

УДК 612.219/.273.2:577.121.7]616-003.93

DOI: 10.36604/1998-5029-2020-77-69-76

ПРОИЗВОЛЬНАЯ ЗЕВОТА КАК ГИПОКСИЧЕСКАЯ ПРОЦЕДУРА

С.В.Шушков^{1,2}

¹Институт тепло- и массообмена имени А.В.Лыкова Национальной академии наук Беларуси,
220072, Республика Беларусь, г. Минск, ул. П.Бровки, 15

²ООО «Перспективные исследования и технологии», 223058, Республика Беларусь, Минская обл.,
п. Лесковка, ул. Совхозная, 1

РЕЗЮМЕ. Цель. Рассматривается влияние контролируемого дыхания на организм человека с энергетической точки зрения. **Материалы и методы.** Для описания некоторых свойств биоорганизмов использованы закономерности поведения газового разряда как термодинамически подобной системы. Из газоразрядной аналогии устойчивость биотканей от перерождения связывается с интенсивностью энергопереноса в организме, влияющей на формирование градиентов критической величины. Переход к пониженному энергообмену через контролируемое кислородное голодание предполагает в умеренном гипоксическом состоянии активизацию процессов регенерации биоструктур. **Результаты.** Для практической реализации процедуры умеренного дыхания, вытекающей из газоразрядной аналогии, предлагается применение гипоксической камеры при оксиметрическом и биоимпедансном контроле. Оздоровляющий и восстановительный эффект умеренного дыхания увязывается с совместным действием гипоксического влияния и релаксации организма. В качестве критерия оптимального перехода в умеренное гипоксическое состояние предлагается искусственно стимулируемая зевота. Обсуждаются некоторые теории предназначения зевоты. Эволюционная обусловленность зевания выводится из необходимости коллективного сигнала о безопасности для расслабления и отдыха. Предполагается, что основное физиологическое назначение зевоты состоит в сопровождении процессов энергетической релаксации в организме. Зевота происходит рефлекторно при физическом расслаблении и может поддерживаться произвольно при сознательном контроле. Отмечается выделительная функция зевоты. Проводится обсуждение оперативной реакции на гипоксию с позиций термодинамики. Возможность пролонгированного действия от кратковременных гипоксических процедур увязывается с экспоненциальным характером основных зависимостей энергообмена в организме от времени. В качестве подготовительного тренинга предложена периодическая дыхательная процедура «произвольной зевоты (зевания)», сопутствующим результатом которой является нормализация в тканях концентрации кислорода O_2 и углекислого газа CO_2 , активизация тканевого дыхания. Измерен отклик организма на гипоксическую процедуру пульсоксиметрическим и биоимпедансным методами.

Ключевые слова: гипоксическое состояние, регенерация биотканей, энергобаланс в организме, релаксационные процедуры, умеренное дыхание, произвольная зевота.

VOLUNTARY YAWNING AS A HYPOXIC PROCEDURE

S.V.Shushkov^{1,2}

¹A.V.Lykov Heat and Mass Transfer Institute of the National Academy of Sciences of Belarus, 15 Brovki Str.,
Minsk, 220072, Republic of Belarus

²Advanced Research & Technologies LLC, 1 State Farm Str., Leskovka Village, Minsk Region,
223058, Republic of Belarus

SUMMARY. Aim. The influence of controlled breathing on the human body from the energetic point of view is considered. **Materials and methods.** To describe some properties of a bioorganism, the laws of behavior of a gas discharge as a thermodynamically similar system are used. From the gas-discharge analogy, the stability of biological tissues from degeneration is associated with the intensity of energy transfer in the body, which affects the formation of gradients of a critical value. The transition to a reduced energy exchange through controlled oxygen starvation presupposes activation

Контактная информация

Сергей Васильевич Шушков, зав. сектором, лаборатория перспективных исследований и новой техники, ООО «Перспективные исследования и технологии», 223058, Республика Беларусь, Минская обл., п. Лесковка, ул. Совхозная, 1. E-mail: shushkov_itmi@inbox.ru

Correspondence should be addressed to

Sergey V. Shushkov, Head of the Scientific and Technical Sector, Laboratory of Advanced Research and New Technology, Advanced Research and Technology LLC, 1 State Farm Str., Leskovka Village, Minsk Region, 223058, Republic of Belarus. E-mail: shushkov_itmi@inbox.ru

Для цитирования:

Шушков С.В. Произвольная зевота как гипоксическая процедура // Бюллетень физиологии и патологии дыхания. 2020. Вып. 77. С. 69–76. DOI: 10.36604/1998-5029-2020-77-69-76

For citation:

Shushkov S.V. Voluntary yawning as a hypoxic procedure. *Bulleten' fiziologii i patologii dyhaniâ* = *Bulletin Physiology and Pathology of Respiration* 2020; (77):69–76 (in Russian). DOI: 10.36604/1998-5029-2020-77-69-76

of the processes of regeneration of biostructures in a moderate hypoxic state. **Results.** For the practical implementation of the moderate breathing procedure, which follows from the gas-discharge analogy, it is proposed to use a hypoxic incubator chamber for oximetric and bioimpedance control. Healing and restorative effect of moderate breathing is associated with the combined effect of hypoxic influence and relaxation of the body. As a criterion for the optimal transition to a moderate hypoxic state, artificially stimulated yawning is proposed. Some theories about the purpose of yawning are discussed. The evolutionary conditioning of yawning is derived from the need for a collective safety signal for relaxation and rest. It is assumed that the main physiological purpose of yawning is to accompany the processes of energy relaxation in the body. Yawning occurs reflexively with physical relaxation and can be sustained voluntarily under conscious control. The excretory function of yawning is noted. The discussion of the operational response to hypoxia from the standpoint of thermodynamics is carried out. The possibility of prolonged action from short-term hypoxic procedures is associated with the exponential nature of the main dependences of energy exchange in the body on time. As a preparatory training, a periodic respiratory procedure of "voluntary yawning (oscitation)" is proposed, the concomitant result of which is the normalization of the concentration of oxygen O_2 and carbon dioxide CO_2 in the tissues, and activation of tissue respiration. The body's response to the hypoxic procedure was measured using pulse oximetry and bioimpedance methods..

Key words: hypoxic state, regeneration of biological tissues, energy balance in the body, relaxation procedures, moderate breathing, voluntary yawning.

Устойчивость к заболеваниям в значительной мере определяется энергетическими процессами в организме. Анализ общих свойств этих процессов из газоразрядной аналогии для термодинамически неравновесных систем показывает, что относительно равномерное энерговыделение в здоровом организме может трансформироваться в проблемной зоне в поток с повышенной плотностью мощности [1]. Причиной, способствующей развитию патологии, является возникновение энергетического градиента на пути потока. При этом увеличить устойчивость биотканей от перерождения возможно путем временного снижения потребления организмом энергоресурсов, в особенности кислорода O_2 .

Для практического применения представлений газоразрядной аналогии требуется предложить метод, использующий снижение содержания кислорода в организме с оздоравливающим эффектом. Поэтому представляет интерес рассмотрение в первую очередь дыхательных методик как средства профилактического и лечебного воздействия.

Согласно методу проф. Р.Б.Стрелкова, при «нормобарической гипоксии» эффект оздоровления достигается путем вдыхания воздушной смеси с пониженной до 9-15% концентрацией кислорода [2]. В рамках гипоксического подхода предложены и внедрены различные медицинские методы профилактики и лечения заболеваний, расширения функциональных и резервных способностей организма [3, 4].

Для осуществления гипоксического воздействия в настоящее время широко применяются аппараты «Био-Нова-204», «ГИП», гипоксический комплекс «МОРЖ» с регулируемой концентрацией кислорода, дыхательные тренажеры-гипоксикаторы «Вершина», «Самоздрав», и другое аналогичное оборудование [5-7]. В практике профилактико-лечебных процедур используются такие дыхательные концепции как гимнастика А.Н.Стрельниковой, метод К.П.Бутейко, и другие [8].

Перечисленные и прочие гипоксические методики используют временное кислородное голодание, требуют тщательности и аккуратности при исполнении.

Контролируемая гипоксия как средство управления энергетикой организма. Из газоразрядной аналогии интенсивность преобразования энергии в организме, оцениваемую, например, количеством синтезируемых АТФ-молекул, можно положить как энергонасыщенность V [1]. Порция поступающего кислорода как энергоресурса i в состоянии человека с энергосодержанием V способна произвести определенную работу, и произведение $(V \cdot i)$ пропорционально энерговыделению в организме.

На графике $V(i)$ для зависимости от поступающих энергоресурсов i нормальному состоянию человека соответствует зона 0, комфортное самочувствие соответствует области между 1 и 2 (рис. 1). Переход в энергетически умеренное, расслабленное состояние 1 с пониженным уровнем потребления кислорода O_2 достижим, по крайней мере, за счет сознательного управления дыханием. Зона 2 характерна для воспалительных процессов с сопутствующим стрессом. Переход в область 3 увеличенного потребления, происходящий при превышении критического уровня энерговыделения $W_{cr} = (V \cdot i)_{cr} = V_{cr} \cdot i_{cr}$, соответствует развитию патологии в организме.

Организм человека в состоянии умеренного потребления кислорода O_2 обладает повышенным запасом устойчивости ξ от перерождения биоструктур, поскольку формирование области с критическим энерговыделением W_{cr} при $i = i_1$ возможно только при значительном энерго-градиенте в сравнении с состоянием воспаления i_2 [1].

Кроме того, ввиду резкой зависимости $V(i)$ в зоне 1 в сравнении с другими состояниями, при варьировании потреблением энергоресурсов i в организме реализуется множественное число термодинамически возможных энергетических сценариев. Данное обстоятельство соответствует, например, повышенной способности к репарации биоструктур в состоянии умеренной гипоксии [9].

Тем самым кратковременное ограничение в потреблении кислорода может являться средством лечебно-профилактического воздействия, и обуславливает

повышение регенерационных способностей организма. Физиологически переход в энергетически умеренное состояние может быть организован через гипоксическую процедуру.

Особенности выполнения гипоксической процедуры. При реализации дыхательной процедуры для ослабленных людей или детей младшего возраста, у которых затруднено сознательное управление дыханием, для воздействия продолжительный период времени возможно применение, например, гипоксических камер с пониженной концентрацией кислорода O_2 в воздухе.

В настоящее время налажено производство некоторых видов гипоксического оборудования, а его использование поставлено на коммерческую основу [10].

Нормобарические гипоксические тренировки и сон активно используются для спортивных и специальных приложений [11]. Отмечается оздоровительный эффект пребывания и сна в нормобарической атмосфере при сниженном до 10% содержании кислорода в течение,

по крайней мере, 20 суток.

Однако как способ немедикаментозного воздействия на организм человека гипоксический тренинг не получил достаточного обоснования и апробации. Применение гипоксического метода для профилактико-лечебных приложений требует обеспечить расслабление и релаксацию организма человека, а также определить границы безопасного применения для его различных состояний.

Так, при выполнении гипоксических процедур нежелательно выходить за пределы комфортной зоны, ниже точки 1 (рис. 1), что может иметь место при интенсивном дыхательном тренинге и сопровождается перераспределением энергопотоков в организме. Из газоразрядной аналогии [1] можно отметить, что такой неравновесной системе как плазма тлеющего разряда при низком энергокладе свойственна неустойчивость в виде пульсаций тока и напряжения, флуктуаций распределения тока по пространству и т.д.

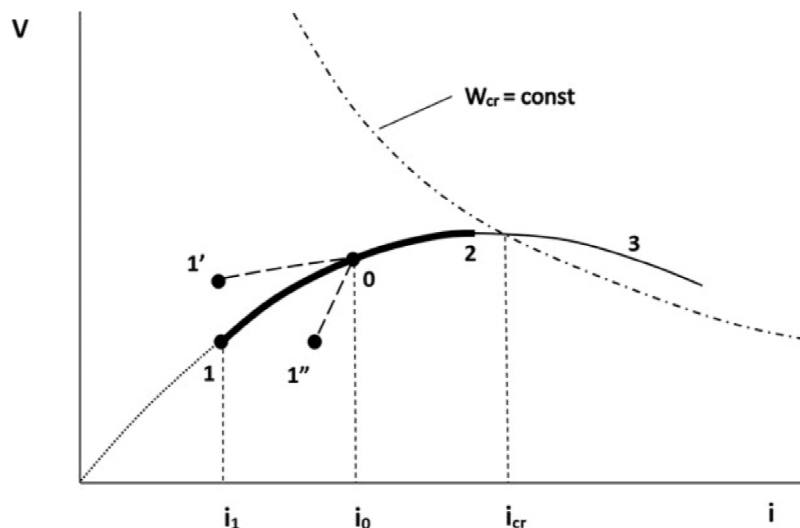


Рис. 1. Энергонасыщенность V организма человека в зависимости от потребляемых энергетических ресурсов i : 0 – нормальное состояние здорового организма, 1 – гипоксическое состояние, 1' – гипоксическое состояние при неполной релаксации, 1'' – расслабление без гипоксического воздействия, 2 – зона стресса, 3 – область критического перерождения. W_{cr} – критический уровень энерговыделения, соответствующий патологическим изменениям.

Процедура «произвольной зевоты» как стадия подготовки к интенсивному гипоксическому воздействию. Перед применением гипоксической камеры и форсированных режимов дыхания, в качестве безаппаратного тренинга возможно применить известный способ расслабления и релаксации организма, при котором выдох делается продолжительнее вдоха. Отличие от известных методик заключается в том, что задержка дыхания после плавного выдоха выдерживается, пока ощущения остаются относительно комфортными. Кроме того, каждый вдох следует заменять, по крайней мере, имитацией зевания. При выполнении этих условий на каком-то этапе, в зависимости от физического состояния организма, должно произойти

рефлекторное зевание (зевок), который физиологически замещает фазу вдоха.

Поскольку в описываемом подходе происходит искусственная стимуляция зевания, то в целом процедуру допустимо назвать «произвольной зевотой».

Безусловно, возможно построение и других методик, отличающихся продолжительностью выдоха, задержки дыхания и т.д.

Роль физической релаксации (расслабления) при выполнении гипоксической процедуры. Из зависимости $V(i)$ видно, что для достижения состояния 1 (рис. 1), характеризующегося максимальными восстановительными возможностями, необходимо совместное действие двух факторов:

1) снижение энергопотребления i за счет меньшего поступления кислорода при выполнении гипоксической процедуры; процесс сопровождается уменьшением интенсивности энергетических потоков;

2) снижение уровня энергонасыщенности V в организме за счет психофизического расслабления и достижения состояния релаксации; высвободившаяся энергия идет преимущественно на процессы структурного упорядочения в тканях.

На важность релаксации для эффективности гипоксической процедуры указывает, в том числе опыт применения дыхательных тренажеров, где для достижения действенной расслабленности рекомендуют меры вплоть до приема лекарственных средств (корвалола, валокордина и др.) [7].

Воздействие только одного фактора, например, пониженное потребление кислорода i , может приводить к переходу в состояние $1'$, некомфортное для организма и приемлемое лишь для короткого периода пребывания. Гипоксия при значительном уровне энергонасыщенности V может вызвать рост энергопотока выше нормального в отдельных органах, и задержка дыхания при физической нагрузке сопровождается ухудшением самочувствия.

Случай перехода к состоянию $1''$ соответствует релаксации организма при сохраняющемся активном дыхании, что имеет место, в частности, в состоянии сна. В организме происходит гармоничное перераспределение потоков энергии между органами, однако при этом потребление кислорода O_2 и, соответственно, интенсивность энергопотоков в организме остается на значительном уровне, что может обуславливать избыточные окислительные процессы.

Тем самым для перехода к состоянию восстановительной регенерации в организме (область 1 по рис. 1) желательно иметь критерий оптимальности действий. Для этой цели возможно использовать такой физиологический акт как зевоту (зевание).

Зевота как элемент дыхательного процесса. На природу зевоты в настоящее время нет единого взгляда. Зевание рассматривается, например, как способ эффективного охлаждения мозга [12]. Установлено, что зевание появляется не при недостатке кислорода в организме, а при снижении работоспособности нервных клеток [13]. Зевота представляется также психологически-связанным сознательным актом [14], поэтому может нести социальную нагрузку [15].

Вместе с тем нетипичное, учащенное рефлекторное зевание можно рассматривать как признак различных заболеваний, например, вегето-сосудистой дистонии [16].

Зевку сопутствует различный по продолжительности, но, как правило, неглубокий вдох. Сопровождается зевком характерным напряжением лицевых и прочих мышц, по телу может пройти волна расслабления. Выдох во время зевка возможно растянуть во времени, относительно легко переносится последующая за-

держка в дыхании.

Несомненна выделительная функция зевания, поскольку кроме удаления из легких продуктов газообмена косвенным признаком реального расслабления служит выступание слезинок на глазах, выделения из носа и т.д.

Энергетическая роль зевоты. Можно положить, что в энергетическом плане зевота сопровождает процесс углубленной релаксации (расслабления) в организме, снятие физического и стрессового напряжения, поскольку способствует устранению избытка кислорода O_2 из тканей.

Например, такому высокому животному как жираф зевота не свойственна [17]. Данное обстоятельство может быть связано с повышенным давлением крови в нижней части тела жирафа и невозможностью полноценного физического расслабления.

Зевота других людей заразительна как эволюционный механизм, поскольку в составе группы передает невербальный сигнал о возможности безопасного расслабления. Люди с аутизмом, которым свойственно погружение в индивидуальные ощущения, не реагируют на общее зевание [18].

С каждым зевком организм переходит в состояние с меньшим потреблением ресурсов i и энергонасыщенностью V . При этом понижение интенсивности энергетических процессов и приближение к состоянию 1 происходит оптимальным образом, вдоль свойственной данному организму кривой $V(i)$ (рис. 1).

Рефлекторное зевание в процедуре «произвольной зевоты» как критерий правильности выполнения. На первичных циклах процедуры зевание стимулируется искусственно. После комфортной задержки дыхания осознанно производится зевок-имитация, или «произвольное зевание». По мере расслабления организма и активации тканевого дыхания, после фазы задержки начинается происходить рефлекторный вдох-зевок. Тем самым периодическое наступление непроизвольного зевка выступает как критерий отсутствия перегрузки для организма.

По мере снижения содержания кислорода O_2 и нормализации концентрации углекислого газа CO_2 в организме рефлекторное зевание постепенно затрудняется, что подсказывает момент завершения процедуры.

В целом эффективность процедуры «произвольной зевоты» обусловлена физиологически близкими условиями к естественному рефлекторному акту.

Отклик организма на проведение гипоксической процедуры. Проблемы устойчивости биотканей, в том числе онкологические, во многом определяются энергообменом в организме [1]. В потоке энергии, распространяющемся по телу, в области нарушения биоструктур возникает градиент, или область повышенного энерговыделения.

При продолжительном сохранении воспаленного состояния происходит сдвиг химического равновесия в протекании реакций химической индукции, ответ-

ственных за синтез ключевых элементов, таких как нуклеиновые кислоты, АТФ-молекулы и т.д., что приводит к формированию атипичных биологических структур и дальнейшему развитию патологии. Реабилитация организма в состоянии легкой гипоксии проявляется в «рассасывании» энергетических градиентов в проблемных зонах.

Патологический процесс развивается во времени, как правило, экспоненциально: $V \sim V_{cr} \cdot \exp(\Omega_+ \cdot t)$ (рис.

2). Релаксационные процедуры меняют инкремент развития неустойчивости Ω_+ на процесс затухания Ω_- с обратным знаком. При этом декремент Ω_- может превысить Ω_+ по абсолютной величине, если умеренному дыханию сопутствуют процессы регенерации. В этом случае время снятия энергетического градиента в биотканях t_{rel} короче характерного периода t_{in} его образования.

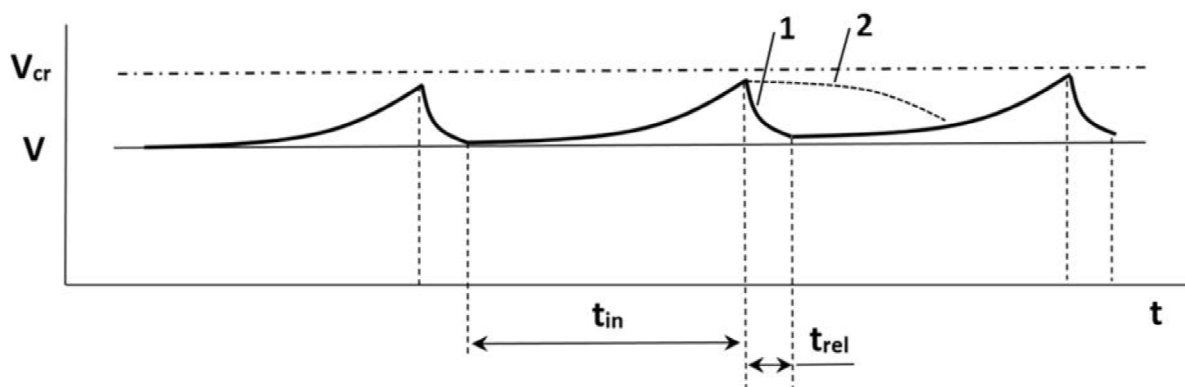


Рис. 2. Развитие патологического процесса в организме во времени и его релаксация. 1 — воздействие гипоксической процедуры; 2 — химическое влияние. V — уровень энергонасыщенности для нормального состояния организма, V_{cr} — критический уровень начала перерождения биоструктур, t_{in} — период инициации патологии, t_{rel} — период релаксации проблемного состояния после выполнения гипоксической процедуры.

Развитие патологических изменений энергетической природы в организме можно оценить с характерным временем t_{in} по крайней мере, как часы — сутки. В ходе гипоксической процедуры регистрируется быстрый отклик t_{rel} организма, например, импедансометрическим и оксиметрическим методами за время около нескольких минут. Тем самым относительно кратковременное пребывание в состоянии с умеренным энергообменом сопровождается пролонгированным лечебно-профилактическим действием.

Термодинамической силой при умеренной гипоксии служит разница в содержании кислорода O_2 в тканях [19]. Согласно критерию эволюции Гленсдорфа-Пригожина для сильнонеравновесных систем, при изменении состояния биоорганизма производная для энтропии по времени отрицательна: $(\partial_x P / \partial t) \leq 0$, и скорость изменений максимальна в начале процедуры. Тем самым в отличие от накопительного эффекта химического действия лекарственных средств, изменения в потреблении кислорода вызывают оперативную реакцию организма (рис. 2).

В ходе процедуры минимизируется легочное дыхание и активируется внутриклеточное дыхание, поскольку включаются бескислородные механизмы распада углеводов. Рост комфортной паузы при задержке дыхания на выдохе свидетельствует об активации тканевого дыхания. В итоге снижается избыточное для расслабленного состояния организма содержание кислорода O_2 и нормализуется концентрация углекислого газа CO_2 .

Эффект углубленной реверсии достигается постепенно, и может потребоваться около десятка циклов для наступления состояния, при котором устойчиво происходит рефлекторное зевание и относительно комфортно переносится продолжительный выдох.

Контроль энергетического состояния организма.

Аппаратное сопровождение гипоксических процедур возможно, например, путем измерения концентрации кислорода O_2 и углекислого газа CO_2 с применением пульсоксиметров, капнографического мониторинга, биоимпедансометрии и другими методами.

Для оценки при выполнении гипоксической процедуры «произвольной зевоты» была проведена серия измерений пульсоксиметром «Oximetro M130B». В группе испытуемых из 10 здоровых человек за время 1-10 минут удавалось перейти от показаний насыщенности гемоглобина крови кислородом $SpO_2 \sim 99-97\%$ к сатурации 94-92% и ниже, что подтверждает оперативное снижение концентрации кислорода в организме в течение относительно короткого упражнения (рис. 3, кривая 1).

Было установлено, что применение непродолжительного, до десятка секунд, мышечного напряжения при зевке позволяет постепенно, на циклах C_{10} или далее достигать кратковременно значений $SpO_2 \sim 84-80\%$, что демонстрирует значительный тренировочный эффект процедуры (рис. 3, кривая 2). Аналогичные значения SpO_2 наблюдаются, например, при гипоксическом дыхании на аппарате «Био-Нова 204» в ходе 10-30 минутной процедуры «горный воздух»,

включающей в себя поочередно по 5 минут дыхание обедненным воздухом с концентрацией кислорода ~10% и дыхание обычным воздухом.

Следует отметить, что на дыхательных тренажерах типа «Самоздрав», «ТУИ» и других при интенсивной тренировочной нагрузке сатурация также может быть кратковременно снижена до $SpO_2 \sim 90\%$ и менее.

Биоимпедансный анализ на аппарате БИОРС «Мед-сканер Велнесс» [20] непосредственно после выполнения процедуры «произвольной зевоты» демонстрирует рост угла фазового сдвига на $\sim 0.3^\circ$ и более, что свидетельствует о ее лечебно-профилактических возможностях.

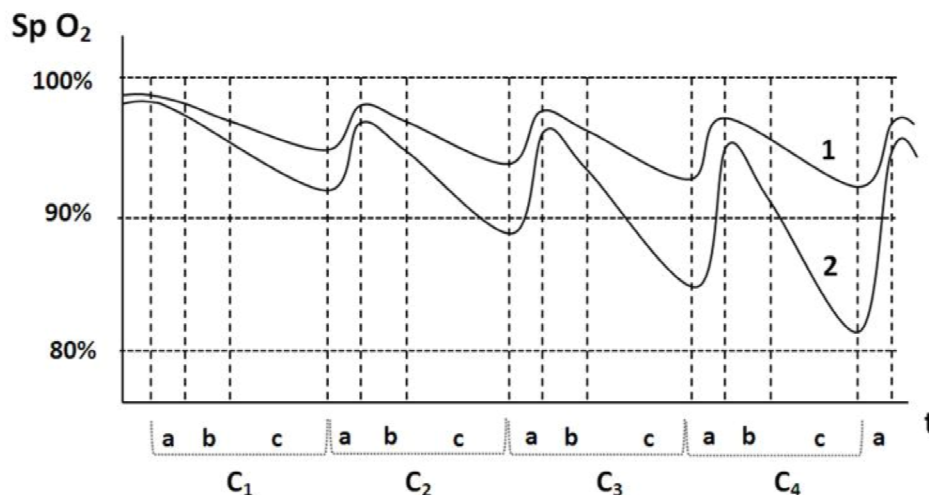


Рис. 3. Насыщенность гемоглобина крови кислородом SpO_2 от времени t в ходе выполнения процедуры «произвольной зевоты». 1 – нормальный режим процедуры; 2 – процедура с мышечным напряжением при вдохе-зевке. а – вдох-зевок, b – выдох, c – задержка дыхания. C_1, C_2, \dots – циклы процедуры (показаны условно).

Заключение

В соответствии с газоразрядной аналогией для неравновесных систем, с целью энергетической релаксации и активации сопутствующих процессов реабилитации в организме человека может быть применена дыхательная процедура, вызывающая кратковременное кислородное голодание. Оздоровляющий и восстановительный эффект от процедуры обеспечивается за счет активации тканевого дыхания, при совместном действии гипоксического влияния и физического расслабления.

Критерием действенной релаксации при проведении гипоксической процедуры может служить зевота, сопутствующая переходу в расслабленное состояние организма. Как естественный физиологический процесс, зевание выводит продукты дыхательного метаболизма и предохраняет от избыточной гипоксии.

В качестве аппаратного развития метода возможно совмещение оборудования типа гипоксических камер с процедурами углубленной физической релаксации

под оксиметрическим и биоимпедансным контролем.

Для дыхательного тренинга в подготовительный период может быть применена, как вариант, гипоксическая процедура искусственно стимулируемой «произвольной зевоты». При выполнении упражнения пульсоксиметрические показатели насыщенности гемоглобина крови кислородом могут кратковременно достигать значений $SpO_2 \sim 80\%$. Биоимпедансометрия при этом демонстрирует оперативный рост угла фазового сдвига на 0.3° и более, что подтверждает профилактико-лечебный потенциал процедуры.

Конфликт интересов

Автор декларирует отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией настоящей статьи.

Conflict of interest

The author declares no conflict of interest.

Исследование проводилось без участия спонсоров

This study was not sponsored

ЛИТЕРАТУРА

1. Шушков С.В. Газоразрядная аналогия для онкогенеза // Современная наука: актуальные проблемы теории и практики. Сер. Естественные и технические науки. 2019. №1. С. 27–35.
2. Стрелков Р.Б. Применение прерывистой нормобарической гипоксической стимуляции у практически здоровых людей // Физиологический журнал. 2003. Т.49, №2. С.45–49.
3. Горанчук В.В., Сапова Н.И., Иванов А.О. Гипокситерапия. СПб.: Элби-СПб, 2003. 536 с. ISBN 978-5-93979-074-1
4. Колчинская А.З., Цыганова Т.Н., Остапенко Л.А. Нормобарическая интервальная гипоксическая тренировка в медицине и спорте. М.: Медицина, 2003. 408 с. ISBN 978-5-225-04169-4

5. Аппаратура для гипоксической стимуляции «Био-Нова». URL: <http://www.bionova.ru/?page=9> (дата обращения 10.07.2020).
6. Нормобарический гипоксический комплекс «Морж». URL: <https://geropro.ru/page2> (дата обращения 10.07.2020).
7. Комплекс «Самоздрав». URL: <https://instrukciya-med.ru/files/samozdrav-instrukcija.pdf> (дата обращения 10.07.2020).
8. Копылова О.С. Оздоровляющее дыхание. Советы и рекомендации ведущих врачей. М.: Эксмо, 2016. 160 с. ISBN: 978-5-699-80480-1
9. Evdokimov A., Kutuzov M., Petruseva I., Lukjanchikova N., Kashina E., Kolova E., Zemerova T., Romanenko S., Perelman P., Prokopov D., Seluanov A., Gorbunova V., Graphodatsky A., Trifonov V., Khodyreva S., Lavrik O. Naked mole rat cells display more efficient excision repair than mouse cells // *Aging (Albany NY)*. 2018. Vol.10, №6. P.1454–1473. doi: 10.18632/aging.101482
10. Виды гипоксических тренировок. URL: <http://hypoxico.ru/commercialsystem> (дата обращения 10.07.2020).
11. Нормобарическая гипоксическая тренировка. URL: <https://kailash.ru/2035.html> (дата обращения 10.07.2020).
12. Massen J.J., Dusch K., Eldakar O.T, Gallup A.C. A thermal window for yawning in humans: yawning as a brain cooling mechanism // *Physiol. Behav.* 2014. Vol.130. P.145–148. doi: 10.1016/j.physbeh.2014.03.032
13. Provine R.R. Contagious Yawning and Infant Imitation // *Bulletin of the Psychonomic Society*. 1989. Vol.27, №2. P.125–126. doi: 10.3758/BF03329917
14. Gallup A. C., Vasilyev D., Anderson N., Kingstone A. Contagious yawning in virtual reality is affected by actual, but not simulated, social presence // *Scientific reports*. 2019. Vol.9, Article number 294. doi: 10.1038/s41598-018-36570-2
15. Norscia I., Zanolli A., Gamba M., Palagi E. Auditory contagious yawning is highest between friends and family members: support to the emotional bias hypothesis // *Front. Psychol.* 2020. Vol.11. P.442. doi: 10.3389/fpsyg.2020.00442
16. Верето-сосудистая дистония. URL: <https://vsdpanika.ru/vsd/zevota-pri-vsd.html> (дата обращения 10.07.2020).
17. Изучается зевота // *Наука и жизнь*. 2013. №11. С.31.
18. Helt M.S., Eigsti I.M., Snyder P.J., Fein D.A. Contagious yawning in autistic and typical development // *Child Dev.* 2010. Vol.81, №5. P.1620–1631. doi: 10.1111/j.1467-8624.2010.01495.x
19. Базаров И. П., Геворкян Э. В., Николаев П.Н. Неравновесная термодинамика и физическая кинетика. М.: МГУ, 1989. 240 с. ISBN 5-211-00351-9
20. АРМ «Медсканер БИОРС». URL: <http://www.biors.ru/static/up/files/medscanner-reports.pdf> (дата обращения 10.07.2020).

REFERENCES

1. Shushkov S.V. Gas discharge analogy for oncogenesis. *Modern Science: actual problems of theory and practice. Series Natural and Technical Sciences* 2019; 1:27–35 (in Russian).
2. Strelkov R.B. Application of interrupted normobaric hypoxia stimulation on healthy people. *Fiziol. Zh.* 2003; 49(2):45–49 (in Russian).
3. Goranchuk V.V., Sapova N.I., Ivanov A.O. Hypoxic therapy. St. Petersburg: Elbi-SPb; 2003 (in Russian). ISBN 978-5-93979-074-1
4. Kolchinskaya A.Z., Tsyganova T.N., Ostapenko L.A. Normobaric interval hypoxic training in medicine and sports. Moscow: Meditsina; 2003 (in Russian). ISBN 978-5-225-04169-4
5. Apparatus for hypoxic stimulation "Bio-Nova". Available at: <http://www.bionova.ru/?page=9> (accessed 10 July 2020) (in Russian).
6. Normobaric hypoxic complex "Walrus". Available at: <https://geropro.ru/page2> (accessed 10 July 2020) (in Russian).
7. Complex "Samozdrav". Available at: <https://instrukciya-med.ru/files/samozdrav-instrukcija.pdf> (accessed 10 July 2020) (in Russian).
8. Kopylova O.S. Revitalizing breathing. Advice and advice from leading doctors. Moscow: Eksmo; 2016 (in Russian). ISBN: 978-5-699-80480-1
9. Evdokimov A., Kutuzov M., Petruseva I., Lukjanchikova N., Kashina E., Kolova E., Zemerova T., Romanenko S., Perelman P., Prokopov D., Seluanov A., Gorbunova V., Graphodatsky A., Trifonov V., Khodyreva S., Lavrik O. Naked mole rat cells display more efficient excision repair than mouse cells. *Aging (Albany NY)* 2018; 10(6):1454–1473. doi: 10.18632/aging.101482
10. Types of hypoxic training. Available at: <http://hypoxico.ru/commercialsystem> (accessed 10 July 2020) (in Russian).
11. Normobaric hypoxic training. Available at: <https://kailash.ru/2035.html> (accessed 10 July 2020) (in Russian).
12. Massen J.J., Dusch K., Eldakar O.T, Gallup A.C. A thermal window for yawning in humans: yawning as a brain

cooling mechanism. *Physiol. Behav.* 2014;130:145–148. doi: 10.1016/j.physbeh.2014.03.032

13. Provine R.R. Contagious Yawning and Infant Imitation. *Bulletin of the Psychonomic Society* 1989; 27(2):125–126. doi: 10.3758/BF03329917

14. Gallup A.C., Vasilyev D., Anderson N., Kingstone A. Contagious yawning in virtual reality is affected by actual, but not simulated, social presence. *Scientific reports* 2019; 9:294. doi: 10.1038/s41598-018-36570-2

15. Norscia I., Zanolli A., Gamba M., Palagi E. Auditory contagious yawning is highest between friends and family members: support to the emotional bias hypothesis. *Front. Psychol.* 2020; 11:442. doi: 10.3389/fpsyg.2020.00442

16. Vegetative-vascular dystonia. Available at: <https://vsdpanika.ru/vsd/zevota-pri-vsd.html> (accessed 10 July 2020) (in Russian).

17. Yawning is studied. *Nauka i Zhizn = Science and Life* 2013; 11:31 (in Russian).

18. Helt M.S., Eigsti I.M., Snyder P.J., Fein D.A. Contagious yawning in autistic and typical development. *Child Dev.* 2010; 81(5):1620–1631. doi: 10.1111/j.1467-8624.2010.01495.x

19. Bazarov I.P., Gevorkyan E.V., Nikolaev P.N. Nonequilibrium thermodynamics and physical kinetics. Moscow: Moscow State University; 1989 (in Russian). ISBN 5-211-00351-9

20. Workstation "Medscaner BIORs". Available at: <http://www.biors.ru/static/up/files/medscanner-reports.pdf> (accessed 10 July 2020) (in Russian).

Информация об авторах:

Сергей Васильевич Шушков, зав. сектором, лаборатория перспективных исследований и новой техники, ООО «Перспективные исследования и технологии»; Институт тепло- и массообмена имени А.В.Лыкова НАН Беларуси; e-mail: shushkov_itmi@inbox.ru

Author information:

Sergey V. Shushkov, Head of the Scientific and Technical Sector, Laboratory of Advanced Research and New Technology, Advanced Research and Technology LLC; A.V.Lykov Institute of Heat and Mass Transfer of the National Academy of Sciences of Belarus; e-mail: shushkov_itmi@inbox.ru

Поступила 29.07.2020

Принята к печати 14.08.2020

Received July 29, 2020

Accepted August 14, 2020
