

ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«СМОЛЕНСКАЯ ГОСУДАРСТВЕННАЯ МЕДИЦИНСКАЯ АКАДЕМИЯ» МИНИСТЕРСТВА  
ЗДРАВООХРАНЕНИЯ И СОЦИАЛЬНОГО РАЗВИТИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

# ВЕСТНИК СМОЛЕНСКОЙ ГОСУДАРСТВЕННОЙ МЕДИЦИНСКОЙ АКАДЕМИИ

3

1920-2011



СМОЛЕНСК 2011

**ВЕСТНИК  
СМОЛЕНСКОЙ ГОСУДАРСТВЕННОЙ  
МЕДИЦИНСКОЙ АКАДЕМИИ**  
2011, № 3

*Медико-биологический выпуск*

Учредитель  
Государственное бюджетное образовательное учреждение  
Высшего профессионального образования  
«Смоленская государственная медицинская академия»  
Министерства здравоохранения и социального развития Российской Федерации

Журнал зарегистрирован в Министерстве печати РФ  
Рег. св. № ЭЛ №77-6238 от 17.04.2002

**Главный редактор**  
И. В. Отвагин

**Редакционная коллегия:**  
В. Г. Плешков, О. А. Козырев, В.В. Бекезин, А.А. Пунин, Р. С. Богачев,  
А. Г. Грачева, А. В. Евсеев, А. Н. Иванян, С. А. Касумьян,  
А. В. Литвинов, В. А. Милягин, О. В. Молотков, Л. П. Нарезкина,  
В. А. Правдивцев, В. Н. Прилепская, А. С. Соловьев, Я. Б. Юдельсон

**Научный редактор**  
В.А. Правдивцев

**Редактор**  
Н.А. Мицюк

**Адрес редакции:**  
214019, Россия, Смоленск, ул. Крупской, 28,  
Смоленская государственная медицинская академия  
тел. (4812) 55-02-75, факс: (4812) 52-01-51,  
e-mail: vestniksgma@yandex.ru

**Подписано в печать**  
Формат 60Чх84/8. Гарнитура «Jornal»  
Тираж 150

Отпечатано:  
ООО «Иволга»,  
г. Смоленск, ул. П. Алексеева, д.11, корп.1

Исследовали эффект суховоздушной бани на кислородтранспортную функцию крови и образование NO у юношей в возрасте 18-22 лет. С интервалом в 5 минут выполняли два тепловых воздействия (5 и 10 минут) при температуре 85-90°C, относительной влажности 10-15%. Процедура суховоздушной бани у юношей приводит к изменению кислотно-основного состояния и кислородтранспортной функции венозной крови, проявляющемуся развитием респираторного алкалоза, увеличением pO<sub>2</sub>, уменьшением сродства гемоглобина к кислороду, что обеспечивает повышение отдачи кислорода тканям. Установлено увеличение продукции NO, что может иметь значение в формировании механизмов транспорта кислорода.

*Ключевые слова:* сауна, кислород, оксид азота.

#### NO AND BLOOD OXYGEN TRANSPORT MECHANISMS IN CONDUCT OF DRY-AIR BATH IN MALES

K.E. Okolokulak, D.D. Zhadzko, V.V. Zinchuk

Grodno State Medical University

Investigated effect of dry-air baths on the oxygen transport function of blood and the formation of NO in males aged 18-22 years. At intervals of 5 minutes to perform two thermal effects (5 and 10 minutes) at a temperature of 85-90 ° C, relative humidity of 10-15%. The procedure for dry-air baths in males leads to changes in acid-base status and oxygen transport function of the venous blood, which manifests development of respiratory alkalosis, increased pO<sub>2</sub>, decreasing the affinity of hemoglobin for oxygen, which enhances the impact of tissue oxygen. Increased NO production may be important in the formation mechanisms of oxygen transport.

*Keywords:* sauna, oxygen, nitric oxide.

NO синтезируется из L-аргинина при участии фермента NO-синтазы и выполняет ряд важнейших функций в организме: участвует в регуляции артериального давления, в бактерицидном и противоопуховом эффектах лейкоцитов, является связанным с эндотелием фактором, расслабляющим гладкие мышцы сосудов, выполняет роль сигнальной молекулы в различных нейрональных функциях, является медиатором воспаления при ревматических, аутоиммунных и вирусных заболеваниях, участвует в ноцицептивных процессах и опосредованной NMDA-рецепторами нейротоксичности, модулирует образование тканевой жидкости и отеков, играет роль в росте опухолей, участвует в пролиферации эндотелиальных и гладкомышечных клеток стенки сосудов и др. [6]. В настоящее время в литературе представлено значительное количество работ об эффекте сауны на различные системы и функции организма [7; 9; 10]. Однако состояние механизмов транспорта кислорода кровью и NO-продуцирующая активность организма в условиях сауны изучены недостаточно.

*Целью* нашего исследования явилась оценка образования NO в организме и состояние механизмов транспорта кислорода кровью при проведении суховоздушной бани.

*Материалы и методы.* Исследование одобрено комитетом по биомедицинской этике Гродненского государственного медицинского университета. Группу испытуемых (n=16) составили студенты мужского пола 18-22 лет. С интервалом в 5 минут выполняли два тепловых воздействия в сауне (5 и 10 минут) при температуре 85-90°C, относительной влажности 10-15%. До и после процедуры из локтевой вены забирали кровь (8 мл). Измерение температуры проводили в подмышечной зоне слева электротермометром МТ 1831 фирмы «Microlife». Напряжение кислорода (pO<sub>2</sub>), насыщение крови кислородом, содержание кислорода, гемоглобин, метгемоглобин, кислородную емкость крови, напряжение углекислого газа (pCO<sub>2</sub>) и pH в исследуемых пробах крови измеряли спектрофотометрически при температуре 37°C на газоанализаторе «Synthesis-15» фирмы «Instrumentation Laboratory». Сродство гемоглобина к кислороду оценивали по показателю p50 (pO<sub>2</sub>, соответствующее 50% насыщению гемоглобина кислородом), определяемому спектрофотометрически при температуре 37°C, pH=7,4 и pCO<sub>2</sub>=40 мм рт.ст. p50 при реальных значениях pH, pCO<sub>2</sub> и температуры рассчитывали по формулам [12]. Кислотно-основное состояние крови определяли по номограммам Siggaard-Andersen по показателям концентрации гидрокарбоната, общей углекислоты.

Уровень общих нитритов в плазме определяли спектрофотометрически при длине волны 540 нм с реактивом Грисса. Статистический анализ проводили с помощью программного обеспечения Statistica.

*Результаты и их обсуждение.* Установлено, что после процедуры температура тела испытуемых повышается на 2,55 °С ( $p < 0,001$ ), масса тела снижается на 0,89% ( $p < 0,002$ ). Кислотно-основное состояние крови характеризуется увеличением рН с 7,354 (7,342-7,379) ед. до 7,442 (7,424-7,453) ед. ( $p < 0,001$ ) из-за повышенного выделения углекислого газа в результате гипервентиляции легких в сауне [11]. Наблюдается уменьшение рСО<sub>2</sub> с 52,95 (49,50-57,75) мм рт. ст. до 38,80 (37,50-40,45) мм рт. ст. ( $p < 0,001$ ), снижение концентрации общего СО<sub>2</sub> с 32,05 (30,50-32,50) моль/л до 27,80 (26,85-28,40) моль/л ( $p < 0,001$ ), уровня гидрокарбоната – с 30,20 (28,90-31,00) моль/л до 26,70 (25,65-27,15) моль/л ( $p < 0,001$ ). Выявлено повышение содержания О<sub>2</sub> в венозной крови с 9,05 (8,35-12,10) % до 21,15 (19,40-23,70) % ( $p < 0,001$ ), увеличение рО<sub>2</sub> с 28,00 (24,50-32,00) мм рт. ст. до 65,00 (54,50-68,00) мм рт. ст. ( $p < 0,001$ ), концентрации гемоглобина – с 140,5 (134,0-151,5) г/л до 166,5 (154,0-185,0) г/л ( $p < 0,001$ ), метгемоглобина – с 0,9 (0,6-1,05) % до 1,1 (1,0-1,2) % ( $p < 0,001$ ), кислородной емкости крови с 19,25 (18,75-21,10)% до 22,60 (21,00-25,05) % ( $p < 0,001$ ), насыщения крови кислородом – с 47,10 (41,05-61,00) % до 94,50 (92,55-95,55) % ( $p < 0,001$ ). Величина р50, при стандартных и реальных значениях рН, рСО<sub>2</sub> и температуры, увеличивается на 5,8% ( $p < 0,001$ ) и 11,6% ( $p < 0,001$ ) соответственно, в сравнении с исходным значением, что отражает смещение кривой диссоциации оксигемоглобина вправо. Повышение концентрации общих нитритов в плазме (табл. I) после процедуры на 20,1% свидетельствует об увеличении образования оксида азота в организме в условиях суховоздушной бани.

Показано, что NO может выступать в роли фактора адаптации к гипоксии, реализуя свое действие через улучшение тканевой перфузии в результате вазодилатации [3]. Однако влияние NO на механизмы кислородного обеспечения организма этим не ограничивается. Взаимодействие дезоксигемоглобина с нитритами приводит к восстановлению последних с образованием NO, при этом гемоглобин окисляется до метгемоглобина [4]. Содержание кислорода и продукция оксида азота взаимосвязаны: обратимое ингибирование оксидом азота митохондриального дыхания через влияние на цитохромоксидазу может рассматриваться как важный механизм контроля клеточного дыхания на широком диапазоне действия физиологических и патофизиологических факторов [5]. Как видно, после процедуры происходит увеличение уровня кислорода и NO в крови, снижение сродства гемоглобина к О<sub>2</sub>. Кислородтранспортная функция крови во многом обусловлена степенью сродства гемоглобина к кислороду, в значительной степени определяющего процесс оксигенации гемоглобина в легких и его деоксигенацию на уровне тканевых капилляров [13]. Присутствие различных соединений гемоглобина с NO может изменять сродство гемоглобина к кислороду: переводить гемоглобин из R- в T-конформацию, повышать уровень эритроцитарного метгемоглобина, образовывать нитрозотиолы и дополнительные продукты окисления гемоглобина [2]. Из полученных результатов следует, что в условиях суховоздушной бани повышенная вентиляция легких и снижение кровотока во внутренних органах с высоким уровнем обменных процессов [8] обеспечивают рост концентрации и напряжения кислорода в венозной крови, а также увеличение потока О<sub>2</sub> в ткани, обусловленное снижением сродства гемоглобина к кислороду в результате повышения температуры тела. L-аргинин – NO-система определяет функциональные свойства гемоглобина путем модификации его сродства к кислороду через внутриэритроцитарные механизмы регуляции, кислородзависимый характер образования NO, регуляцию сосудистого тонуса и др. [1]. Таким образом, возросшее образование оксида азота после теплового воздействия отражает участие эндотелиальной изоформы NO-синтазы в модуляции кислородсвязывающих свойств крови.

*Заключение.* Полученные результаты свидетельствуют, что процедура суховоздушной бани у юношей приводит к изменению кислотно-основного состояния и кислородтранспортной функции венозной крови, проявляющемуся развитием респираторного алкалоза, увеличением рО<sub>2</sub>, уменьшением сродства гемоглобина к кислороду, что обеспечивает повышение отдачи кислорода тканям. Увеличение продукции NO может играть роль в формировании механизмов транспорта кислорода кровью.

## Литература

1. Зинчук В.В. Дисфункция эндотелия и кислородсвязывающие свойства гемоглобина // Кардиология. – 2009. – №7-8. – С. 81-89.
2. Зинчук В.В. Участие оксида азота в формировании кислородсвязывающих свойств гемоглобина // Успехи физиологических наук. – 2003. – Т. 34, №2. – С. 33-45.

3. Каминская Г.О. Оксид азота – его биологическая роль и участие в патологии органов дыхания // Проблемы туберкулеза и болезней легких. – 2004. – №6. – С. 3-11.
4. Киричук В.Ф., Андронов Е.В., Иванов А.Н., Мамонтова Н.В. Оксид азота и микроциркуляторное звено системы гемостаза // Успехи физиологических наук. – 2008 – Т. 39, №4 – С. 83-91.
5. Кургалюк Н.Н. Оксид азота как фактор адаптационной защиты при гипоксии // Успехи физиологических наук. – 2002. – Т. 33, №4. – С. 65-79.
6. Уразаев А.Х., Зефилов А.Л. Физиологическая роль оксида азота // Успехи физиологических наук. – 1999. – Т. 30, №1 – С. 54-72.
7. Blum N., Blum A. Beneficial effects of sauna bathing for heart failure patients // Exp. Clin. Cardiol. – 2007 – Vol. 12, №1. – P. 29-32.
8. Deussen A. Hyperthermia and hypothermia. Effects on the cardiovascular system // Anaesthesist. – 2007. – Vol. 56, №9. – P. 907-911.
9. Livingston R. Medical risks and benefits of the sweat lodge // J. Altern. Complement. Med. – 2010 – Vol. 16, №6. – P. 617-9.
10. Miyata M., Tei C. Waon therapy for cardiovascular disease: innovative therapy for the 21st century // Circ. J. – 2010. – Vol. 74, №4. – P. 617-21.
11. Pilch W., Szyguła Z., Klimek A.T., Pałka T., Cisoń T., Pilch P., Torii M. Changes in the lipid profile of blood serum in women taking sauna baths of various duration // Int. J. Occup. Med. Environ. Health. – 2010. – Vol. 23, №2. – P. 167-174.
12. Severinghaus J.W. Blood gas calculator // J. Appl. Physiol. – 1966. – Vol. 21, № 5. – P. 1108-1116.
13. Winslow R.M. The role of hemoglobin oxygen affinity in oxygen transport at high altitude // Respir. Physiol. Neurobiol. – 2007. – Vol. 158, №2-3. – P. 121-127.

УДК 612.112.94+616.155.32-001.16:599.323.4

#### ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕРМОУСТОЙЧИВОСТИ ЛИМФОЦИТОВ ЖИВОТНЫХ, АДАПТИРОВАННЫХ К ВЫСОКОЙ ТЕМПЕРАТУРЕ

*А.С. Соловьёв, Н.Е. Щербникова, Д.Ю. Гришанов*

*Смоленская государственная медицинская академия*

Изучена термоустойчивость лимфоцитов животных, адаптированных к дозированной тепловой нагрузке. Установлено, что адаптация животных к высокой температуре сопровождается развитием термотолерантности лимфоцитов, проявляющимся снижением эффективности действия на клетки гипертермии *in vitro*.

Ключевые слова: адаптация, лимфоциты, гипертермия, термоустойчивость, термотолерантность.

#### STUDY OF LYMPHOCYTES THERMORESISTANCE OF ANIMALS ADAPTED TO HIGH TEMPERATURE

*A.S. Solovyov, N.E. Shchebnikova, D.U. Grishanov*

*Smolensk State Medical Academy*

Lymphocytes thermoresistance of animals adapted to graduated heat bearing was investigated. It was determined that animals adaptation to high temperature was accompanied by the development of lymphocytes thermotolerance manifested in decreased cells response to hyperthermia *in vitro*.

Key words: adaptation, lymphocytes, thermoresistance, thermotolerance, hyperthermia.

Наряду с традиционным представлением о лимфоцитах как основных участниках иммунных реакций, обеспечивающих контроль за антигенным гомеостазом организма, все больше появляется работ, свидетельствующих о более широких функциональных возможностях лимфоидных клеток.