

## ЛИТЕРАТУРА

1. Miklowitz D.J., Johnson S.L. The psychopathology and treatment of bipolar disorder // Annu. Rev. Clin. Psychol. – 2006. – № 2. – P. 199–235.
2. Song L., Zhou T., Jope R.S. Lithium facilitates apoptotic signaling induced by activation of the Fas death domain-containing receptor // BMC Neurosci. – 2004. – Vol. 5, № 20. – P. 1–7.
3. Lee Y., Kim S.M., Jung E.H. et al. Lithium chloride promotes lipid accumulation through increased reactive oxygen species generation // Biochim. Biophys. Acta Mol. Cell. Biol. Lipids. – 2019. – Vol. 1865, № 2. – P. 1–27.
4. Aminzadeh A. et al. Investigating the protective effect of lithium against high glucose-induced neurotoxicity in PC12 cells: involvements of ROS, JNK and P38 MAPKs, and apoptotic mitochondria pathway // Cell. Mol. Neurobiol. – 2014. – Vol. 34, № 8. – P. 1143–1150.
5. Won E., Kim Y.K. An oldie but goodie: lithium in the treatment of bipolar disorder through neuroprotective and neurotrophic mechanisms // Int. J. Mol. Sci. – 2017. – Vol. 18, № 12. – P. 2679–2696.
6. Jakobsson E. et al. Towards a Unified Understanding of Lithium Action in Basic Biology and its Significance for Applied Biology // J. Membr. Biol. – 2017. – Vol. 250, № 6. – P. 587–604.

## РОЛЬ ОЗОНА В МЕХАНИЗМАХ ТРАНСПОРТА КИСЛОРОДА В РАЗНЫХ УСЛОВИЯХ КИСЛОРОДНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ

**Билецкая Е. С., Зинчук В. В., Гуляй И. Э., Володина А. А.**

Гродненский государственный медицинский университет,  
г. Гродно, Беларусь

**Актуальность.** Озон ( $O_3$ ) обладает высокой реактогенной способностью при растворении в крови, активирует антиоксидантную и иммунную систему, стимулирует синтез гипоксического индуцибельного фактора [1], оказывая влияние на транспорт кислорода. Газотрансмиттеры представляют собой эндогенно генерируемые газы (монооксид азота, сероводород и монооксид углерода), которые могут свободно проникать через клеточные мембранны, имеют специфические клеточные и молекулярные мишени, выполняют важные физиологические функции [3]. Ранее нами показано участие монооксида азота (NO) и сероводорода ( $H_2S$ ) в эффекте  $O_3$  на кислородтранспортную функцию крови (КТФ) [1]. Представляется целесообразным проанализировать вклад озона в формирование кислородсвязывающих свойств крови в разных условиях кислородного обеспечения.

**Цель** – исследовать роль озона в механизмах транспорта кислорода кровью в разных условиях кислородного обеспечения.

**Материалы и методы исследования.** Для эксперимента использовалась смешанная венозная кровь, взятая из правого предсердия у белых крыс-самцов массой 250-300 г, предварительно содержавшихся в стандартных условиях вивария. Проведены 4 серии экспериментов в условиях дез- и оксигенации и

гипо- и гиперкапнии. Образцы крови ( $n=10$ ), подготовленные для каждой соответствующей смеси, были разделены на 6 аликовот по 3 мл. В первой серии эксперимента в группах 2, 4, 5, 6 осуществляли обработку крови дезоксигенирующей газовой смесью (5,5%  $\text{CO}_2$ ; 94,5%  $\text{N}_2$ ) в термостатируемом сатураторе, во второй оксигенирующей (94,5%  $\text{O}_2$ ; 5,5%  $\text{CO}_2$ ), в третьей гипокапнической (4,2%  $\text{CO}_2$ ; 5,3%  $\text{O}_2$ ; 90,5%  $\text{N}_2$ ), в четвертой гиперкапнической (9,5%  $\text{CO}_2$ ; 3,5%  $\text{O}_2$ ; 87,0%  $\text{N}_2$ ) на протяжении 30 минут. В каждой серии к аликовотам добавляли озонированный изотонический раствор хлорида натрия (с концентрацией  $\text{O}_3$  6 мг/л) в объеме 1 мл (в первую и во вторую – без озонирования) и 0,1 мл растворов, содержащих газотрансмиттеры (в пятую – нитроглицерин в конечной концентрации 0,05 ммоль/л (SchwarzPharma AG), в шестую – гидросульфид натрия в конечной концентрации 0,38 ммоль/л (Sigma-Aldrich) и изотонический раствор хлорида натрия (в первую, вторую, третью, четвертую), после чего пробы перемешивались. Время инкубации составляло 60 минут.

После добавления озона на газоанализаторе Stat Profile pHox plus L (США) при 37°C в крови определяли следующие показатели кислородтранспортной функции: парциальное давление кислорода ( $\text{pO}_2$ ), степень оксигенации ( $\text{SO}_2$ ) и парциальное давление углекислого газа ( $\text{pCO}_2$ ). Сродство гемоглобина к кислороду (СГК) оценивали спектрофотометрическим методом по показателю  $\text{p50}_{\text{реал}}$  ( $\text{pO}_2$  крови при 50% насыщении ее кислородом). По формулам Severinghaus рассчитывали значение  $\text{p50}_{\text{станд}}$ .

Все показатели проверяли на соответствие признака закону нормального распределения с использованием критерия Шапиро-Уилка. С учетом этого использованы методы непараметрической статистики с применением программы “Statistica 10.0”. Уровень статистической значимости принимали за  $p<0,05$ .

**Результаты.** Проведение предварительной дезоксигенации способствует снижению эффекта  $\text{O}_3$  на следующие показатели:  $\text{pO}_2$  – на 15,66% ( $p<0,05$ ),  $\text{SO}_2$  – на 15,92% ( $p<0,05$ ) в сравнении с группой в которой выполнялось только озонирование. Показатель СГК  $\text{p50}_{\text{реал}}$  при этом уменьшается на 14,57% ( $p<0,05$ ), отражая сдвиг кривой диссоциации оксигемоглобина (КДО) влево и приближая ее к значениям контрольной группы. Также наблюдается снижение  $\text{p50}_{\text{станд}}$  на 22,1% ( $p<0,05$ ). Добавление нитроглицерина препятствует проявлению данного эффекта и характеризуется ростом  $\text{pO}_2$ ,  $\text{SO}_2$ ,  $\text{p50}_{\text{реал}}$  и  $\text{p50}_{\text{станд}}$  и сдвигом КДО вправо, а гидросульфид натрия подобным эффектом не обладает. В группе дезоксигенации наблюдается снижение всех показателей КТФ крови в сравнении с контролем. При добавлении озона в кровь, насыщенную оксигенированной газовой смесью, отмечается рост  $\text{pO}_2$  на 144,27% ( $p<0,05$ ),  $\text{SO}_2$  на 51,42% ( $p<0,05$ ), показателя сродства гемоглобина к кислороду  $\text{p50}_{\text{реал}}$  на 30,14% ( $p<0,05$ ) и, соответственно, КДО сдвигается вправо по сравнению группой, в которую вводили только озон. Наблюдается также увеличение  $\text{p50}_{\text{станд}}$  на 22,66% ( $p<0,05$ ). Нитроглицерин усиливает эффект данного газа на КТФ крови в заданных условиях,  $\text{pO}_2$  и  $\text{SO}_2$  увеличиваются на 25,95% ( $p<0,05$ ) и 23,17% ( $p<0,05$ ), соответственно. Показатель  $\text{p50}_{\text{реал}}$  возрастает на 24,54% ( $p<0,05$ ) и сдвиг КДО

вправо становится более выраженным. Гидросульфид натрия не оказывает подобного действия.

Гипокапния способствует усилению эффекта  $O_3$  на КТФ, наблюдается рост следующих показателей:  $pO_2$  – на 31,96% ( $p<0,05$ ),  $SO_2$  – на 67,76% ( $p<0,05$ ) в сравнении с группой, в которой выполнялось только озонирование. Показатель СГК  $p50_{\text{реал}}$  при этом увеличивается на 22,89% ( $p<0,05$ ), отражая сдвиг КДО вправо. Наблюдается рост  $p50_{\text{станд}}$ . Добавление нитроглицерина в этих условиях приводит к усилению эффекта озона и характеризуется ростом  $pO_2$  на 17,81% ( $p<0,05$ ),  $SO_2$  – на 9,83% ( $p<0,05$ ).  $p50_{\text{реал}}$  возрастает на 3,23% ( $p<0,05$ ), а  $p50_{\text{станд}}$  – на 3,25% ( $p<0,05$ ); также отмечается более выраженный сдвиг КДО вправо в сравнении с группой, которая подвергалась предварительной гипокапнии и обработке озоном. Гидросульфид натрия подобным эффектом не обладает. В группе гипокапния без озонирования наблюдается снижение исследуемых показателей КТФ крови ( $pO_2$ ,  $SO_2$ ,  $p50_{\text{реал}}$  и  $p50_{\text{станд}}$ ) в сравнении с контролем. Предварительная гиперкапния усиливает эффект  $O_3$ , что подтверждает рост следующих показателей:  $pO_2$  – на 40,25% ( $p<0,05$ ),  $SO_2$  – на 50,08% ( $p<0,05$ ) в сравнении с группой, в которой выполнялось только озонирование. Параметр СГК  $p50_{\text{реал}}$  при этом увеличивается на 18,27% ( $p<0,05$ ), отражая сдвиг КДО вправо. Показатель  $p50_{\text{станд}}$  также растет. Добавление нитроглицерина и гидросульфида натрия в этих условиях не влияет на эффект озона на КТФ крови.

#### **Выводы:**

1. Дезоксигенирующая газовая смесь ослабляет влияние озона на КТФ крови, что проявляется в уменьшении  $pO_2$ ,  $SO_2$ ,  $p50_{\text{реал}}$  и  $p50_{\text{станд}}$ , введение нитроглицерина препятствует проявлению данного эффекта, а гидросульфид натрия подобного действия не оказывает. Гипероксия усиливает влияние озона на КТФ крови. Добавление гидросульфида натрия и нитроглицерина увеличивает данный эффект, особенно последнего.

2. Предварительная обработка гипокапнической и гиперкапнической газовыми смесями существенно увеличивает эффект озона на КТФ крови, что проявляется в росте следующих показателей:  $pO_2$ ,  $SO_2$ ,  $p50_{\text{реал}}$ ,  $p50_{\text{станд}}$  и сдвиге КДО вправо. Добавление нитроглицерина в условиях гипокапнии приводит к еще более выраженному усилению эффекта озона на КТФ крови. Гидросульфид натрия подобного действия на кислородсвязывающие свойства крови не оказывает. Нитроглицерин и гидросульфид натрия в гиперкапнических условиях не вызывают значимых изменений.

*Финансирование осуществляется в рамках «БРФФИ–РФФИ-2020» (№ М20Р-428 – БРФФИ) и (№ 20-515-00019- РФФИ).*

#### **ЛИТЕРАТУРА**

1. Зинчук В. В., Бильтская Е. С. Эффект озона на кислородтранспортную функцию и прооксидантно-антиоксидантный баланс крови в условиях воздействия на NO-генерирующую систему в опытах *in vitro* // Российский физиологический журнал им. И. М. Сеченова. – 2021. – Т. 107, № 1. – С. 16–27.
2. Ahlhelm F., Rotzinger R., Heesen M. et al. Spinale Ozontherapie// Radiologe. – 2021. – Т. 61, № 8. – С. 736-741.

3. Zhang M., Qiao R., Hu J. Engineering Metal-Organic Frameworks (MOFs) for Controlled Delivery of Physiological Gaseous Transmitters // Nanomaterials (Basel). – 2020. – Vol. 10, № 6. – P. 1134.

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ СТЕПЕНИ ГИДРАТАЦИИ ОРГАНИЗМА В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ЕГО УДЕЛЬНОЙ ЭЛЕКТРОПРОВОДНОСТИ

**Богданович В. Ч.<sup>1</sup>, Лазаревич С. Н.<sup>1</sup>, Анацко С. В.<sup>1</sup>, Жарнов А. М.<sup>2</sup>,**

**Жарнова О. А.<sup>2</sup>, Чекель А. В.<sup>2</sup>, Башун Н. З.<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Гродненская университетская клиника, г. Гродно, Беларусь

<sup>2</sup>Гродненский государственный университет им. Янки Купалы, г. Гродно, Беларусь

**Актуальность.** У пациентов с нарушениями функции почек один из основных показателей – содержание жидкости в организме. Для этих пациентов с функциональными нарушениями работы почек как гипергидратация, так и дегидратация организма влечет тяжелые последствия. Помимо степени гидратации организма у таких пациентов, специалистов нефрологических отделений интересуют также значения иных параметров состава тела человека. Например, специалистов по гемодиализу интересует «сухой вес», измеренный методом биоимпедансного анализа [1, 2]. Однако все основные параметры тела, интересующие клиницистов, в той либо иной степени связаны с общей жидкой фракцией организма, подразделяющейся на вне- и внутриклеточную.

**Цель.** Выявление связей между общей жидкой фракцией организма, измеренной биоимпедансным методом, и удельной электропроводности данного организма. Для этого анализировались литературные сведения, контрольные параметры добровольцев местного региона, а также параметры состава тела пациентов с функциональными нарушениями работы почек.

**Материалы и методы исследования.** Для выявления закономерностей между гидратационным статусом организма и его электрическими характеристиками в добровольных исследованиях приняли участие 2 группы. Первая из них, в качестве контрольной, составила 438 чел. местного населения, вторая – 144 пациента нефрологического отделения УЗ «Гродненская университетская клиника»; возраст исследуемых – от 18 до 83 лет.

У всего контингента обследованных измерялись антропометрические данные, включающие рост, массу, окружности талии и бедер. Для этого же контингента при помощи биоимпедансного анализатора, работающего по четырехэлектродной схеме, определялись следующие электрические характеристики: активные и реактивные сопротивления на частотах зондирующего сигнала 5 кГц и 50 кГц, а также сдвиг фазового угла  $\varphi$  между током и напряжением на частоте 50 кГц. Измеренные антропометрические данные совместно с электрическими параметрами позволяют на основе регрессионных уравнений связи определить основные параметры состава тела человека. Для решения поставленной задачи нас интересовали следующие параметры: общая жидкая фракция организма, внутри- и внеклеточная жидкость как по абсолютному