

# ЭФФЕКТ СОВМЕСТНОГО ДЕЙСТВИЯ МАГНИТНОГО ПОЛЯ И СЕРОВОДОРОДА НА СРОДСТВО ГЕМОГЛОБИНА К КИСЛОРОДУ

*Лепеев В.О., Зинчук В.В.*

*Гродненский государственный медицинский университет*

**Актуальность.** Одним из используемых физических факторов, влияющих на адаптационные процессы, является магнитное поле (МП), применение которого оказывает антистрессорные эффекты на различные системы, и, в частности, на систему крови [6]. Так применение МП позволяет существенно уменьшить проявление гипоксии у пациентов с сепсисом, осложненным респираторным дистресс-синдромом, реализующееся через механизмы изменения кислородсвязывающих свойств крови [5]. В модификации кислородтранспортной функции крови, имеющей значение при нарушении кислородного обеспечения организма, немаловажную роль играют газотрансмиттеры, такие как оксид азота, оксид углерода и сероводород [8]. Эти медиаторы относят к представителям газообразных сигнальных соединений, которые играют важную роль в трансляции физиологических сигналов [4]. Они составляют единый комплекс газообразных посредников, легко проникающих через мембрану клетки и регулирующих многочисленные реакции в клетке [7]. Газотрансмиттеры, и в частности сероводород, обеспечивают через различные механизмы межклеточных и внутриклеточных коммуникаций процессы адаптации [1]. Однако его участие в реализации эффектов МП на кислородсвязывающие свойства крови недостаточно изучены. Исходя из вышеизложенного, *цель работы* – оценить эффект сероводорода на сродство гемоглобина к кислороду при действии МП.

**Методы исследования.** Исследования проводились на самцах белых беспородных крыс, массой 250-300 г (n=50). Крысам проводили облучение хвостовой артерии МП и инфузию препаратов, корригирующих систему газотрансмиттеров и вводили их интраперитонеально. Для этого использовали донор сероводорода гидросульфид натрия (NaHS, Sigma-Aldrich) в дозе 5 мг/кг, исходный субстрат синтеза оксида азота - L-аргинин (Sigma-Aldrich) в дозе 100 мг/кг, ингибитор фермента NO-синтазы - ме-

тиловый эфир N<sup>G</sup>-нитро-L-аргинина (L-NAME, Sigma-Aldrich) в дозе 10 мг/кг. Все животные были разделены на экспериментальные группы: 1-я группа – контроль, 2-я группа получала 0,9% раствор хлорида натрия, 3-я группа - донор сероводорода гидросульфид натрия (NaHS), 4-я группа - комбинацию NaHS и исходного субстрата синтеза оксида азота L-аргинин (Sigma-Aldrich), 5-я группа - комбинацию NaHS и ингибитора фермента NO-синтазы - метиловый эфир N<sup>G</sup>-нитро-L-аргинина (L-NAME, Sigma-Aldrich).

Воздействие МП проводилось в течение 10 минут на протяжении 10 суток. В качестве источника МП применялся аппарат серии СПОК «НемоСпок» производства ООО «МагноМед» (Беларусь). На индуктор прибора подавался пульсирующий ток с частотой от 60 Гц до 200 Гц с модуляцией по частоте 10 Гц, а магнитная индукция равнялась 150 мТл (низкочастотная магнитотерапия).

В конце эксперимента в условиях адекватного наркоза проводили забор смешанной венозной крови из правого предсердия, в предварительно подготовленный шприц с гепарином из расчета 50 ЕД на 1 мл крови.

Определение показателей кислотно-основного состояния и кислородтранспортной функции крови осуществляли на микрогазоанализаторе «Syntesis-15». Сродство гемоглобина к кислороду оценивали спектрофотометрическим методом по показателю  $p50$  ( $pO_2$  крови при 50% насыщении ее кислородом). По формулам Severinghaus J.W. рассчитывали значение  $p50_{\text{станд}}$  [9]. На основании полученных данных по уравнению Хилла определяли положение кривой диссоциации оксигемоглобина.

Полученные данные были обработаны методами непараметрической статистики с использованием программы «Statistica 10.0». Достоверность дисперсионного анализа множественных сравнений оценивалась с использованием критерия Манна-Уитни.

**Результаты и их обсуждение.** У животных, которые подвергались облучению МП, не обнаружено существенных изменений со стороны кислотно-основного состояния крови. Однако установлено уменьшение сродства гемоглобина к кислороду: так показатель  $p50_{\text{реал}}$  возрастает с  $34,1 \pm 0,31$  до  $37,8 \pm 0,43$  мм рт. ст. ( $p < 0,05$ ), а значение  $p50_{\text{станд}}$  - с  $34,0 \pm 0,85$  до  $37,9 \pm 0,63$  мм рт. ст.

( $p < 0,05$ ). Также при этом наблюдается рост степени насыщения крови кислородом и его напряжения в крови.

В группе, в которой на фоне действия МП вводился донор сероводорода (NaHS), показатель  $p50_{\text{реал}}$  увеличивается до  $37,3 \pm 0,55$  мм рт. ст. ( $p < 0,05$ ) по отношению к контролю, что свидетельствует о сдвиге кривой диссоциации оксигемоглобина в том же направлении (вправо), как и при действии только МП. Подобная динамика изменений была и по показателю  $p50_{\text{станд}}$ . При этом степень оксигениции возрастает до  $26,0 \pm 0,80$  % ( $p < 0,05$ ), а напряжение кислорода в крови увеличивается до  $24,8 \pm 0,76$  мм рт. ст. ( $p < 0,05$ ).

При совместном введении донора сероводорода (NaHS) и аминокислоты L-аргинин характер изменений показателей  $p50_{\text{реал}}$  и  $p50_{\text{станд}}$ , а также по показателям  $pO_2$  и  $SO_2$  был сходный, как и в предыдущей группе.

Комбинация донора сероводорода (NaHS) и ингибитора фермента NO-синтазы (L-NAME) с последующим облучением, изменение показателей  $p50_{\text{реал}}$  и  $p50_{\text{станд}}$  не отмечается и их значение было близко к контрольной группе, т.е. эффект МП не проявляется.

Ранее нами было показано, что облучение МП хвостовой артерии крыс приводит к уменьшению сродства гемоглобина к кислороду, повышению концентрации нитрат/нитритов и сероводорода [3]. Данные эффекты реализуются при участии L-аргинин-NO системы и обусловлены как прямым воздействием МП на кровь, так и опосредованным через кислородзависимые механизмы регуляции образования NO. Данная сигнальная молекула выполняет роль аллостерического эффектора в отношении гемоглобина, изменяя его сродство к кислороду и определяя состояние КТФ крови [2].

Таким образом, результаты наших исследований свидетельствуют, что облучение МП, как в условиях действия газотрансмиттеров, так и без неё, обуславливают однонаправленное изменение кислородсвязывающих свойств крови. Облучение МП хвостовой артерии крыс в условиях введения гидросульфида натрия и аминокислоты L-аргинин обуславливают сдвиг кривой диссоциации оксигемоглобина вправо, и сопровождается повышением концентрации нитрат/нитритов и сероводорода. При ингибировании фермента NO-синтазы, посредством введения субстанции L-

NAME, эффект МП на сродство гемоглобина к кислороду не проявляется.

**Выводы.** Приведенные факты отражают NO-зависимый механизм участия сероводорода в формировании кислородтранспортной функции крови в условиях действия данного физического фактора (МП).

## ЛИТЕРАТУРА

1. Вараксин А.А., Пущина Е.В. Значение сероводорода в регуляции функций органов. - ТМЖ. -2012. -№2(48). -С.27-36.
2. Зинчук В.В., Глуткина Н.В. Кислородсвязывающие свойства крови и монооксид азота. Российский физиологический журнал им. И.М. Сеченова. 2013. –Т.99(5). –С. 537-554.
3. Зинчук, В.В. Участие газотрансмиттеров в модификации кислородтранспортной функции крови при действии магнитного поля / В.В. Зинчук, В.О. Лепеев, И.Э. Гуляй // Российский физиологический журнал им. И. М. Сеченова. -2016. -Т.102 № 10. – С.1176-1184.
4. Сагач В.Ф., Шиманська Т.В., Гошовська Ю.В. Вплив стимуляції та блокади синтезу ендogenous сірководню на функцію серця в умовах ішемії-реперфузії.- Фізіологічний журнал. - 2013. - Том 59, N 4. - С.8-15.
5. Спас, В.В. Респираторный дистресс-синдром взрослых / В.В. Спас, Р.Э. Якубцевич // Мн.: Ипати. -2007. -229с.
6. Улащик В.С. Элементы молекулярной физиотерапии: монография / НАН Беларуси, Институт физиологии. - Минск: Беларуская навука, 2014. - 257 с.
7. Черток В.М., Зенкина В.Г. Регуляция функции яичников: участие газовых трансммиттеров NO, CO и H<sub>2</sub>S. -Успехи физиологических наук. - 2015. -N4. -С.74-89.
8. Kolluru G.K., Prasai P.K., Kaskas A.M., Letchuman V., Pattillo C.B. Oxygen tension, H<sub>2</sub>S, and NO bioavailability: is there an interaction?. Journal of Applied Physiology. -2016. –Vol. 120. –P.263-270.
9. Severinghaus J.W. Blood gas calculator. Journal of Applied Physiology. 1966. –Vol. 21(5). -P.1108-1116.