

УДК 612.23:612.27

ББК 28.072.3

Д 46

Арахова Ф.М.

Аспирант кафедры физиологии человека и животных Кабардино-Балкарского государственного университета им. Х.М. Бербекова, Нальчик, e-mail: faridey@mail.ru

Шаов М.Т.

Доктор биологических наук, профессор, зав. кафедрой физиологии человека и животных Кабардино-Балкарского государственного университета им. Х.М. Бербекова, Нальчик, e-mail: shaov_mt@mail.ru.

Пшикова О.В.

Доктор биологических наук, профессор кафедры физиологии человека и животных Кабардино-Балкарского государственного университета им. Х.М. Бербекова, Нальчик, e-mail: olgapshikova@mail.ru

Курданов Х.А.

Доктор медицинских наук, профессор, руководитель Кабардино-Балкарского филиала государственного научного центра Российской Федерации – Института медико-биологических проблем Российской академии наук, Нальчик, тел. (8662) 2442390, e-mail: kurdanov@yandex.ru

Балкарова М.Х.

Магистрант кафедры физиологии человека и животных Кабардино-Балкарского государственного университета им. Х.М. Бербекова, Нальчик, e-mail: mariat.balkarova@gmail.com

Казанова Д.Х.

Магистрант кафедры физиологии человека и животных Кабардино-Балкарского государственного университета им. Х.М. Бербекова, Нальчик, e-mail: anna.gerter@mail.ru

**Динамика газовых показателей крови под влиянием импульсной гипоксии
и модели электроакустических сигналов пульса
(Рецензирована)**

Аннотация. *Рассматривается влияние высокогорной гипоксии и модели электроакустических сигналов (ЭАС) пульса «Сфигмотон» на сатурацию кислорода и концентрацию углекислого газа в артериальной крови человека. Исследования проведены в условиях низко- и высокогорья в режиме: г. Нальчик (512 м, исходная точка) → на Эльбрусе поляна Азау (2300 м на подъеме) → станция «Мир» (3500 м, высокогорная гипоксия) → поляна Азау (на спуске) → г. Нальчик. Полученные результаты свидетельствуют о том, что в группе опыта под воздействием импульсно-частотной гипоксии в комплексе с ЭАС «Сфигмотон» происходит достоверно меньшее снижение сатурации кислорода в условиях высокогорья, чем в контрольной группе; повышается концентрация углекислоты в артериальной крови в сторону нормы, тем самым восстанавливая кровоснабжение органов и тканей организма.*

Ключевые слова: *гипоксия, адаптация, пульс, диоксид углерода, сатурация кислорода, звук, высокогорье.*

Arakhova F.M.

Post-graduate student of Human and Animal Physiology Department, Kabardino-Balkarian State University named after Kh.M. Berbekov, Nalchik, e-mail: faridey@mail.ru

Shaov M.T.

Doctor of Biology, Professor, Head of Human and Animal Physiology Department, Kabardino-Balkarian State University named after Kh.M. Berbekov, Nalchik, e-mail: shaov_mt@mail.ru

Pshikova O.V.

Doctor of Biology, Professor of Human and Animal Physiology Department, Kabardino-Balkarian State University named after Kh.M. Berbekov Nalchik, e-mail: olgapshikova@mail.ru

Kurdanov Kh.A.

Doctor of Medicine, Professor, Head of the Kabardino-Balkarian Branch of the Russian State Research Center Institute of Biomedical Problems, RAS, Nalchik, ph. (8662) 2442390, e-mail: kurdanov@yandex.ru

Balkarova M.Kh.

Magistrate of Human and Animal Physiology Department, Kabardino-Balkarian State University named after Kh.M. Berbekov, Nalchik, e-mail: mariat.balkarova@gmail.com

Kazanova D.Kh.

Magistrate of Human and Animal Physiology Department, Kabardino-Balkarian State University named after Kh.M. Berbekov, e-mail: anna.gerter@mail.ru

The dynamics of blood gas status under the influence of impulse hypoxia and pulse electroacoustic signals model

Abstract. The paper examines the impact of high-altitude hypoxia and the models of electroacoustic signals (EAS) of pulse “Sfigmoton” on oxygen saturation and concentration of carbon dioxide in human arterial blood. The studies were conducted under conditions of low and high altitude mode: Nalchik (512 m, starting point) → Azau, El-brus (2300 m on the rise) → station “Mir” (3500 m, alpine hypoxia) → Azau (downhill) → Nalchik. The results show that in the group of the experience under the influence of pulse-frequency of hypoxia in combination with EAS “Sfigmoton” occurs significantly smaller decrease in oxygen saturation in the high altitude conditions than in the control group; the concentration of carbon dioxide in arterial blood increases towards the norm, thus restoring blood flow to organs and tissues.

Keywords: hypoxia, adaptation, pulse, carbon dioxide, oxygen saturation, the sound, the highlands.

Введение

Актуальность поиска способов коррекции кислород-дефицитных состояний определяется, во-первых, ролью гипоксии в качестве звена патогенеза многочисленных заболеваний, во-вторых, отсутствием в арсенале лечебных мероприятий в достаточной степени эффективных и безопасных средств профилактики и коррекции кислородной недостаточности [1].

Один из подходов к решению проблемы нарушения энергетического обмена клеток и тканей основан на использовании адаптации к гипоксии. Достаточно давно установлено, что неспецифическая резистентность, развивающаяся в процессе адаптации к гипоксии, играет существенную роль в снижении воздействия на организм неблагоприятных факторов внешней среды, профилактике и лечении ряда заболеваний [2, 3]. Одним из звеньев адаптации к гипоксии является снижение несоответствия между метаболическим запросом и энергетическим обеспечением и возврат отдельных показателей кислородного гомеостаза, в том числе и SaO_2 , к показателям физиологической нормы [4].

Динамика насыщения кислородом артериальной крови является наиболее информативным и специфическим показателем, характеризующим состояние кислородтранспортных функций организма. Человек способен жить и работать при насыщении артериальной крови кислородом в пределах 95%, если оно падает ниже 56%, наступает смерть [5]. Другим показателем служит концентрация углекислого газа в крови, который является уникальным стимулятором центральной нервной системы, сосудистого тонуса, гемодинамики. Растворяясь в артериальной крови, молекулярный CO_2 становится главным фактором регуляции функций внешнего дыхания, обеспечивании кислородного режима тканей, так как он является природным вазодилататором в организме. CO_2 играет роль катализатора в реакциях обмена веществ и является мощным регулятором активности многих ферментов [6].

Оптимальная концентрация CO_2 в артериальной крови, при которой снабжение жизненно важных органов кислородом осуществляется на 100%, находится в пределах от 6 до 6,5%. Концентрация CO_2 от 4,5 до 4% считается зоной риска, а от 4 до 3,6% – зоной болезненей. Дальнейшее ее снижение от 3,6 до 3% говорит о неизбежности возникновения опасных для жизни болезней, так как в этих условиях деструктивная роль АФК возрастает, а способность CO_2 акцептировать радикалы и продукты гликирования снижается. Из этого следует, что концентрация CO_2 в артериальной крови может быть важнейшим информационно-диагностическим показателем [7, 8].

Цель исследования. В связи с этим было решено изучить динамику SaO_2 и CO_2 в крови человека в условиях действия краткосрочной импульсной гипоксии и найти способ коррекции возникающих отрицательных сдвигов на основе модели электроакустических сигналов (ЭАС) пульса «Сфигмотон».

Материалы и методы исследования

В работе приняли участие сотрудники и студенты кафедры физиологии человека и животных биологического факультета Кабардино-Балкарского государственного университета и научно-исследовательской лаборатории КБГУ-РАН «Биофизика нейроинформационных технологий» в количестве 30 человек (средний возраст –24; количество измерений $n=860$),

которые методом случайной выборки были разделены на 2 группы по 15 человек в каждой. Первая группа (контрольная) не подвергалась воздействию изучаемой модели пульса, вторая группа (опытная) в течение 10 дней подвергалась 5-минутному воздействию ЭАС «Сфигмотон». Дистанция от «Сфигмотона» до участников исследования равнялась 3–3,5 метрам. Импульсно-гипоксические сеансы были общими для обеих групп. SaO₂ регистрировалась с помощью метода пульсоксиметрии на установке «Элокс-01М2», концентрация CO₂ определялась методом капнометрии. Статистическая обработка данных проводилась с использованием пакета «SPSS Statistics V22.0».

Режим исследования: г. Нальчик (512 м, исходная точка) → на Эльбрусе поляна Азау (2300 м на подъеме) → станция «Мир» (3500 м, высокогорная гипоксия) → поляна Азау (на спуске) → г. Нальчик.

Таким образом, участники исследования подвергались действию высокогорной гипоксии в импульсном режиме с частотой 1 раз в день и амплитудой от 512 до 3500 метров относительно уровня Балтийского моря. Преимуществом такого режима является то, что при ежедневных коротких сеансах гипоксии организм в последующем получает нормальное количество кислорода, что позволяет осуществлять нормальный ресинтез макроэргов и создавать оптимальные условия для нивелирования возникших при гипоксии негативных изменений. Кроме того, возникают приспособления не только к самой гипоксии, но и к включению и выключению регулирующих ее систем, и организм не отвывает от условий равнины.

Результаты исследования и их обсуждение

В первый день исследования фоновые значения сатурации кислорода были зафиксированы на высоте 512 м над у.м. и составили в контрольной группе 97,13±0,11%, в группе опыта – 97,41±0,05%, то есть находились практически на одном уровне и соответствовали физиологической норме (рис. 1). До подъема на большую высоту группа опыта подверглась 5-минутному воздействию изучаемой модели пульса. На всем протяжении восхождения на Эльбрус сатурация кислорода участников обеих групп достоверно ($P<0,05$) снижалась по сравнению с исходным значением. На высоте 2300 м среднее значение SaO₂ в группе контроля составило 94,06±0,20%, группе опыта – 92,01±0,19%. Гипоксия на высоте 3500 м привела к падению значения сатурации в среднем до 80,10±0,13% в контрольной и до 82,26±0,35% в опытной группах. Таким образом, в группе, которая была под воздействием технологии «Сфигмотон», суммарное снижение SaO₂ составило 15,15%, в контрольной группе – 17,03%.

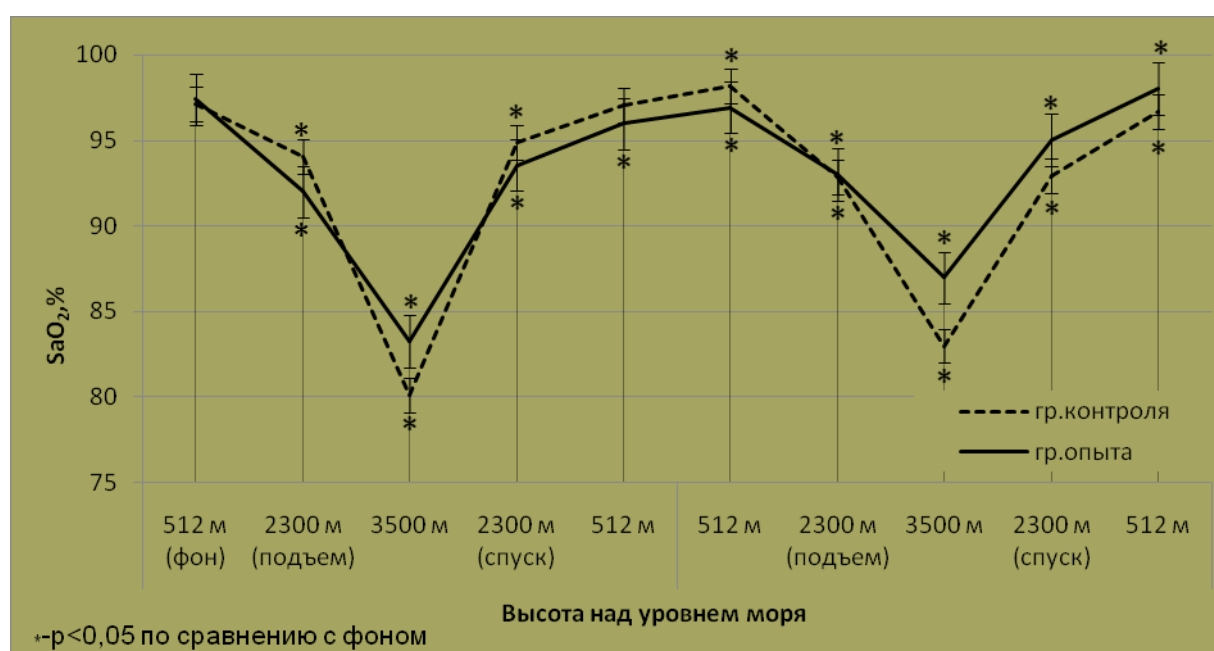


Рис. 1. Динамика сатурации кислородом крови участников контрольной и опытной группы под воздействием гипоксии и «Сфигмотона» на 1-й и 10-й дни исследования

При спуске с максимально достигнутой высоты (ст. Мир, 3500 м) сатурация кислорода постепенно восстанавливалась до первоначального значения: на высоте 2300 м – $94,87 \pm 0,18\%$ и $93,54 \pm 0,11\%$; на высоте 512 м – $97,05 \pm 0,08\%$ и $95,97 \pm 0,03\%$ в группах контроля и опыта соответственно.

Со второго дня и до конца исследования группа опыта подвергалась ежедневному воздействию изучаемой модели пульса. При этом восхождения на Эльбрус проводились раз в 2 дня, показатели снимались при каждом восхождении в том же режиме. В результате на 10-й день воздействия (5-е восхождение) средние значения SaO_2 на высоте 512 м в контрольной группе оказались немного выше опытной ($96,93 \pm 0,03\%$) и составили $98,16 \pm 0,07\%$. Однако на высоте 2300 м значения сатурации кислорода в первой и второй группах становятся практически равными: $92,85 \pm 0,16\%$ и $93,01 \pm 0,28\%$ соответственно. Следовательно, SaO_2 в контрольной группе снизилась на 5,31%, а в группе опыта – на 3,92%. На высоте 3500 м в контрольной группе SaO_2 составляет $82,99 \pm 0,33\%$, а в группе опыта – $86,99 \pm 0,23\%$. Таким образом, при подъеме с 512 до 3500 м в группе контроля наблюдается достоверное снижение значения сатурации кислорода на 15,17%, в то время как в группе опыта снижение составляет всего 9,94%.

На спуске: на высоте 2300 м SaO_2 в контрольной группе – $92,92 \pm 0,15\%$, в группе опыта – $95,03 \pm 0,23\%$; на высоте 512 м – $96,67 \pm 0,09\%$ и $98,03\%$ соответственно. Так, SaO_2 в контрольной группе не восстановилась до первоначального фонового состояния, в то время как в опытной группе оказалась выше фонового.

Другим изученным нами показателем является концентрация диоксида углерода в артериальной крови.

Фоновые значения на высоте 512 м показали достаточное для нормального функционирования организма содержание CO_2 в крови участников исследования: в контрольной группе – $4,99 \pm 0,14\%$, в группе опыта – $5,10 \pm 0,16\%$ (рис. 2). На высоте 2300 м концентрация двуоксида углерода в контрольной группе достоверно снижается до $4,64 \pm 0,12\%$, в группе опыта – до $4,76 \pm 0,08\%$. После подъема на высоту 3500 м суммарное снижение концентрации CO_2 составляет: в контрольной группе – 0,64% ($4,35 \pm 0,09\%$), в группе опыта – 0,45% ($4,56 \pm 0,08\%$). По возвращении на 2300 м значение показателя восстанавливается до $4,42 \pm 0,09\%$ и $4,67 \pm 0,09\%$ в первой и второй группах соответственно. На 512 м CO_2 в группе опыта выше, чем в контрольной ($4,83 \pm 0,12\%$), и составляет $5,05 \pm 0,01\%$.

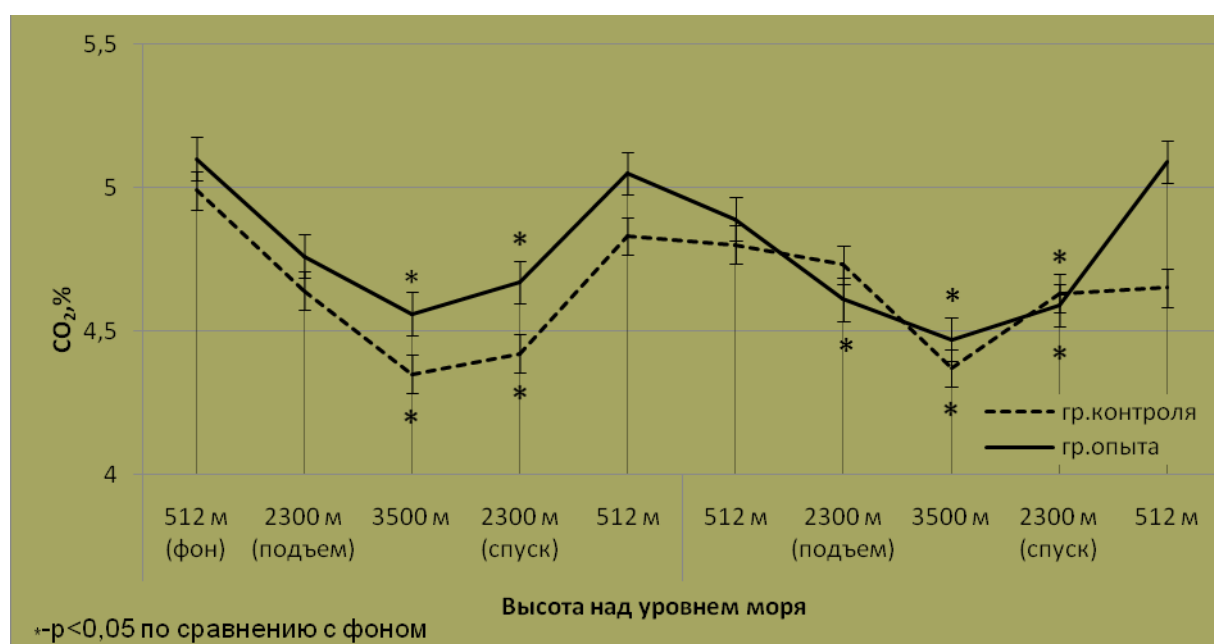


Рис. 2. Динамика концентрации CO_2 в артериальной крови участников контрольной и опытной группы под воздействием гипоксии и «Сфигмотона» на 1-й и 10-й дни исследования

На 10-й день исследования на высоте 512 м значение концентрации диоксида углерода в крови участников группы опыта все еще выше ($4,89 \pm 0,10\%$), чем в контрольной группе ($4,80 \pm 0,08\%$). На высоте 2300 м CO_2 в контрольной группе – $4,73 \pm 0,10\%$, в группе опыта – $4,61 \pm 0,09\%$. На высоте 3500 м – $4,37 \pm 0,09\%$ и $4,47 \pm 0,05\%$. На спуске 2300 м – $4,63 \pm 0,12\%$ и $4,59 \pm 0,07\%$. При возвращении в Нальчик (512 м) содержание диоксида углерода у участников контрольной группы было достоверно ниже, чем в группе опыта – $4,65 \pm 0,09\%$ и $5,09 \pm 0,01\%$ соответственно. Значение данного показателя восстановилось до фонового только во второй (опытной) группе.

Заключение

Результаты проведенного исследования позволяют констатировать эффективность влияния технологии «Сфигмотон» на газовый состав крови, а именно на SaO_2 и CO_2 , являющиеся важнейшими интегральными показателями адаптационных возможностей организма человека.

В группе опыта под воздействием импульсно-частотной гипоксии в комплексе с ЭАС «Сфигмотон» произошло меньшее снижение сатурации кислорода в условиях высокогорья, чем в контрольной группе. По возвращении в привычные условия участники группы контроля показали более низкие значения SaO_2 , чем было зафиксировано в фоне. В группе опыта значение сатурации кислорода практически вернулось к фоновому.

Как известно, повышение содержания CO_2 в крови ускоряет диссоциацию оксигемоглобина, что облегчает транспорт кислорода к тканям и увеличивает оксигенацию крови в легких, одним из показателей которых является сатурация SpO_2 . Диоксид углерода, связываясь с аминокетильными группами гемоглобина, понижает внутриклеточный pH, снижая сродство гемоглобина к кислороду (эффект Бора). Результаты исследования указывают на то, что технология «Сфигмотон» повышает концентрацию углекислоты в артериальной крови в сторону нормы, тем самым восстанавливая кровоснабжение органов и тканей организма.

Интересно отметить, что в группе контроля даже после пяти сеансов высокогорной гипоксии уровень SaO_2 снижается (10-й день) на 15,17%. Это достаточно опасно, так как при резком снижении уровня SaO_2 всего на 3% (с 96% до 93%) может наступить гибель организма или его жизненно важных центров из-за функционального напряжения систем дыхания и кровообращения на фоне усиления потенциалов действия хеморецепторов [9]. В свете этого, снижение уровня SaO_2 в опытной группе всего на 9,94% свидетельствует о большой эффективности испытываемого способа.

Заслуживает внимание также динамика CO_2 с учетом его роли в кровоснабжении головного мозга – установлено, что каждый 1% отклонений от нормы (или исходного значения) порождает уменьшение просвета микрососудов головного мозга на 25% [7]. С учетом этого, из простого расчета следует, что снижение уровня CO_2 в крови на 0,34% ($4,99$ в фоне – $4,65$ на 10-й день) говорит об уменьшении степени кровоснабжения головного мозга на 8,5%. В группе опыта этого не происходит, что также свидетельствует об эффективности технологии «Сфигмотон» и возможности создания на его основе неинвазивно действующего способа повышения устойчивости организма к высокогорной гипоксии.

По-видимому, «Сфигмотон» запускает один из механизмов адаптации к гипоксии [10] – между различными по энергоёмкости, скорости и принадлежности к физиологическим системам регулирования микрофизиологическими показателями энергопродукции и энергопотребления происходит амплитудно-частотная синхронизация. В результате этого на клеточном энергоинформационном уровне образуются синхронизированные сигналы действия, модулированные факторами природы или иными [8], которые способны управлять неинвазивно физиологическими функциями организма.

Примечания:

1. Абидуева Л.Р., Чукаев С.А. Применение комбинаций средств природного происхождения в качестве способа фармакологической коррекции реоксигенации

References:

1. Abidueva L.R., Chukaev S.A. The use of combinations of remedies of natural origin as the way of pharmacological correction reoxygenation damage // Bulletin

- национных повреждений // Вестник Бурятского государственного университета. 2013. № 12. С. 63–67.
- Иванов К.П. Основы энергетики организма. Т. 4. Энергоресурсы организма и основы. СПб.: Наука, 2004. 250 с.
 - Лапкин В.З., Тихадзе А.К., Беленков Ю.Н. Свободнорадикальные процессы в норме и при патологических состояниях. М., 2001. 78 с.
 - Артыков М.А. Изучение влияния дополнительного «мертвого» пространства на дыхание в условиях покоя и работ различной мощности // Тезисы докладов Девятой всесоюз. науч. конф. по физиологии, морфологии, биохимии и биомеханике мышечной деятельности. Ч. 1. М., 1966. С. 17.
 - Folk G.E. Introduction to environmental physiology // Environmental extremes and mammalian survival / ed. by Lea and Fehiger. Philadelphia, 1969. P. 213.
 - Агапов Ю.Я. Кислотно-щелочной баланс. М.: Медицина, 1968. 184 с.
 - Мишустин Ю.Н. Выход из тупика. Ошибки медицины исправляет физиология. 3-е изд., испр. и доп. Самара: Самарский Дом печати, 2007. 80 с.
 - Пшикова О.В., Шаов М.Т., Шаова З.А. Изменение концентрации углекислого газа в крови человека под воздействием электроакустических сигналов нервных клеток // Юг России. 2009. № 1. С. 135–140.
 - Коваленко Е.А., Черняков И.Н. Кислород тканей при экстремальных факторах полета. Проблемы космической биологии. М.: Наука, 1972. 264 с.
 - Шаов М.Т., Курданов Х.А., Пшикова О.В. Кислородзависимые электрофизиологические и энергоинформационные механизмы адаптации нервных клеток к гипоксии. Воронеж: Научная книга, 2010. 196 с.
 - tin of Buryat State University. 2013. No. 12. P. 63–67.
 - Ivanov K.P. Basics of the body's energy. Vol. 4. Energy resources of the body and physiology of survival. SPb.: Nauka, 2004. 250 pp.
 - Lapkin V.Z., Tikhadze A.K., Belenkov Yu.N. Free-radical processes in normal and pathological conditions. M., 2001. 78 pp.
 - Artykov M.A. Study of the effect of additional “dead” space on breath at rest and works of various capacities // Theses of reports of the 9th Soviet Union scient. conf. in physiology, morphology, biochemistry and biomechanics of muscle activity. Pt. 1. M., 1966. P. 17.
 - Folk G.E. Introduction to environmental physiology // Environmental extremes and mammalian survival / ed. by Lea and Fehiger. Philadelphia, 1969. P. 213.
 - Agapov Yu.Ya. The acid-alkaline balance. M.: Medicine, 1968. 184 pp.
 - Mishustin Yu.N. Exit out of the impasse. Medicine errors are corrected physiology. 3rd ed., corrected. and ext. Samara: JSC Publisher Samara Printing House, 2007. 80 pp.
 - Pshikova O.V., Shaov M.T., Shaova Z.A. Changing the concentration of carbon dioxide in the blood under the influence of electro-nerve cell signals // South Russia. 2009. No. 1. P. 135–140.
 - Kovalenko E.A., Chernyakov I.N. Oxygen tissues under extreme flight factors. Problems of space biology. M.: Science, 1972. 264 pp.
 - Shaov M.T., Kurdanov Kh.A., Pshikova O.V. Electrophysiological and oxygen-energy-information nerve cell mechanisms of adaptation to hypoxia. Voronezh: Scientific Book, 2010. 196 pp.