

ОПЫТ ПРИМЕНЕНИЯ ГИПЕРБАРИЧЕСКОЙ ОКСИГЕНОТЕРАПИИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПОРТАТИВНЫХ БАРОКАМЕР ДЛЯ ЛЕЧЕНИЯ ПАЦИЕНТОВ С НОВОЙ КОРОНАВИРУСНОЙ ИНФЕКЦИЕЙ COVID-19

А.С. Самойлов¹, Ю.Д. Удалов^{1*}, М.В. Шеянов¹, А.В. Жолинский², А.Б. Литвиненко²

¹ ФГБУ «Государственный научный центр Российской Федерации —
Федеральный медицинский биофизический центр им. А.И. Бурназяна» ФМБА России
123098, Российская Федерация, Москва, ул. Маршала Новикова, д. 23

² ФГБУ «Федеральный научно-клинический центр спортивной медицины
и реабилитации ФМБА России»
121059, Российская Федерация, Москва, ул. Большая Дорогомиловская, д. 5

В сообщении представлен опыт применения мобильных барокамер пациентам с подтвержденной новой коронавирусной инфекцией в стационарных условиях. Полученные первичные обнадеживающие результаты свидетельствуют о положительных антигипоксических эффектах применения гипербарической оксигенации (ГБО) в виде повышения сатурации. Средний прирост насыщения гемоглобина капиллярной крови кислородом среди наблюдаемых пациентов после сеанса ГБО составил 3,71 пункта. Различия между уровнем SatO₂ до и после процедуры ГБО были достоверными в группах КТ2, КТ3 и КТ4 ($p < 0,05$). Достоверных различий между средними показателями SatO₂ в группах КТ0 и КТ1 выявить не удалось ($p > 0,05$). Как и можно было ожидать, эффективность процедуры ГБО в плане воздействия на показатель насыщения гемоглобина капиллярной крови кислородом оказалась наибольшей в группах лиц с выраженными клинико-рентгенологическими изменениями в лёгких.

Ключевые слова: COVID-19, барокамера, сатурация

Конфликт интересов: авторы заявили об отсутствии конфликта интересов.

Для цитирования: Самойлов А.С., Удалов Ю.Д., Шеянов М.В., Жолинский А.В., Литвиненко А.Б. Опыт применения гипербарической оксигенотерапии с использованием портативных барокамер для лечения пациентов с новой коронавирусной инфекцией COVID-19. *Биомедицина*. 2020;16(2):39–46.
<https://doi.org/10.33647/2074-5982-16-2-39-46>

Поступила 10.05.2020

Принята после доработки 25.05.2020

Опубликована 10.06.2020

EXPERIENCE IN APPLYING HYPERBARIC OXYGEN THERAPY USING PORTABLE PRESSURE CHAMBERS FOR THE TREATMENT OF PATIENTS WITH THE NOVEL CORONAVIRUS INFECTION COVID-19

Alexander S. Samoilov¹, Yuri D. Udalov^{1*}, Mikhail V. Sheyanov¹,
Andrey V. Gholinsky², Andrey B. Litvinenko²

¹ Russian State Research Center — Burnasyan Federal Medical and Biophysical Center
of the Federal Medical and Biological Agency of Russia
123098, Russian Federation, Moscow, Marshala Novikova str., 23

² Federal Scientific Clinical Center of Sports Medicine and Rehabilitation
of the Federal Medical and Biological Agency of Russia
121059, Russian Federation, Moscow, Bolshaya Dorogomilovskaya str., 5

This communication presents the experience of using mobile pressure chambers in patients with the confirmed novel coronavirus infection in hospital settings. The obtained preliminary results indicate positive antihypoxic effects of hyperbaric oxygen therapy (HBO) applied in the form of increased saturation. After a session of HBO, patients demonstrated an increase in the oxygen saturation of capillary blood hemoglobin at the average level of 3.71 points. Differences between SatO₂ levels prior to and following HBO treatment were significant in the CT2, CT3 and CT4 groups ($p < 0.05$). No significant differences were observed between the average SatO₂ values in the CT0 and CT1 groups ($p > 0.05$). As expected, the efficacy of HBO in terms of the oxygen saturation of capillary blood hemoglobin was the greatest in the patient groups showing pronounced clinical and radiological changes in the lungs.

Keywords: COVID-19, pressure chamber, saturation

Conflict of interest: the authors declare no conflict of interest.

For citation: Samoilov A.S., Udalov Yu.D., Sheyanov M.V., Gholinsky A.V., Litvinenko A.B. Experience in Applying Hyperbaric Oxygen Therapy Using Portable Pressure Chambers for the Treatment of Patients with the Novel Coronavirus Infection COVID-19. *Journal Biomed.* 2020;16(2):39–46. <https://doi.org/10.33647/2074-5982-16-2-39-46>

Submitted 10.05.2020

Revised 25.05.2020

Published 10.06.2020

Введение

Новый коронавирус SARS-CoV-2 (название, присвоенное Международным комитетом по таксономии вирусов 11 февраля 2020 года) представляет собой одноцепочечный РНК-содержащий вирус, относится к семейству Coronaviridae, линии Beta-CoV B, вызывает инфекционное заболевание COVID-19. Вирус отнесен ко II группе патогенности, как и некоторые другие представители этого семейства (SARS-CoV, MERS-CoV).

Круглогодично циркулирующие среди населения коронавирусы включены в структуру ОРВИ и, как правило, вызывают поражение верхних дыхательных путей легкой и средней степени тяжести.

Патогенез COVID-19 изучен недостаточно. Данные о длительности и напряженности иммунитета в отношении SARS-CoV-2 в настоящее время отсутствуют. Иммунитет при инфекциях, вызванных другими представителями семейства коронавирусов, нестойкий и возможно повторное зараже-

ние. Первоначальный источник новой коронавирусной инфекции COVID-19 не установлен. Распространение — повсеместно.

В настоящее время основным источником инфекции является больной человек, в т. ч. находящийся в инкубационном периоде заболевания. Передача инфекции осуществляется воздушно-капельным (при кашле, чихании, разговоре), воздушно-пылевым и контактным путями. Факторами передачи являются воздух, пищевые продукты и предметы обихода, загрязненные SARS-CoV-2. Входные ворота для вируса SARS-CoV-2 — слизистая верхних дыхательных путей и глаз. Специфическая лабораторная диагностика заключается в выявлении РНК SARS-CoV-2 методом ПЦР [1].

Клинические проявления новой коронавирусной инфекции неспецифичны, сходны с проявлениями гриппа и пневмонии. Инкубационный период составляет от 2-х до 14-ти сут. Для COVID-19 характерно наличие клинических симптомов острой

респираторной вирусной инфекции, основными из которых являются повышение температуры тела, кашель сухой или с небольшим количеством мокроты, одышка, миалгии и утомляемость, ощущение заложенности в грудной клетке [2].

Специфическое лечение COVID-19 отсутствует. Основные подходы к лечению определяются известными фрагментами патогенеза данной инфекции [3, 4].

1. Стимуляция локального иммунитета на этапе проникновения вируса через дыхательные пути.

2. Специфические антитела, в т. ч. гипериммунная плазма крови переболевших больных, моноклональные антитела к мембранному рецептору ACE2, ингибиторы РНК-полимераз для снижения активности репликации вируса в клетках, предотвращения повреждения дыхательных путей.

3. Компенсация нарушений нормального газообмена в лёгких вследствие различных механизмов их повреждения (заполнение просвета альвеол поврежденными альвеолами, изменение тонуса мускулатуры бронхов и реактивности сосудов, активации ферментов деструкции межклеточного матрикса и проникновение экссудата в лёгкие, слипание альвеол вследствие дефицита сурфактанта, спазм и обтурация тромбами легочных сосудов с повышением давления в малом круге кровообращения, отеком легочной ткани и развитием острого респираторного дистресс-синдрома в тяжелых случаях) — оксигенотерапия, неинвазивная вентиляция лёгких, искусственная вентиляция лёгких (ИВЛ), экстракорпоральная мембранная оксигенация (ЭКМО), искусственные переносчики кислорода.

4. Предотвращение оксидативного стресса и гиперреактивности системы иммунитета, провоцируемых гибелью инфицированных клеток, — антиоксиданты, активаторы ферментов антиоксидантной защиты, средства, ограничивающие активацию иммунной системы, в т. ч. монокло-

нальные антитела к интерлейкину-6 (ИЛ-6), моноклональные антитела к хемоаттрактантовому фактору α 4-интегрину, моноклональные антитела к фактору некроза опухоли альфа (ФНО- α), глюкокортикоиды, мефлохин, тимодепрессин, ингибиторы активности ферментов деструкции межклеточного матрикса (матриксных металлопротеиназ), способствует развитию.

Еще одним важным звеном патогенеза новой коронавирусной инфекции COVID-19 является цитотоксическое действие частиц вируса на эритроциты, нарушающее газотранспортную функцию крови и приводящее к тяжелой гипоксемии и гемоглобинопатии [5]. Возмещение данной функции осуществляется путем переливания эритроцитарной массы.

Таким образом, согласно имеющейся в настоящий момент информации, нарушение нормального газообмена в лёгких и газотранспортной функции крови является ключевым фактором, обуславливающим тяжесть течения и развитие осложнений новой коронавирусной инфекции COVID-19. Необходимость разработки альтернативных атравматичных и доступных вспомогательных путей доставки кислорода у больных с гипоксемией на фоне инфекции COVID-19 побудила специалистов ФГБУ ГНЦ ФМБЦ им. А.И. Бурназяна ФМБА России использовать в комплексной терапии эффекты гипербарической оксигенации (ГБО).

Анализ методики ГБО позволяет выделить следующие ее преимущества в сравнении с искусственной вентиляцией лёгких:

- меньшая степень травматизации легочной ткани;
- меньший риск вторичных инфекционных осложнений;
- исключается повреждение мягких тканей и дыхательных путей вследствие интубации;
- исключается риск осложнений, связанных с пребыванием трахеостомической трубки в дыхательных путях.

В литературе имеются сообщения о попытках применения ГБО в лечении больных с инфекцией COVID-19. Однако сведений об оценке эффективности применения данной методики не представлено [6].

Результаты исследований

В схемы лечения пациентов с новой коронавирусной инфекцией COVID-19 на базе специализированного инфекционного стационара ФГБУ ГНЦ ФМБЦ им. А.И. Бурназяна ФМБА России были введены сеансы ГБО с использованием портативной барокамеры с медицинским кислородным концентратором серии «Нью Лайф» (регистрационное удостоверение № ФСЗ 2011/10546 от 13.09.2011 г.).

Характеристики применяемой методики и оборудования:

- продолжительность — 30 мин;
- время компрессии — 4–6 мин;
- максимальное давление — 4 PSI;
- три режима работы — 1.5 PSI, 2 PSI, 4 PSI;
- длина — 2,25 м, диаметр — 0,69 м, объем — 0,835 м³.

Показаниями к применению методики ГБО были определены:

- наличие гипоксемии (насыщение гемоглобина капиллярной крови кислородом (SatO₂) менее 93%) на фоне длительной неинвазивной малопоточной оксигенации;
- персистирование клинических симптомов гипоксии (одышка, слабость, головная боль) при нетяжелых расстройствах газового состава крови (93% < SatO₂ < 95%);
- неблагоприятные последствия искусственной вентиляции лёгких (пострессовый синдром) у больных COVID-19.

Противопоказаниями к применению методики ГБО были определены:

- наличие в анамнезе эпилепсии или каких-либо других судорожных припадков;

- наличие остаточных полостей (каверны, абсцессы и воздушные кисты) в лёгких;

- тяжелые формы гипертонической болезни (3-я стадия, 3-я степень артериальной гипертензии);

- нарушение проходимости евстахиевых труб и каналов, соединяющих придаточные пазухи носа с внешней средой (полипы и воспалительные процессы в носоглотке, среднем ухе, придаточных пазухах носа, аномалии развития и т. п.);

- клаустрофобия;

- наличие повышенной чувствительности к кислороду.

С целью оценки эффективности сеансов гипербарической оксигенации до и после проведения процедуры определялась выраженность объективных (снижение SatO₂) проявлений гипоксемии. Насыщение гемоглобина капиллярной крови кислородом определялось неинвазивным методом с помощью пульсоксиметра Ri-FoxN (Rudolf Riester GmbH, ФРГ). До и после курса процедур ГБО выполнялась компьютерная томография органов грудной клетки с помощью компьютерного томографа Toshiba Aquilion (Toshiba Corp., Япония).

Наблюдаемая когорта включала 34 пациента. Распределение по полу и возрасту представлено на рис. 1.

В зависимости от КТ-картины поражения лёгких пациенты были распределены на 5 групп (рис. 2).

Среднее значение SatO₂ до процедуры ГБО составило в исследованной группе 90,75±6,8%. Среднее значение SatO₂ в группах с различной выраженностью КТ-изменений в лёгких представлено в табл. 1.

Среднее значение SatO₂ после процедуры ГБО составило в исследованной группе 94,39±3,2%. Среднее значение SatO₂ в группах с различной выраженностью КТ-изменений в лёгких представлено в табл. 2.

Отмечено достоверное снижение показателя SatO₂ при нарастании выраженности

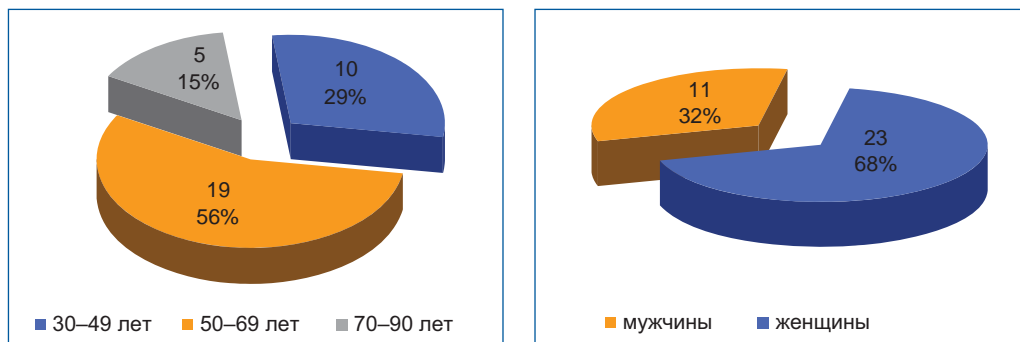


Рис. 1. Распределение по полу и возрасту пациентов, получивших сеансы гипербарической оксигенации.
Fig. 1. Gender and age distribution of patients having received hyperbaric oxygenation treatment.

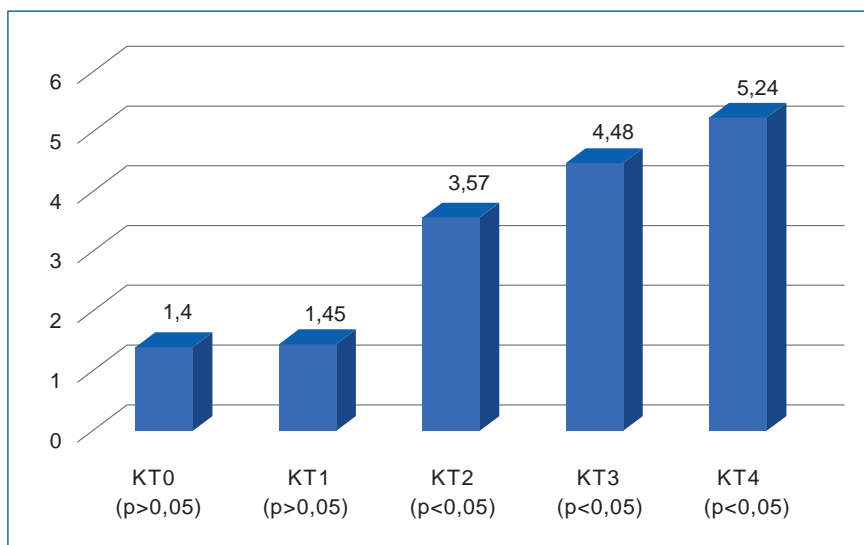


Рис. 2. Группы пациентов в зависимости от КТ-картины поражения лёгких.
Fig. 2. Groups of patients depending on the lung damage determined by CT results.

Таблица 1. Среднее значение SatO_2 до процедуры ГБО в группах с различной выраженностью КТ-изменений в лёгких

Table 1. Average SatO_2 value before HBO treatment in groups with different severity of CT changes in the lungs

Группа	Среднее значение SatO_2 до процедуры ГБО, %
КТ0	95,8
КТ1	95,6
КТ2	90,1
КТ3	90,3
КТ4	88,3

Таблица 2. Среднее значение SatO_2 после процедуры ГБО в группах с различной выраженностью КТ-изменений в лёгких

Table 2. Average SatO_2 value after HBO treatment in groups with different severity of CT changes in the lungs

Группа	Среднее значение SatO_2 после процедуры ГБО, %
КТ0	97,2
КТ1	97
КТ2	93,6
КТ3	94,8
КТ4	93,5

рентгеновских изменений ($p < 0,05$). Средний прирост насыщения гемоглобина капиллярной крови кислородом среди наблюдаемых пациентов после сеанса ГБО составил 3,71 пункта. Средние значения увеличения сатурации кислородом крови в наблюдаемых КТ-группах представлены на рис. 3. Различия между уровнем SatO_2 до и после процедуры ГБО было достоверным в группах КТ2, КТ3 и КТ4 ($p < 0,05$). Достоверных различий между средними показателями SatO_2 в группах КТ0 и КТ1 выявить не удалось ($p > 0,05$). Как и можно было ожидать, эффективность процедуры ГБО в плане воздействия на показатель насыщения гемоглобина капиллярной крови кислородом оказалась наибольшей в группах лиц с выраженными клинико-рентгенологическими изменениями в лёгких (исходное снижение SatO_2 , группа по КТ).

Обсуждение результатов

Представленные данные демонстрируют отчетливые положительные эффекты применения сеансов ГБО в комплексной терапии пациентов с COVID-19 среднетя-

желого и тяжелого течения. Уже после первого сеанса ГБО в состоянии больных наблюдалась положительная динамика в виде достоверного прироста сатурации капиллярной крови кислородом. При этом все пациенты отмечали хорошую субъективную переносимость 30-минутной процедуры. Следует, однако, отметить, что у 2-х больных, получавших курс ГБО, в процессе лечения возникла необходимость в переводе в отделение интенсивной терапии в связи с повторным выраженным снижением SatO_2 и нарастанием одышки на фоне прогрессирования рентгеновских изменений в лёгких (до КТ3 и КТ4 соответственно). Очевидно, речь в данных случаях шла о прогрессирующем течении заболевания. Добиться устойчивого улучшения состояния этих пациентов удалось с помощью введения тоцилизумаба в сочетании с обменным плазмаферезом в одном случае и пульс-терапии метилпреднизолоном — в другом. Таким образом, ГБО может рассматриваться не в качестве альтернативы медикаментозному лечению, а как составная часть комплексного ведения пациента. Отчетливое

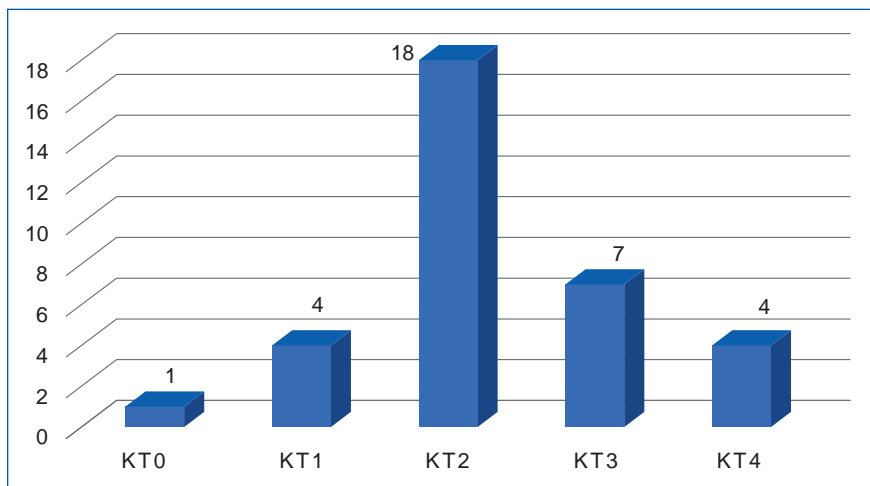


Рис. 3. Средние значения увеличения сатурации кислородом крови после проведения процедуры ГБО в группах с различной выраженностью КТ-изменений в лёгких.

Fig. 3. Average values of an increase in the oxygen saturation of blood after HBO treatment in groups with different severity of CT changes in the lungs.

антигипоксическое действие ГБО улучшает клиническое состояние пациента в ожидании эффекта от лекарственной терапии, стабилизирует показатели газового состава крови и позволяет избежать (как минимум, в ряде случаев) перевода больных на ИВЛ, что, несомненно, является существенным успехом в лечении.

Перспективным с точки зрения дальнейшего изучения результатов применения ГБО в комплексной терапии COVID-19 считаем расширение спектра изучаемых показателей дыхательной и сердечно-сосудистой систем (ЧСС, АД и др.), оценку динамики показателей кислотно-щелочного состояния, психологического статуса и иных параметров пациентов.

Заключение

Предварительные результаты применения гипербарической оксигенации в комплексной терапии пациентов, страдающих инфекцией COVID-19 с поражением лёгких, свидетельствуют о достоверном бла-

гоприятном воздействии указанного метода на выраженность гипоксемии и субъективных проявлений гипоксии.

Улучшение газового состава крови пациентов на фоне курса ГБО позволяет избежать у них развития критической гипоксемии, предотвращая тем самым перевод больных на искусственную вентиляцию лёгких с известными неблагоприятными последствиями.

Гипербарическая оксигенация позволяет более эффективно бороться с развитием гипоксемии и ее клинических проявлений у больных COVID-19 с поражением лёгких по сравнению с нормобарической неинвазивной оксигенотерапией.

Оптимальным показанием к применению гипербарической оксигенации при инфекции COVID-19 следует считать сохранение гипоксемии на фоне малопоточной неинвазивной оксигенации у больных с выраженными изменениями на компьютерной томографии лёгких (группы КТ2, -3 и -4).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ | REFERENCES

1. Временные методические рекомендации Минздрава России «Профилактика, диагностика и лечение новой коронавирусной инфекции (COVID-19)». Версия 6 (28.04.2020). [*Vremennye metodicheskie rekomendatsii Minzdrava Rossii "Profilaktika, diagnostika i lechenie novoi koronavirusnoi infektsii (COVID-19)"*] [Temporary guidelines of the Ministry of health of the Russian Federation "Prevention, diagnosis and treatment of new coronavirus infection (COVID-19)". Version 6 (28.04.2020). (In Russian)].
2. Никифоров В.В., Суранова Т.Г., Миронов А.Ю., Забозлаев Ф.Г. Новая коронавирусная инфекция (COVID-19): этиология, эпидемиология, клиника, диагностика, лечение и профилактика: Уч.-метод. пособ. М.: Академия последипломного образования ФГБУ ГНЦ ФНКЦ ФМБА России, 2020. 48 с. [Nikiforov V.V., Suranova T.G., Mironov A.Yu., Zabozaev F.G. *Novaya koronavirusnaya infektsiya: Uch.-metod. posob.* [New coronavirus infection (COVID-19): etiology, epidemiology, clinic, diagnosis, treatment, and prevention: Educational and methodical manual]. Moscow: Academy of Postgraduate Education of the Center for Sports Medicine of Federal Medical Biological Agency of Russia, 2020. 48 p. (In Russian)].
3. Roback J.D., Guarner J. Convalescent Plasma to Treat COVID-19: Possibilities and Challenges. *JAMA*. 2020;323(16):1561–1562. DOI: 10.1001/jama.2020.4940.
4. Jean S.S., Lee P.I., Hsueh P.R. Treatment options for COVID-19: The reality and challenges [published online ahead of print, 2020 Apr 4]. *J. Microbiol. Immunol. Infect.* 2020;S1684–1182(20)30094-3. DOI: 10.1016/j.jmii.2020.03.034.
5. Lippi G., Mattiuzzi C. Hemoglobin value may be decreased in patients with severe coronavirus disease 2019 [published online ahead of print, 2020]. *Hematol. Transfus. Cell Ther.* 2020; S2531–1379(20)30029-8. DOI: 10.1016/j.htct.2020.03.001.
6. Geier M.R., Geier D.A. Respiratory conditions in coronavirus disease 2019 (COVID-19): Important considerations regarding novel treatment strategies to reduce mortality [published online ahead of print, 2020]. *Med. Hypotheses*. 2020;140:109760. DOI: 10.1016/j.mehy.2020.109760.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ | INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Самойлов Александр Сергеевич, д.м.н., проф., член-корр. РАН, ФГБУ «Государственный научный центр Российской Федерации — Федеральный медицинский биофизический центр им. А.И. Бурназяна» ФМБА России;

e-mail: Fmbc.noo@gmail.com

Удалов Юрий Дмитриевич*, д.м.н., доц., ФГБУ «Государственный научный центр Российской Федерации — Федеральный медицинский биофизический центр им. А.И. Бурназяна» ФМБА России;

e-mail: Udalovjuradoctor@gmail.com

Шеянов Михаил Васильевич, д.м.н., ФГБУ «Государственный научный центр Российской Федерации — Федеральный медицинский биофизический центр им. А.И. Бурназяна» ФМБА России;

e-mail: Fmbc.noo@gmail.com

Жолинский Андрей Владимирович, к.м.н., ФГБУ «Федеральный научно-клинический центр спортивной медицины и реабилитации ФМБА России»;

e-mail: fnkcsm@sportfmba.ru

Литвиненко Андрей Борисович, ФГБУ «Федеральный научно-клинический центр спортивной медицины и реабилитации ФМБА России»;

e-mail: otdel_omo@sportfmba.ru

Alexander S. Samoilov, Dr. Sci. (Med.), Prof., Corresponding Member of the Russian Academy of Sciences, Russian State Research Center — Burnasyan Federal Medical and Biophysical Center of the Federal Medical and Biological Agency of Russia;

e-mail: Fmbc.noo@gmail.com

Yuri D. Udalov*, Dr. Sci. (Med.), Assoc. Prof., Russian State Research Center — Burnasyan Federal Medical and Biophysical Center of the Federal Medical and Biological Agency of Russia;

e-mail: Udalovjuradoctor@gmail.com

Mikhail V. Sheyanov, Dr. Sci. (Med.), Russian State Research Center — Burnasyan Federal Medical and Biophysical Center of the Federal Medical and Biological Agency of Russia;

e-mail: Fmbc.noo@gmail.com

Andrey V. Gholinsky, Cand. Sci. (Med.), Federal Scientific Clinical Center of Sports Medicine and Rehabilitation of the Federal Medical and Biological Agency of Russia;

e-mail: fnkcsm@sportfmba.ru

Andrey B. Litvinenko, Federal Scientific Clinical Center of Sports Medicine and Rehabilitation of the Federal Medical and Biological Agency of Russia;

e-mail: otdel_omo@sportfmba.ru

* Автор, ответственный за переписку / Corresponding author