. Virtually stressed? A refined virtual reality adaptation of the Trier Social Stress Test (TSST) induces robust endocrine responses. *Psychoneuroendocrinology.* 101: 186–192. 2019.
8. Niven D.J., Gaudet J.E., Laupland K.B., Mrklas K.J., Roberts D.J., Stelfox H.T. Accuracy of peripheral thermometers for estimating temperature: a systematic review and meta-analysis. *Ann. Intern. Med.* 163(10): 768–777. 2015.
9. Raison C.L., Miller A.H. When not enough is too much: The role of insufficient glucocorticoid signaling in the pathophysiology of stress-related disorders. *Am. J. Psychol.* 160: 1554–1565. 2003.
10. Heim C., Ehlert U., Hellhammer D.H. The potential role of hypocortisolism in the pathophysiology of stress-related bodily disorders. *Psychoneuroendocrinology.* 25: 1–35. 2000.
11. Nicolson N., Van Diest R. Salivary cortisol patterns in vital exhaustion. *J. Psychosom. Res.* 49: 335–342. 2000.
12. Wolkowitz O.M., Epel E.S., Reus V.I. Stress hormone-related psychopathology: pathophysiological and treatment implications. *World J. Biol. Psych.* 2: 115–143. 2001.
13. Джабер Маяхи М.Т., Кличханов Н.К. Влияние даларгина на содержание гормонов гипофизарно-надпочечникового и гипофизарно-тиреоидного эндокринного комплексов в крови крыс при гипотермии. *Известия Самарского научн. центра РАН.* 14(5): 273–277. 2012. [Jaber Mayahi M.T., Klichkhanov N.K. Effect of dalargin on pituitary-adrenal and pituitary-thyroid endocrine complex hormones content in the blood of rats during hypothermia. *Izvestia of Samara Scient. Center of the Russian Academy of Sciences.* 14(5): 273–277. 2012. (In Russ)].
14. Davidson J.O., Fraser M., Naylor A.S., Roelfsema V., Gunn A.J., Bennet L. Effect of cerebral hypothermia on cortisol and adrenocorticotrophic hormone responses after umbilical cord occlusion in preterm fetal sheep. *Pediatr. Res.* 63: 51–55. 2008.
15. Mason J.W. A review of psychoendocrine research on the pituitary-adrenal cortical system. *Psychosom. Med.* 30: 576–607. 1968.
16. Dickerson S.S., Kemeny M.E. Acute stressors and cortisol reactivity: A meta-analytic review. *Psychosom. Med.* 54: 105–123. 2002.
17. Lupien S.J., Maheu F., Tu M. The effects of stress and stress hormones on human cognition: Implications for the field of brain and cognition. *Brain Cogn.* 65: 209–237. 2007.

## The Relationship Between Hemodynamic Reactions to Cold Stress and Changes of Salivary Cortisol Levels

D. B. Demin\*

*Federal Center for Integrated Arctic Research of the Russian Academy of Sciences,  
Arkhangelsk, Russia*

\*e-mail: denisdemin@mail.ru

An experimental study was conducted with the participation of 30 healthy male volunteers (18–20 years) in order to determine the types of hemodynamic reactions to the general cooling of the body and to determine the severity of cold stress from the dynamics of salivary cortisol levels. The experiment included three 10-minute stages: rest  $t = 20^{\circ}\text{C}$ ; being in a cold chamber  $t = -20^{\circ}\text{C}$ ; warming  $t = 20^{\circ}\text{C}$ . During each stage, blood pressure (BP), heart rate (HR), temperature in the ear canal were determined, and saliva samples were taken for subsequent determination of free cortisol levels. Volunteers were divided into two groups according to the dynamics of changes in salivary cortisol during cooling: with an increase ( $n = 22$ ) and a decrease ( $n = 8$ ) in the hormone's level. It was shown that during cooling the body temperature of the subjects significantly decreased

by an average of 2.1–2.3°C and did not reach the initial values by the end of the warming stage. In both groups of individuals, when cooling, an increase in BP and a decrease in HR occurred, while in the group with an increase in cortisol, significantly higher levels of systolic BP and a slight decrease in HR were detected. During warming, the hemodynamic indices tended to the initial levels, and the change in the salivary cortisol level was similar to that during cooling. Thus, an increase in the level of salivary cortisol during short-term (10 min) cooling of the human body is associated with severe cold arterial hypertension, a lower baroreflex response, and the risk of cold damage to blood vessels. A decrease in salivary cortisol as a reflection of a decrease in the release of free hormone into the cell during cold stress, in combination with moderate cold arterial hypertension, may indicate a successful adaptation of the body to cold with limited development of hypothermia.

*Keywords:* cortisol, blood pressure, whole-body cold air exposure, hypothermia

#### ЦИТИРОВАТЬ:

Дёмин Д.Б. Взаимосвязь между гемодинамическими реакциями на холодовой стресс и изменениями уровня слюварного кортизола. Рос. физиол. журн. им. И.М. Сеченова. 106(8): 994–1001.

DOI: 10.31857/S086981392008004X

#### TO CITE THIS ARTICLE:

Demin D.B. The Relationship Between Hemodynamic Reactions to Cold Stress and Changes of Salivary Cortisol Levels. Russian Journal of Physiology. 106(8): 994–1001.

DOI: 10.31857/S086981392008004X