



Н.В. Ходарев, Н.Л. Жемчужнова, Е.В. Олемпиева, Н.В. Кузьменко

ВЛИЯНИЕ ИНФРАКРАСНОЙ САУНЫ НА КИСЛОРОДТРАСПОРТНУЮ ФУНКЦИЮ КРОВИ У ЛИЦ ОПАСНЫХ ПРОФЕССИЙ

*Медико-санитарная часть УФСБ России по Ростовской области
Россия, 344082, Ростов-на-Дону, ул. Б. Садовая, 31.
E-mail: olempieva@yandex.ru*

Цель: оценка влияния общей инфракрасной сауны на кислородтранспортную функцию крови практически здоровых лиц.

Материалы и методы: проведен анализ показателей газотранспортной функции крови 77 добровольцам до и после курса общего инфракрасного облучения.

Результаты: выявлено, что дозированные тепловые нагрузки носят тренировочный характер и сопровождаются изменением адаптивных реакций. В острый период теплового стресса регистрируется усиление процессов анаэробного гликолиза и гликолитической оксидоредукции. После полного курса процедур отмечается активация кислородного метаболизма и повышение функционально-метаболической активности митохондриальных ферментов лейкоцитов.

Выводы: полученные результаты позволяют рекомендовать данный метод воздействия для специального контингента лиц с целью повышения уровня выносливости и сопротивляемости к гипоксическому фактору в условиях высоких температур.

Ключевые слова: общее инфракрасное воздействие, кровь, кислородтранспортная функция.

N.V. Hodarev, N.L. Ghemchyghnova, E.V. Olempieva, N.V. Kusmenko

THE INFLUENCE OF INFRARED SAUNS ON OXYGEN-TRANSPORT FUNCTIONS OF BLOOD FOR PERSONS OF DANGEROUS PROFESSIONS

*Hospital medical military Federal Secret Burro
31, B.Sadovaya st., Rostov-on-Don, 344082, Russia.
E-mail: olempieva@yandex.ru*

Purpose: it was researched the influence of the general infrared sauna on the oxygen transport function of a blood of practical healthy persons.

Materials and methods: analysis of figures of gasotransport blood functions of 77 volunteers before and after the course of total infrared radiation.

Results: it was revealed that graduated thermal loads have training character and are accompanied by change of adaptive reactions. In the acute period of heart stress is stress processes of anaerobic Glycolysis and glycolythichesis oxidoreducis. After full course of treatment is activated oxygen metabolism and increases functional - metabolic activity mitochondrial enzymes of leucocytes.

Summary: the obtained results are allowed to recommend this method of influence for special contingent of persons with the purpose to increase the level of endurance and resistance the hypoxemic factor at the high temperatures.

Key words: total infrared effects, blood, oxygen-transport function.



Введение

В соответствии с Концепцией восстановительной медицины целью нового профилактического направления в науке и практике здравоохранения является создание системы, обеспечивающей процессы формирования, активного сохранения и восстановления функциональных резервов организма человека, реализацию потенциала здоровья для ведения полноценной производственной, социальной и личной жизни, снижение темпов старения, преждевременной смертности, заболеваемости, инвалидизации населения, увеличение средней продолжительности и качества жизни, улучшение демографической ситуации в стране.

Восстановление профессионального здоровья лиц опасных профессий является на сегодняшний день одной из наиболее актуальных проблем для прикладной восстановительной медицины. Эффективность деятельности специалистов опасных профессий напрямую зависит не только от уровня их профессионализма, но и от способности организма переносить физические и психические нагрузки. Установлено, что любое стрессорное воздействие характеризуется развитием состояния хронического напряжения, существенно ограничивающее адаптационные возможности организма [1].

В этой связи существует острая необходимость создания новых медицинских технологий повышения адаптационного потенциала организма лиц опасных профессий. В настоящее время все более настойчиво проявляется интерес к немедикаментозным методам лечения и реабилитации, которые могут заменить или существенным образом ограничить потребность в лекарственных препаратах и при этом воздействовать на различные стороны патологического процесса, способствовать регуляции нарушенного гомеостаза, улучшению функционального состояния различных органов и систем, активизации защитных сил организма. Одним из таких методов является лечебное применение инфракрасного излучения.

Инфракрасное облучение основано на лечебно-профилактическом применении инфракрасного (ИК) излучения. В зависимости от длины волны выделяют три области инфракрасного излучения: ближняя (0,75–1,5 мкм), средняя (1,5–5,6 мкм) и дальняя (5,6–100 мкм). Ведущим в механизме действия ИК излучения является тепловой эффект, который приводит к повышению температуры кожных покровов на 1–20°C и вызывает местные терморегуляторные реакции поверхностной сосудистой сети [2, 3]. Эти реакции проявляются изменением тонуса капилляров и функциональных свойств термомеханочувствительных афферентных проводников кожи. Сосудистая реакция развивается фазно. Вначале возникает незначительный, кратковременный спазм поверхностных сосудов кожи, впоследствии сменяющийся усилением кровотока и возрастанием объема циркулирующей в тканях крови. В результате возникает гиперемия, проявляющаяся красными пятнами на коже, не имеет четко очерченных границ и исчезает через 20–30 минут после окончания облучения.

Выделяющаяся тепловая энергия ускоряет метаболические процессы в тканях, активизирует миграцию полиморфноядерных лейкоцитов и лимфоцитов в очаг воспаления в подострую и хроническую стадию. Активация микроциркуляторного русла и повышение проницаемости сосудов способствуют удалению из него продуктов

аутолиза клеток [1]. В результате изменения импульсной активности термомеханочувствительных афферентов кожи развиваются нейрорефлекторные реакции внутренних органов. Они проявляются в расширении сосудов внутренних органов, усилении метаболизма. Кроме того, при общем инфракрасном облучении происходит учащение дыхания (тахипноэ) и активация терморегулирующих центров гипоталамуса [4].

Техническое развитие современной науки привело к недавнему созданию инфракрасных саун, работающих по принципу нагревания глубоких тканей организма в связи с использованием в качестве действующего фактора ИК излучения коротковолнового (0,7–1,4 мкм) диапазона. Начальные попытки использования этих камер в условиях медицинских реабилитационных центров показали их высокую эффективность в реабилитации и профилактике целого ряда заболеваний [3]. В связи с этим число устанавливаемых ИК-камер в государственных и негосударственных лечебных и реабилитационных учреждениях прогрессивно возрастает. Инфракрасная сауна представляет собой кабину, отделанную снаружи и внутри деревом, внешним видом напоминающую классическую финскую сауну. Благодаря этому сходству, в Америке и Европе их называют инфракрасными саунами.

Учитывая высокую эффективность этого вида медицинских технологий остро стоит вопрос о молекулярных механизмах формирования у практически здоровых лиц адаптационных реакций и изменении гомеостатических параметров на дозированное температурное воздействие. Очевидно, изменение температурного режима сопровождается переходом функционирования гомеостатических систем на новый уровень метаболического обеспечения.

Цель исследования - оценка влияния общего инфракрасного воздействия на газотранспортную функцию крови практически здоровых добровольцев.

Материалы и методы

Было проведено исследование на условно здоровых добровольцах-мужчинах в возрасте от 24 до 33 лет. Для достижения поставленной цели были выделены 2 группы обследуемых лиц. Контрольную группу составили 40 практически здоровых добровольцев. В клиническую группу вошли 37 добровольцев того же возраста, которым проводился курс физиотерапевтического воздействия в виде инфракрасной сауны. Инфракрасное воздействие осуществлялось в двухместной инфракрасной кабине, оборудованной излучателями IRS3 EOS (производство Германии), при температуре +55–60°C, относительной влажности 70–75%, длительности экспозиции не менее 30 мин, через день, общее количество процедур 10. Группы обследуемых были сформированы согласно правилам проведения клинических испытаний (GSP), после получения информированного согласия. Клинические исследования выполнены в соответствии с Хельсинской декларацией. Забор крови осуществлялся на 1 и 10 сутки от начала воздействия.

Материалом для исследования выбраны эритроциты и суспензия митохондрий лейкоцитов венозной крови, взятые натошак из локтевой вены. Для достижения поставленной цели в эритроцитах венозной крови определяли концентрацию 2,3-дифосфоглицерата (2,3-ДФГ) неэнзиматическим методом по Dysse в описании Лугановой



И.С. [5], пировиноградной кислоты (ПВК) по Бабаскину М.П. [6], молочной кислоты по Меньшикову В.В. [7]. Активность цитохромоксидазы (ЦХО) плазмы по Кривенковой Р.С. [8] и сукцинатдегидрогеназы (СДГ) по методу Микашинович З.И. [9]. Для определения активности СДГ и ЦХО использовали суспензию митохондрий (400-500 мг белка в 0,2 мл суспензии). Митохондрии клеток выделяли дифференциальным центрифугированием после гомогенизации на холоду в солевом растворе (0,15 М KCl и 10 мМ трис-HCl). Для удаления ядерной фракции гомогенаты центрифугировали 15 мин при 640 g. Фракцию митохондрий выделяли в течение 25 мин при 20000 g с двукратным промыванием средой выделения. Статистическую обработку полученных данных проводили согласно общепринятым методам с определением средней арифметической, ошибки средней с использованием программы STADIA версия 6.0 [10]. О достоверности показателей контрольной и клинических групп судили по величине t-критерия Стьюдента после проверки распределения на нормальность. Статистически достоверными считали отличия, соответствующие оценке ошибки вероятности $p < 0,05$.

Результаты и обсуждение

В ходе проведенного исследования нами установлено, что в первые сутки имеет место максимальный рост концентрации аллостерического модулятора сродства гемоглобина к кислороду – концентрация 2,3-ДФГ увеличивается на 267,1% ($p < 0,01$) относительно контроля. В ходе дальнейших исследований отмечается менее выраженное по сравнению с первыми сутками увеличение концентрации данного метаболита. Так, к 10 суткам имеет место рост 2,3-ДФГ на 63,64% ($p < 0,05$) относительно той же группы. Полученные результаты свидетельствуют о выраженной гипоксии, более значимой в первые сутки, что может быть проявлением компенсаторно-приспособительной реакции, направленной на стимуляцию процессов снижения сродства гемоглобина к кислороду. Данные изменения способствуют улучшению доставки кислорода

к органам, тканям и служат экстренным «аварийным» механизмом адаптации к гипоксии. Такой характер изменения уровня 2,3-ДФГ является выражением «надёжности» адаптационных механизмов, связанных с повышением эффективности функции системы транспорта и утилизации кислорода, а также гарантом сохранения структурно-функциональной целостности эритроцитов [3].

Способность клеток утилизировать доставляемый молекулярный кислород оценивали по изменению количества субстратов углеводного обмена в эритроцитах, что может быть использовано для оценки устойчивости организма к высоким температурам. В частности, отмечается незначительное увеличение концентрации ПВК на 19,13% ($p < 0,05$) в первые сутки воздействия, при одновременном более значимом росте концентрации молочной кислоты на 58,72% ($p < 0,05$) относительно контрольной группы. Необходимо отметить, что наличие ярко выраженного лактоацидоза может быть результатом усиления гликолитической оксидоредукции. Описываемый характер изменения метаболизма эритроцитов в первые сутки ИК воздействия является компенсаторно-приспособительным механизмом, так как рост количества 2,3-ДФГ в сочетании с выраженным метаболическим лактоацидозом, безусловно направлены на стимуляцию процессов диссоциации оксигемоглобина. Очевидно, физиологическое значение возникающего метаболического лактатацидоза и усиление гликолитической оксидоредукции сводится к тому, что включается эффект Бора, позволяющий дополнительно регулировать сродство гемоглобина к кислороду в условиях выраженной гипоксии.

К концу лечения статистически значимых отличий концентрации ПВК не зарегистрировано, тогда как концентрация молочной кислоты достоверно уменьшилась на 18,04% ($p < 0,05$) относительно той же группы (таблица 1). Очевидно, что по мере тренировочного воздействия высоких температур имеет место уменьшение гипоксии, что документируется менее выраженным ростом концентрации аллостерического модулятора сродства гемоглобина к кислороду.

Таблица 1

Параметры кислородтранспортной функции крови и ферментов дыхательной цепи переноса электронов добровольцев до и после общего инфракрасного воздействия ($M \pm X$)

Показатель	Контрольная группа (до воздействия), n=40.	Клиническая группа (после воздействия), n=37.	
		1-е сутки	10-е сутки
Дизайн исследования			
Концентрация 2,3-дифосфоглицерата, моль/л	4,62±0,185	16,96±0,678**	7,56±0,151*
Концентрация пировиноградной кислоты, ммоль/л	0,366±0,011	0,436±0,013*	0,379±0,015
Концентрация молочной кислоты, ммоль/л	3,27±0,065	5,19±0,208*	2,68±0,081*
Коэффициент лактат/пируват, усл.ед	8,93±0,267	11,90±0,357*	7,07±0,141*
Активность цитохромоксидазы, мкмоль/мг час	81,17±4,06	90,19±1,80*	79,01±1,57
Активность сукцинатдегидрогеназы, нмоль/мг час	348,53±6,97	533,10±10,66*	855,44±34,22*

Примечание. Достоверные различия соответствующих показателей относительно контрольной группы, до и после лечения: * – $P < 0,05$; ** – $P < 0,01$.



Известно, что степень выраженности тканевой гипоксии отражает коэффициент лактат/пируват. При оценке данного параметра в первые сутки после ИК воздействия было зарегистрировано его достоверное увеличение на 33,26% ($p < 0,05$). Полученный фактический материал является документальным свидетельством наличия субкомпенсированной тканевой гипоксии у практически здоровых добровольцев уже после проведения первой процедуры. Важно указать, что к концу полного курса физиотерапевтического воздействия отмечается достоверное уменьшение признаков гипоксии на фоне активации аэробного метаболизма, что сопровождается снижением коэффициента лактат/пируват на 20,83% ($p < 0,05$) относительно контрольной группы.

Процесс длительной адаптации к гипоксии сопровождается переходом на экономный режим энергетического обмена, характеризующийся изменением кинетических параметров митохондриальных ферментов, изменением популяции митохондрий, ремоделированием сосудов, увеличением скорости гликолиза. Поскольку снабжение митохондрий кислородом является лимитирующим звеном в процессах теплопродукции, то для поддержания адекватной терморегуляции организма в условиях высокотемпературного воздействия важное значение приобретает активация анаэробного распада глюкозы. Следствием нарушенного снабжения тканей и органов кислородом является дисфункция митохондрий, для которой характерна последовательность фазных изменений активности митохондриальных ферментных комплексов, приводящая к подавлению процессов аэробного синтеза энергии, энергозависимых функций и метаболизма клетки. Митохондриальные нарушения при гипоксии коррелируют с фазными изменениями концентрации различных митохондриальных и немитохондриальных компонентов, которые предшествуют многим функционально-метаболическим нарушениям жизнедеятельности клеток. По-видимому, формирующий после первой процедуры метаболический ацидоз нарушает работу основного пути выведения кальция, что приводит к перегрузке митохондрий кальцием, снижению трансмембранного электрохимического градиента внутренней мембраны митохондрий и, как следствие, уменьшению синтеза АТФ.

Для оценки уровня компенсации гипоксии исследовали активность СДГ – второго комплекса и ЦХО – терминального участка митохондриальной дыхательной цепи переноса электронов. В ходе работы было установлено, что активность СДГ в первые сутки воздействия увеличилась на 52,96% ($p < 0,05$) относительно контрольной группы. При этом активность ЦХО незначительно превышала показатели контрольной группы – на 11,12% ($p < 0,05$). Очевидно, что в первые сутки отмечается формирование неспецифической защитной реакции неадаптированных к гипоксии клеток в виде более значимой активации начального участка дыхательной цепи переноса электронов. Неравнозначное повышение активности СДГ может указывать на монополизацию цепи переноса электронов сукцинатом и, как правило, является механизмом срочной адаптации к недостатку кислорода. К 10 суткам зарегистрировано более выраженное увеличение активности СДГ на 145,44% ($p < 0,05$) на фоне отсутствия достоверных изменений активности ЦХО. Такие изменения свидетельствуют о закреплении данной адаптивной реакции клеток крови и повышении их функционально-метаболической активности.

Заключение

Проведенное исследование свидетельствует о том, что в первые сутки после ИК воздействия имеет место развитие острого «теплого» стресса, который сопровождается развитием тканевой гипоксии, что приводит к стимуляции адаптивных реакций, направленных на усиление процессов анаэробного гликолиза и гликолитической оксидоредукции. После полного курса процедур отмечается перестройка кислородного метаболизма в виде усиления процессов аэробного гликолиза в эритроцитах и повышение функционально-метаболической активности митохондриальных ферментов лейкоцитов. Полученные результаты позволяют рекомендовать данный метод воздействия для специального контингента лиц с целью повышения уровня выносливости и сопротивляемости к гипоксическому фактору в условиях высоких температур, так как дозозависимый тепловой стресс носит тренировочный характер не только для органов и систем, но и для клеток крови.

ЛИТЕРАТУРА

1. Чвырев В.Г., Ажаев А.Н., Новожилов Г.Н. Тепловой стресс. – М.: Медицина, 2000. – 296 с.
2. Валеев Р.Э. Медицинская реабилитация лиц опасных профессий при дорсопатиях и миофасциальном синдроме: автор. дис. ...к.м.н. – М., 2010. – 24 с.
3. Ходарев Н.В., Жемчужнова Н.Л., Олемпиева Е.В. и др. Воздействие инфракрасной сауны на механизмы клеточной адаптации у лиц опасных профессий // Материалы конференции «Обмен веществ при адаптации и повреждении». – Ростов-на-Дону: ГБОУ ВПО РостГМУ, 2012. – С. 109-112.
4. Валеев Р.Э., Миненко И.А., Беспалова Е.А. Лечение посттравматического стресса у лиц опасных профессий методами интегративной медицины // Сборник материалов V Международного форума «Интегративная медицина». – М., 2012. – С. 35-41.
5. Луганова И.С., Блинов М.Н. Определение 2,3-ДФГ неэнзиматическим методом и АТФ в эритроцитах больных хроническим лимфолейкозом // Лабораторное дело. – 1975. – № 7. – С. 652-654.
6. Бабаскин М.П. Способ определения пировиноградной кислоты в крови. А.С. №877436. СССР: Заявка 13.02.80, №2877502/28-13, опубликовано 30.10.81. МКИ G №33/52.
7. Меньшиков В.В. Справочник. Лабораторные методы исследования в клинике. – М.: Медицина, 1987. – 240 с.
8. Кривченкова Р.С. Современные методы в биохимии. – М.: Медицина, 1977. – С. 47-49.
9. Микашинович З.И., Олемпиева Е.В., Шлык С.В. и др. Метаболические аспекты внутриутробной гипоксии плода при сердечно-сосудистой патологии у беременных. – Ростов-на-Дону: ГОУ ВПО «РостГМУ Росздрава», 2008. – 158 с.
10. Кулайчев А.П. Методы и средства комплексного анализа данных – М.: ФОРУМ: ИНФРА-М, 2006. – 512 с.