

**Józef Piłsudski University of Physical Education in Warsaw
Faculty of Physical Education in Biała Podlaska**



**CORRECTION AND COMPENSATION
OF PHYSICAL DEVELOPMENT DISORDERS
IN CHILDREN AND YOUTH**

**Biała Podlaska
2009**

**Józef Piłsudski University of Physical Education in Warsaw
Faculty of Physical Education in Biała Podlaska**

**CORRECTION AND COMPENSATION
OF PHYSICAL DEVELOPMENT DISORDERS
IN CHILDREN AND YOUTH**

edited by

**Krystyna Górniak
Małgorzata Lichota**

Biała Podlaska 2009

SCIENTIFIC REVIEWERS:

Prof. dr hab. Tadeusz Kasperczyk

Dr hab.prof.nadzw. Elżbieta Prętkiewicz-Abacjew

Dr hab. prof.nadzw. Elżbieta Rutkowska

Dr hab. prof. nadzw. Алексей Дмитриев

MONOGRAPHY

ISBN 978-83-61509-07-3

**Copyright by Józef Piłsudski University of Physical Education in Warsaw
Faculty of Physical Education in Biała Podlaska
Biała Podlaska 2009**

EDITORIAL CONTACT INFORMATION:

Zamiejscowy Wydział Wychowania Fizycznego w Białej Podlaskiej
ul. Akademicka 2; 21-500 Biała Podlaska, tel. (83) 342-87-87

Translation and proofreading:
Marzena Jankowska-Busza, Mariusz Busza

PRINTED AND BOUND:

Usługowy Zakład Poligraficzny „INTERGRAF” s.c.
21-560 Międzyrzec Podlaski, ul. Warszawska 33
tel. (83) 371 75 37

ЭФФЕКТ САУНЫ НА КИСЛОРОДТРАНСПОРТНУЮ ФУНКЦИЮ КРОВИ У ЮНОШЕЙ

Цель работы – изучить эффект сауны на кислородтранспортную функцию крови у юношей 18–22 лет. У испытуемых забирали кровь из локтевой вены на фоне восстановленного оттока до и после сауны (влажность 10–15%, температура 85–90°C). Первая экспозиция в сауне составила 5 минут, вторая – 10 минут. Определяли параметры кислотно-основного состояния и кислородтранспортной функции крови. Выявлено, что посещение сауны изменяет кислотно-основное состояние крови, развивается респираторный алкалоз, повышается парциальное напряжение кислорода и степень его насыщения кровью. Величина $p50$ (pO_2 , соответствующее 50% насыщению гемоглобина кислородом) при реальных значениях pH , pCO_2 и температуры возрастала на 12,1 % ($p < 0,001$) в сравнении с контролем, что отражает сдвиг кривой диссоциации оксигемоглобина вправо. Воздействие процедуры сауны приводит к изменениям показателей кислородтранспортной функции крови, направленное на улучшение процессов оксигенации тканей.

Ключевые слова: сауна, гемоглобин, кислород

ВВЕДЕНИЕ

Суховоздушная баня (сауна) как лечебная и профилактическая процедура широко используется. Показано, что эта процедура является эффективным средством для повышения физической и умственной работоспособности, активизации восстановительных процессов в организме и устойчивости к профессиональным и стрессовым нагрузкам, иммунологической резистентности организма, роста функциональных возможностей системы кровообращения [1; 2]. В то же время следует отметить, что баня вызывает большую нагрузку на организм человека, прежде всего, на сердечно-сосудистую, дыхательную и нервную системы [3]. В литературе имеются единичные сведения о влиянии сауны на кислотно-основное равновесие и газовый состав крови. Обнаружено постепенное повышение pO_2 с максимумом через 1 ч после проведения сауны, также рост насыщения гемоглобина кислородом, оцениваемого оксиметрическим исследованием, непосредственно после сауны [4].

Проведенные нами ранее исследования позволили оценить состояние механизмов транспорта кислорода кровью у животных при действии высокой температуры среды. Установлено, что при гипертермии уменьшается сродство гемоглобина к кислороду с учетом реальных значений температуры, pH и pCO_2 и соответственно смещается кривая диссоциации оксигемоглобина вправо [5]. Ее развитие сопровождается повышением содержания дигидроксиэритроцитов и малонового диальдегида, оснований Шиффа в плазме и эритроцитах [6]. В условиях воздействия высокой внешней температуры, приводящей к гипертермии, степень сдвига кривой диссоциации оксигемоглобина вправо прямо пропорционально коррелирует с повышением

активности процессов перекисного окисления липидов. Установлена тесная функциональная взаимосвязь между сродством гемоглобина к кислороду и активностью процессов свободнорадикального окисления липидов в тканях, выявлено, что направленность и степень изменений процессов перекисного окисления липидов, активности антиоксидантной системы при этих состояниях зависит от кислородсвязующих свойств крови [6]. Однако состояние механизмов транспорта кислорода кровью при применении суховоздушной бани остается недостаточно изученным. В связи с вышесказанным целью работы было оценить эффект сауны на кислород-транспортную функцию крови у юношей.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Группу испытуемых ($n=16$) составили юноши в возрасте 18–22 года, относящиеся по состоянию здоровья и физического развития к основной медицинской группе. Исследование проводилось в сауне (влажность 10–15%, температура 85–90°C). Первая экспозиция в сауне составила 5 минут, вторая – 10 минут. Между первой и второй экспозицией испытуемые 5 минут находились в условиях комнатной температуры (20 – 21 °C). До сауны и после, в состоянии покоя, из локтевой вены на фоне восстановленного оттока забирали кровь в предварительно охлажденный и промытый гепарином шприц в количестве 10 мл (без наложения жгута). Измерение температуры проводилось в подмышечной зоне слева с помощью электротермометра МТ 1831 фирмы «Microlife».

Все выполненные на испытуемых манипуляции осуществляли с их согласия и с разрешения этической комиссии Гродненского государственного медицинского университета.

pO_2 , насыщение крови кислородом (SO_2), содержание кислорода ($C_V O_2$), парциальное напряжение углекислого газа (pCO_2), кислородную емкость крови (КЕ), метгемоглобин (MetHb), и pH в исследуемых пробах крови определялись при температуре 37 °C с помощью газоанализатора “Synthesis-15” фирмы “Instrumentation Laboratory”. Кислотно-основное состояние крови определялось по номограммам Siggaard-Andersen по следующим показателям: реальный и стандартный избыток буферных оснований (ABE/SBE), концентрация гидрокарбоната (HCO_3^-), общей углекислоты (TCO_2), стандартного бикарбоната (SBC). Сродство гемоглобина к кислороду оценивалось по показателю $p50$ (pO_2 , соответствующее 50% насыщению гемоглобина кислородом), определяемого спектрофотометрически при температуре 37 °C, $pH=7.4$ и $pCO_2=40$ мм рт. ст. ($p50_{станд}$). Затем рассчитывалось $p50$ при реальных значениях pH, pCO_2 и температуры ($p50_{реал}$) по формулам Severinghaus J.W. [7]. Положение кривой диссоциации оксигемоглобина рассчитывали по полученным значениям $p50$, используя уравнение Хилла.

Полученные результаты обрабатывались с помощью программного обеспечения «Statistica». Для определения достоверности различий в показателях кислород-транспортной функции крови у юношей до и после сауны использовался критерий парных сравнений Вилкоксона. Средние выборочные значения количественных признаков приведены в виде $M \pm m$, где M – среднее значение, m – ошибка среднего значения.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Средняя температура тела испытуемых до посещения сауны составила $36,4 \pm 0,17^\circ\text{C}$, после – $39,0 \pm 0,13^\circ\text{C}$. Потеря массы после двух экспозиций составила $1,5 \pm 0,24$ кг.

Сравнительные данные изменения показателей кислотно-основного состояния крови у юношей до и после сауны приведены в таблице I. Как видно, pH увеличился на 0,08 единиц ($p < 0,001$), показатель $p\text{CO}_2$ снизился на 26,9% ($p < 0,001$). Отмечено снижение концентрации общей углекислоты на 12,7% ($p < 0,001$), концентрации гидрокарбоната – на 11,9% ($p < 0,001$). Наблюдалось снижение значений реального и стандартного избытков буферных оснований на 27,9% ($p < 0,004$) и 50,1% ($p < 0,001$), соответственно.

Таблица I. Эффект сауны на показатели кислотно-основного состояния крови у юношей ($M \pm m$)

Показатель	Исходное значение	После сауны
Количество испытуемых	16	16
$p\text{CO}_2$, мм рт.ст.	$53,2 \pm 1,33$	$38,9 \pm 0,53^{**}$
pH, ед.	$7,36 \pm 0,01$	$7,44 \pm 0,005^{**}$
ABE, моль/л	$4,12 \pm 0,34$	$2,97 \pm 0,28^*$
HCO_3^- , моль/л	$30,25 \pm 0,40$	$26,65 \pm 0,30^{**}$
TCO_2 , моль/л	$31,88 \pm 0,42$	$27,83 \pm 0,32^{**}$
SBE, моль/л	$4,59 \pm 0,41$	$2,29 \pm 0,33^{**}$
SBC, моль/л	$26,86 \pm 0,28$	$26,93 \pm 0,22$

Примечание: обозначены достоверные изменения (* - ($p < 0,05$), ** - ($p < 0,001$))

Таблица II. Эффект сауны на показатели кислородсвязывающих свойств крови у юношей ($M \pm m$)

Показатель	Исходное значение	После сауны
Количество испытуемых	16	16
$p\text{O}_2$, мм рт.ст.	$29,4 \pm 1,90$	$61,0 \pm 2,96^{**}$
CvO_2 , %	$10,02 \pm 0,78$	$20,99 \pm 0,78^{**}$
KE, %	$19,39 \pm 0,52$	$23,01 \pm 0,59^{**}$
SO_2 , %	$51,99 \pm 3,75$	$91,61 \pm 1,94^{**}$
Hb, г/л	$140,19 \pm 3,83$	$169,25 \pm 4,50^{**}$
MetHb, %	$0,88 \pm 0,07$	$1,12 \pm 0,03^*$
$p50_{\text{реал}}$, мм рт.ст.	$26,75 \pm 0,3$	$30,04 \pm 0,3^*$
$p50_{\text{станд}}$, мм рт.ст.	$26,83 \pm 0,3$	$28,29 \pm 0,2^{**}$
T, $^\circ\text{C}$	$36,36 \pm 0,17$	$39,03 \pm 0,13^{**}$

Примечание: обозначены достоверные изменения (* - ($p < 0,05$), ** - ($p < 0,001$))

Показатели кислородсвязывающих свойств крови (таблица II) свидетельствуют об увеличении содержания кислорода в венозной крови после гипертермического воздействия сауны на 109,5% ($p < 0,001$). $p\text{O}_2$ увеличилось на 31,6 мм рт. ст. ($p < 0,001$). Наблюдается увеличение концентрации гемоглобина на 29,1 единицы ($p < 0,001$)

вследствие развития дегидратации. Отмечается повышение кислородной емкости крови на 18,7% ($p < 0,001$). Насыщение крови кислородом возросло на 76,2% ($p < 0,001$), уровень метгемоглобина повысился на 27,3% ($p < 0,05$). После сауны величина $p50$, при стандартных и реальных значениях pH , pCO_2 и температуры, возросла на 5,4% ($p < 0,001$) и 12,3% ($p < 0,001$) в сравнении с исходным значением, что отражает сдвиг кривой диссоциации оксигемоглобина вправо (рис.1) и более сложный механизм изменения кислородсвязывающих свойств крови, обусловленный, судя по изменению и $p50_{\text{станд}}$, изменением не только pH , pCO_2 , температуры, но и другими факторами.

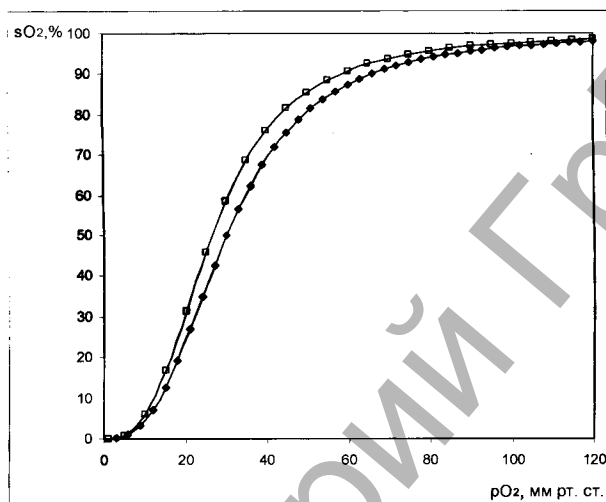


Рис. 1. Кривые диссоциации оксигемоглобина при реальных значениях pH , pCO_2 и температуры до (\square) и после (\blacklozenge) проведения процедуры сауны.

ОБСУЖДЕНИЕ

Как видим, характер изменения кислотно-основного состояния крови отражает развитие респираторного алкалоза, что объясняется, очевидно, гипервентиляцией легких, возникшей в ответ на повышение температуры тела после проведения процедуры сауны. Следует также отметить более высокие значения в опыте степени насыщения крови кислородом и pO_2 крови в сравнении с исходными.

В организме средство гемоглобина к кислороду в значительной степени определяет диффузию кислорода из альвеолярного воздуха в кровь, а затем на уровне капилляров в ткань [8]. Увеличение $p50$ на 1 мм рт.ст. повышает артериовенозную разницу pO_2 на 3,2 мм рт.ст., что увеличивает оксигенацию тканей, а сердечный выброс при этой неизменной доставке O_2 , снижается на 5,8% на единицу изменения $p50$ [9]. После 80% замены объема циркулирующей крови искусственным кровезаменителем, основанным на полимеризованном гемоглобине с более высоким значением $p50$ (54,2 мм рт. ст.) наблюдается увеличение pO_2 и потребление O_2 в тканях у хомяков [10]. Оценка кислородного снабжения скелетной мышцы на модели Крога показывает, что при увеличении $p50$ с 26 до 39 мм рт.ст. потребление O_2 возрастает на 7% [11].

Оксигенация гемоглобина является экзотермической реакцией, соответственно диссоциация оксигемоглобина протекает с поглощением тепла. При повышении температуры крови происходит снижение сродства гемоглобина к кислороду. Такой характер влияния температуры на взаимодействие гемоглобина с кислородом характерен для большинства различных типов гемоглобинов. Samaja M. et al. [9] подчеркивает необходимость учета температуры тела при оценке сродства гемоглобина к кислороду (в большинстве случаев его определяют при стандартном значении температуры 37°C), а также на наличие температурного градиента в теле организма, что может обуславливать колебания величины p_{50} от 36,5 до 8,7 мм рт.ст. при перепадах температурах 42 и 15°C, соответственно.

Уменьшение сродства гемоглобина к кислороду является важным фактором компенсации кислородной недостаточности при различных патологических состояниях, а также обеспечивает процессы адаптации к гипоксии [12]. По-видимому, увеличение p_{50} выше физиологических значений благоприятствует оптимальному транспорту кислорода к тканям в условиях нормоксии или умеренной гипоксии, что имеет место при проведении процедуры сауны. В условиях целостного организма направленность сдвига кривой диссоциации оксигемоглобина находится в тесной взаимосвязи с другими компонентами системы транспорта кислорода [13]. Недостаточность их компенсаторных реакций ведет к возникновению гипоксии. На уровне целостного организма сдвиг кривой диссоциации оксигемоглобина после сауны необходимо рассматривать как проявление функционирования одного из звеньев системы транспорта кислорода и оценивать его во взаимосвязи с другими системами организма (терморегуляция, кровообращение и т.д.). Как следует из наших исследований, при повышении температуры тела после проведения процедуры сауны имеет место перераспределение кровотока в сторону роста периферической составляющей и сокращение «ядра», что требует увеличения нагрузки на гемический компонент системы транспорта кислорода для обеспечения адекватной оксигенации тканей и приводит к снижению сродства гемоглобина к кислороду.

ВЫВОДЫ

1. Процедура сауны у юношей приводит к изменению кислотно-основного состояния крови, проявляющегося развитием респираторного алкалоза.

2. Эффект сауны проявляется в изменении кислородтранспортной функции крови (увеличение pO_2 , концентрации кислорода в венозной крови, уменьшение сродства гемоглобина к кислороду), направленном на улучшение процессов транспорта кислорода в ткани.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Hannuksela M.L., Ellahham S. Benefits and risks of sauna bathing. *Am. J. Med.* 2001; Vol. 110; 2: 118-126.
2. Keast M.L., Adamo K.B. The Finnish sauna bath and its use in patients with cardiovascular disease. *J. Cardiopulm. Rehabil.* 2000; Vol. 20; 4: 225-230.
3. Золотухина Е.И., Улащик В.С. Современные методы термотерапии и их использование в клинической медицине. *Здравоохранение.* 2008; 10: 30-38.

4. Боголюбов В.М., Матей М. Сауна. Использование сауны в лечебных и профилактических целях. М.: Медицина, 1985.
5. Zinchuk V., Borisiuk V. *The effect of NO synthase inhibition on blood oxygen-carrying function during hyperthermia in rats. Respiration Physiology. 1998; Vol.113; 1: 39-45.*
6. Zinchuk V. *Correlation between hemoglobin oxygen affinity and activities of lipid peroxidation during hyperthermia. Annales Academiae Medicae Bialostocensis. 1995; Vol. 40; 2: 290-295.*
7. Severinghaus J.W. *Blood gas calculator. J. Appl. Physiol. 1966; Vol. 21: 1108-1116.*
8. Zinchuk V.V., Pronko T.P., Lis M.A. *Blood oxygen transport and endothelial dysfunction in patients with arterial hypertension. Clinical Physiology & Nuclear Medicine.; 2004; Vol. 24: 205-211.*
9. Samaja M., Crespi T., Guazzi M., Vandegri K.D. *Oxygen transport in blood at high altitude: role of the hemoglobin-oxygen affinity and impact of the phenomena related to hemoglobin allosterism and red cell function. Eur. J. Appl. Physiol. 2003; 90: 351-359.*
10. Cabrales P., Tsai A.G., Intaglietta M. *Increased tissue P_{O_2} and decreased O_2 delivery and consumption after 80% exchange transfusion with polymerized hemoglobin. Am. J. Physiol. Heart. Circ. Physiol. 2004; Vol. 287: 2825-2833.*
11. McGuire B.J., Secomb T.W. *Theoretical predictions of maximal oxygen consumption in hypoxia: effects of transport limitations. Respir. Physiol. Neurobiol. 2004; Vol. 143; 1: 87-97.*
12. Зинчук В.В. *Участие оксида азота в формировании кислородсвязывающих свойств гемоглобина. Успехи физиологических наук. 2003; Т.34; 2: 33-45.*
13. Hlutkin S.V., Zinchuk V.V. *Effect of melatonin on the blood oxygen transport during hypothermia and rewarming in rats. Adv Med Sci. 2008; Vol. 57; 2: 234-239.*

SAUNA BATHING EFFECT ON BLOOD OXYGEN TRANSPORT FUNCTION IN YOUTHS

Viktor Zinchuk, Dmitry Zhadzko
Grodno State Medical University

The purpose of the study is to evaluate sauna bathing effect on blood oxygen transport in youths 18-22 years old. Subjects' blood samples were collected from cubital vein after blood outflow reversion (temperature 85-90°C, humidity 10-15%). First sauna exposure was 5 minutes while second exposure was 10 minutes. Blood acid-base balance and blood oxygen transport values were measured. Sauna bathing has been found to alter blood acid-base balance, produce respiratory alkalosis and increase pO_2 and blood oxygen saturation. P_{50} value (pO_2 corresponding to 50% hemoglobin oxygen saturation) in real pH values, pCO_2 and body temperature were increased to 12.1% ($p < 0.001$) in comparison with baseline values reflecting oxygen-dissociation curve shift to the right. Sauna bathing change blood oxygen transport values aimed at oxygen transport into tissues ameliorating.

Keywords: sauna, hemoglobin, oxygen