

Вопросы курортологии, физиотерапии
и лечебной физической культуры
2023, Т. 100, №3, с. 63–68
<https://doi.org/10.17116/kurort202310003163>

Problems of balneology, physiotherapy, and exercise therapy=
Voprosy kurortologii, fizioterapii i lechebnoi fizicheskoi kultury
2023, Vol. 100, no. 3, pp. 63–68
<https://doi.org/10.17116/kurort202310003163>

К вопросу о возможности применения инъекционной карбокситерапии в комплексном лечении пациентов с хронической болью

© Н.С. БОФАНОВА, Д.Р. САГИТОВА, И.Г. БЕЛОКЛОКОВА

ФГБОУ ВО «Пензенский государственный университет», Пенза, Россия

РЕЗЮМЕ

Цель исследования. Анализ эффективности применения метода карбокситерапии с целью купирования хронического болевого синдрома.

Материал и методы. Проанализированы доступные литературные источники, опубликованные в период 2017—2022 гг. и проиндексированные в международных реферативных базах Scopus, Web of Science, PubMed. Поиск производили по ключевым словам: карбокситерапия, медицинская реабилитация, хроническая боль. Также выполнено наблюдение за пациенткой с хроническим болевым синдромом, которой проводили процедуры карбокситерапии при реабилитации, с последующей оценкой использования карбокситерапии в комплексном лечении.

Результаты. Анализ доступной литературы показал, что для получения обезболивающего, антиспастического, а также противовоспалительного и регенеративного эффекта у пациентов с хронической болью применяют разные методические варианты карбокситерапии. В представленном клиническом случае применение карбокситерапии у пациентки с хроническим болевым синдромом продемонстрировало эффективность методики, выразившуюся в положительной динамике оценки уменьшения болевого синдрома по визуальной аналоговой шкале и показателей нарушения жизнедеятельности по опросникам Rollan Morris и Oswestry.

Заключение. Карбокситерапия снижает интенсивность хронического болевого синдрома и может быть применена как дополнительный метод в медицинской реабилитации. Необходимы дальнейшие исследования в данном направлении.

Ключевые слова: карбокситерапия, хроническая боль, скелетно-мышечная боль, МКБ-11.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ:

Бофанова Н.С. — <https://orcid.org/0000-0002-5455-4987>

Сагитова Д.Р. — <https://orcid.org/0000-0002-0004-1078>

Белоклокова И.Г. — <https://orcid.org/0000-0001-8514-9629>

Автор, ответственный за переписку: Бофанова Н.С. — e-mail: neurology-pgu@mail.ru

КАК ЦИТИРОВАТЬ:

Бофанова Н.С., Сагитова Д.Р., Белоклокова И.Г. К вопросу о возможности применения инъекционной карбокситерапии в комплексном лечении пациентов с хронической болью. *Вопросы курортологии, физиотерапии и лечебной физической культуры*. 2023;100(3):63–68. <https://doi.org/10.17116/kurort202310003163>

On the issue of the possibility of injecting carboxytherapy application in the comprehensive treatment of patients with chronic pain

© N.S. BOFANOVA, D.R. SAGITOVA, I.G. BELOKLOKOVA

Penza State University, Penza, Russia

ABSTRACT

Objective. To analyze the application efficacy of the carboxytherapy method with the aim of chronic pain syndrome reduction.

Material and methods. The available literature sources, published in the period from 2017 to 2022 yrs and indexed in international abstract databases Scopus, Web of Science and PubMed, have been analyzed. The search was done by following keywords: carboxytherapy, medical rehabilitation, chronic pain. The patient with chronic pain syndrome, who was treated by carboxytherapy during rehabilitation, was also observed, with a subsequent evaluation of the carboxytherapy application in comprehensive treatment.

Results. Analysis of available literature has shown that the different methodical variants of carboxytherapy are used to obtain analgesic, antispasmodic, anti-inflammatory and regenerative effects in patients with chronic pain. In the presented clinical case the use of carboxytherapy in the patient with chronic pain syndrome demonstrated the efficacy of technique, expressed in the positive dynamics in the evaluation of pain syndrome reduction on the visual analogue scale and the disability indicators in the Rollan Morris and Oswestry questionnaires.

Conclusion. Carboxytherapy reduces the intensity of chronic pain syndrome and can be applied as an additional method in medical rehabilitation. Further studies in this direction are needed.

Keywords: carboxytherapy, chronic pain, musculoskeletal pain, ICD-11.

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS:

Bofanova N.S. — <https://orcid.org/0000-0002-5455-4987>

Sagitova D.R. — <https://orcid.org/0000-0002-0004-1078>

Beloklokova I.G. — <https://orcid.org/0000-0002-0004-1078>

Corresponding author: Bofanova N.S. — e-mail: neurology-pgu@mail.ru

TO CITE THIS ARTICLE:

Bofanova NS, Sagitova DR, Beloklokova IG. On the issue of the possibility of injecting carboxytherapy application in the comprehensive treatment of patients with chronic pain. *Problems of balneology, physiotherapy, and exercise therapy*. 2023;100(3):63–68. (In Russ.). <https://doi.org/10.17116/kurort202310003163>

Введение

Карбокситерапия — относительно новое направление в медицинской реабилитации [1]. Многие медицинские центры проводят исследование эффективности карбокситерапии в лечении разных патологических состояний. Этот метод берет свое начало с середины XX века, когда во Франции стали использовать термальные источники для лечения пациентов, страдающих от артериальной окклюзионной периферической болезни. В настоящее время широкое распространение метод получил на курортах Чешской Республики. Многочисленные исследования показали, что карбокситерапия повышает эластичность кожи, улучшает кровообращение, стимулирует выработку коллагена, разрушает локализованные жировые отложения, в связи с чем применение этого метода распространено в косметологии [2, 3].

Хроническая боль — актуальный вопрос современной медицины, его важность обозначена в 11-й версии Международной классификации болезней (МКБ), которую планируют на территории Российской Федерации внедрить в практическую деятельность к 2024 г. В разделе «Боль» обозначена новая дефиниция, которая отсутствовала в МКБ-10, — «Хроническая боль». Эффективное лечение хронической боли — сложная задача как для медицинского персонала, так и для самого пациента, степень выраженности хронической боли зависит от многочисленных факторов. Общий подход к терапии хронического болевого синдрома должен складываться из принципов индивидуального подхода к каждому пациенту, комплексного патогенетического лечения, преемственности этапов медицинской реабилитации [4, 5]. По опубликованным в открытом доступе материалам сделан вывод, что при развитии хронической боли важное значение в поддержание структурно-функционального постоянства организма вносит несостоятельность антиноцицептивной системы. Актуальные вопросы современной медицины — поиск новых способов регуляции, новых

подходов в стимуляции нейропластичности, разработка новых методов реабилитации пациентов, страдающих хронической болью. В настоящее время к одному из перспективных направлений в медицинской реабилитации можно отнести карбокситерапию. Однако в литературе информации об экспериментальном доклиническом и клиническом применении метода карбокситерапии в реабилитации пациентов с хроническим болевым синдромом недостаточно [6, 7].

Цель исследования — оценить эффективность применения метода карбокситерапии в купировании хронического болевого синдрома.

Материал и методы

Проведен анализ доступных литературных источников, опубликованных в период 2017—2022 гг. и проиндексированных в международных реферативных базах Scopus, Web of Science и PubMed. Также выполнено наблюдение за пациенткой с хронической болью, которой проводили процедуры карбокситерапии в комплексной терапии.

Результаты и обсуждение

На сегодняшний день карбокситерапия является универсальным и широко используемым методом для реабилитации пациентов. Доказано положительное действие искусственно вызванной гипоксии, которая способствует притоку дополнительного количества кислорода из крови в кожные покровы. Углекислый газ (CO₂) оказывает локальный и системный антигипоксический, спазмолитический, болеутоляющий, антиоксидантный, противовоспалительный эффекты [8—10]. Однако, несмотря на это, до настоящего времени не были описаны все механизмы действия CO₂, не систематизированы многочисленные показания к применению карбокситерапии, режимы

введения CO_2 при патологиях разных органов и систем организма человека. CO_2 является естественным регулятором кислотно-щелочного равновесия вследствие своих физиологических свойств, оказывая влияние на функциональную адаптацию нейронов, мышечный тонус [8, 11, 12].

Карбокситерапия часто применяется в различных медицинских областях с целью устранения или коррекции большого количества патологических состояний, сопровождающихся хроническим болевым синдромом. Карбокситерапия показана при болевом синдроме при трофических язвах, артериопатиях, заболеваниях опорно-двигательного аппарата [8, 13, 14]. Ряд исследований с применением доплеровских методов продемонстрировал эффективность этого вида терапии при артериопатии (II стадии), выявив его вазомоторное воздействие. Было зарегистрировано увеличение бедренного кровотока и давления крови в нижних конечностях, а также улучшение в пределах зоны проведения тредмилметрии. Это может быть связано с циркуляцией капиллярной крови, вызванной гиперкапнией, уменьшением потребления кислорода кожей или сдвигом кривой диссоциации кислорода вправо (эффект Вериго—Бора) [1, 3, 15].

При проведении процедуры карбокситерапии происходит повышение в крови CO_2 . Состояние гиперкапнии возникает только в области инъекции. CO_2 , проникающий в клетки, приводит к усилению микроциркуляции за счет расширения кровеносных сосудов. Затем происходит распад двуокиси на углерод (C), который выводится через легкие при дыхании, и кислород (O_2), проникающий в глубокие слои кожи, активизируя обменные процессы в организме. Кровеносная система начинает работать в усиленном режиме, сосуды расширяются, чтобы увеличить приток кислорода к клеткам, ускоряются обменные процессы [3, 8, 16]. Также следует отметить рефлекторно-механическое воздействие метода карбокситерапии, так как введение углекислого газа инъекционно приводит к местному воздействию на разные зоны, например триггерные точки, зоны Захарьина—Геда, что вызывает рефлекторную эфферентную реакцию. Физиологичность — одно из важнейших преимуществ карбокситерапии, так как данный метод не связан с применением веществ, которые являются для организма чужеродными, следовательно, минимизирован риск возникновения нежелательных побочных реакции [8, 17, 18].

Карбокситерапия — инвазивный физиотерапевтический метод, основанный на подкожном введении CO_2 , в результате чего в тканях стимулируются репаративные процессы. В области инъекций развивается умеренная гиперкапния [19—21]. Положительные эффекты карбокситерапии связаны с улучшением местного кровообращения, ускорением кровотока, лимфотока, расширением кровенос-

ных сосудов, устранением их спазма, расслаблением гладких и скелетных мышц, повышением интенсивности метаболизма в тканях, устранением застойных явлений и отечности, улучшением кровоснабжения, оксигенации и трофики тканей, устранением болевого синдрома, стимуляцией синтеза коллагеновых волокон [8, 22].

Перечень патологических состояний, при которых возможно применение CO_2 , очень широк. С помощью карбокситерапии осуществляется медицинская реабилитация следующих заболеваний и патологических состояний: межпозвонковых грыж, спондилоартроза позвоночника, артритов и артрозов, сопровождаемых хроническим болевым синдромом, остеоартроза, коксартроза, патологий сухожилий и связок (тендовагиниты, трохантерит), синдрома запястного канала, плечелопаточного периаартрита, эпикондилита, стилоидита, ахиллобурсита, миалгических состояний (миозиты, миофасциальный синдром), кокцигодинии, контрактуры Дюпюитрена и Леддерхозе, пяточной шпоры (подошвенный фасцит), диабетической ангиопатии, варикозной болезни, лимфатического отека, эндокринных нарушений, кожных заболеваний (псориаз, целлюлит, растяжки, келоиды, трофические язвы), головных и лицевых болей, мигрени, депрессии, бессонницы [3, 8, 23, 24]. Таким образом, при проведении процедуры карбокситерапии, запускается в области инъекции каскад реакций, которые в конечном итоге могут приводить к купированию хронической боли. Анализ информации о механических, физических, физико-химических, биохимических и рефлекторных элементах метаболического цикла CO_2 позволил систематизировать механизмы действия, подчеркнуть функциональность участия при разных метаболических процессах, в системе саморегуляции гомеостаза, что, в свою очередь, теоретически обосновывает использование CO_2 как средства медицинской реабилитации [1, 25].

Современные медицинские технологии сделали возможным проведение инъекций CO_2 (подкожных, внутрикожных), что значительно расширило практическое применение. Сейчас аппаратная карбокситерапия — распространенный и активно развивающийся метод в реабилитации болевого синдрома разной этиологии, оказывающий разнообразные положительные эффекты, в том числе купирование хронического болевого синдрома [1, 3, 26—29].

Приводим описание клинического случая успешного применения метода карбокситерапии в комплексном лечении пациентки с хронической болью. Критериями выбора пациента являлись: возраст от 18 до 85 лет, диагностированное дегенеративно-дистрофическое заболевание позвоночника с радикулопатией, хроническим болевым синдромом в нижней части спины, подписанное добровольное согласие на проведение исследования.

Клинический случай

Пациентка В., 80 лет, поступила с жалобами на выраженную хроническую боль в пояснице с иррадиацией в копчик и боль в шее, которая усиливалась при движениях и статической нагрузке, ограничение движения в пояснице из-за боли, одышку при физической нагрузке, головокружение, шаткость при ходьбе, боль в суставах.

Анамнез заболевания. Пациентка себя считает больной в течение многих лет после того, как впервые стали беспокоить вышеописанные жалобы. Периодически лечилась стационарно и амбулаторно с временным положительным эффектом. Ухудшение состояния отмечала в течение 3 мес. Лечилась в дневном стационаре в течение 10 дней, проходила курс медикаментозной терапии, массаж, лечебную физкультуру, физиолечение, с незначительной динамикой. Обратилась повторно к неврологу в связи с сохраняющимися жалобами на сильную боль. Было рекомендовано стационарное лечение. Госпитализирована в неврологическое отделение.

Объективно. Общее состояние удовлетворительное. Границы сердца расширены влево. Тоны сердца приглушенные, ритмичные. Дыхание везикулярное, хрипов нет. Живот мягкий, безболезненный. Печень, селезенка не пальпируются. Симптом поколачивания с обеих сторон отрицательный. Функции тазовых органов не нарушены.

Неврологический статус. Пациентка в ясном сознании, контактна, ориентирована в месте, времени и собственной личности верно. Эмоционально лабильна. Когнитивные функции сохранены. Зрачки D=S, фотореакции живые, симметричны. Движения глазных яблок в полном объеме. Лицо симметричное, язык по средней линии. Слух не снижен. Глотание, фонация сохранены. Глубокие рефлекс с верхних конечностей D=S, средней живости, с нижних конечностей D=S, торпидные. Патологических рефлексов, менингеальных знаков, парезов, нарушений чувствительности не выявлено. Болезненность при пальпации паравертебральных точек шейного и поясничного отдела позвоночника. Мышцы поясницы напряжены. Симптом Ласега с двух сторон — 60°, объем движений в поясничном отделе ограничен. Пальценосовую пробу выполняет неуверенно. В позе Ромберга неустойчива. Ходит с трудом, с помощью трости.

Данные лабораторных и инструментальных исследований

Показатели общего анализа крови, мочи в пределах нормативных значений.

Данные электрокардиографии: ритм синусовый, частота сердечных сокращений — 95 уд/мин, тахикардия, Электрическая ось сердца нормальная, переходная зона смещена влево.

Данные мультиспиральной компьютерной томографии пояснично-крестцового отдела позвоночника: переходный люмбосакральный позвонок L6. Остеохондроз Th11-Th12, L1-L2, L2-L3, L3-L4, L4-L5, L5-L6 3-й степени, грыжи дисков L3-L4, L4-L5, L5-L6. Признаки спондилоартроза L3-L4, L4-L5, L5-L6. Относительный стеноз позвоночного канала на уровнях L4-L5, L5-L6. Правосторонний сколиоз. Признаки диффузной инволютивной остеопении. Выраженный артроз крестцово-подвздошных сочленений. Распространенный спондилез II—III стадии.

На основании данных анамнеза, объективного обследования и дополнительных методов исследования пациентке был выставлен основной диагноз: дегенеративно-дистрофическое заболевание позвоночника, спондилоартроз, спондилез с преимущественным поражением шейного, пояснично-крестцового отделов позвоночника, грыжи диска L2—L6, выраженный хронический болевой синдром. Сопутствующие диагнозы: гипертоническая болезнь 2-й степени, ишемическая болезнь сердца. Атеросклеротический кардиосклероз. Стенокардия напряжения 3-го функционального класса. Хроническая ишемия мозга 2-й степени, вестибуло-атактический синдром.

Пациентке были назначены медикаментозная терапия, лечебная физкультура, массаж, физиолечение. Также с 1-го дня лечения проводили процедуры карбокситерапии. Инъекционную карбокситерапию осуществляли с помощью аппарата инфузионного для газовых инъекций CO₂ INDAP INSUF (Magnetotherapie Dimar, Чешская Республика).

Методика проведения процедуры карбокситерапии: после обработки антисептиком выполняли инъекцию очищенного CO₂ объемом 5 мл, подкожно, паравертебрально, на поясничном отделе позвоночника, а также в область триггерных точек напряженных мышц. Инъекционную карбокситерапию производили стационарным дозатором и иглой, длина которой составляла 12 мм, способ введения — под углом 45—90° на глубину 4—6 мм. Количество введений углекислого газа за одну процедуру составляло 8—10 точек. Локально после процедуры определялась местная гиперемия, размеры которой значительно варьировали [8].

Оценку эффективности инъекционной карбокситерапии проводили на 1-е сутки поступления пациентки в неврологическое отделение и на 10-е сутки стационарного лечения. Использовали следующие опросники и шкалы: визуальную аналоговую шкалу (ВАШ) для оценки интенсивности болевого синдрома, опросник Rollan Morris и опросник Oswestry для оценки нарушения жизнедеятельности. На момент поступления оценка выраженности болевого синдрома по ВАШ составляла 8 баллов, суммарная оценка показателей по опроснику Rollan Morris — 10 баллов, по опроснику Oswestry — 35 баллов.

На 10-е сутки стационарного лечения у пациентки отмечалась положительная динамика состояния:

уменьшение выраженности мышечно-тонического синдрома при неврологическом осмотре, оценка болевого синдрома по визуальной аналоговой шкале (ВАШ) составила 4 балла, суммарная оценка показателей по опроснику Rollan Morris — 7 баллов, по опроснику Oswestry — 28 баллов.

Заключение

Таким образом, анализ доступной литературы и приведенный клинический случай показали, что карбокситерапию применяют как дополнительный и альтернативный метод в лечении пациентов с хронической болью. В настоящее время карбокситерапия является примером метода «off-label use», который стал одним из универсальных в медицинской реабилитации без опубликованных значительных результатов клинических исследований, четких стандартов применения, регламентированных в клинических рекомендациях. Необходимо дальнейшее изучение при-

менения этого метода в комплексном лечении пациентов с хронической болью с большим числом участников и выделением контрольной группы, в которой будет выполняться воздействие методом сухой иглы с целью достоверной оценки проводимых реабилитационных мероприятий.

Авторы выражают благодарность заведующей неврологическим отделением ЧУЗ «Клиническая больница «РЖД-Медицина» (Пенза) О.С. Вербицкой за предоставление материалов для статьи.

Участие авторов: концепция и дизайн — Н.С. Бофанова; сбор и обработка материала — Н.С. Бофанова, Д.Р. Сагитова; анализ полученных данных — Н.С. Бофанова, И.Г. Белоклокова; написание текста — Н.С. Бофанова, Д.Р. Сагитова, И.Г. Белоклокова; редактирование — Н.С. Бофанова.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.
The authors declare no conflicts of interest.

ЛИТЕРАТУРА/REFERENCES

1. Бунятян Н.Д., Дрогатов С.М., Кононенко А.В., Зеленкова Г., Прокофьев А.Б. Карбокситерапия — одно из инновационных направлений в курортологии. *Вопросы курортологии, физиотерапии и лечебной физической культуры*. 2018;5:72-76. Bunyatyan ND, Drogovoz SM, Kononenko AV, Zelenkova G, Prokofiev AB. Carboxytherapy is one of the innovative trends in balneology. *Voprosy kurortologii, fizioterapii i lechebnoi fizicheskoi kultury*. 2018;5:72-76. (In Russ.). <https://doi.org/10.17116/kurort20189505172>
2. Дрогатов С.М., Кабачный В.И., Кабачная И.В. Механизм действия и фармакотерапевтические возможности карбокситерапии при заболеваниях нервной системы. *Украинский вестник психоневрологии*. 2016;24(3):88. Drogovoz SM, Kabachny VI, Kabachnaya IV. Mechanism of action and pharmacotherapeutic possibilities of carboxytherapy in diseases of the nervous system. *Ukrainian Bulletin of Psychoneurology*. 2016;24(3):88. (In Ukr.).
3. Хадартцев А.А., Валентинов Б.Г., Токарева С.В. Карбокситерапия, гипоксические-гипероксические смеси в лечебно-профилактических мероприятиях. *Вестник новых медицинских технологий*. 2021;2. Khadartsev AA, Valentinov BG, Tokareva SV. Carboxytherapy, hypoxic-hyperoxic mixtures in therapeutic and prophylactic measures. *Bulletin of new medical technologies*. 2021;2. (In Russ.). <https://doi.org/10.24412/2075-4094-2021-2-3-4>
4. Бофанова Н.С., Масаева Р.Р., Вербицкая О.С., Колдова Т.Г., Ядренцева У.В. Хроническая боль в Международной классификации болезней 11-го пересмотра. *Российский журнал боли*. 2021;19(1):36-39. Bofanova NS, Masaeva RR, Verbitskaya OS, Koldova TG, Yadrentseva UV. Chronic pain in the 11th revision of the International Classification of Diseases. *Russian Journal of Pain*. 2021;19(1):36-39. (In Russ.). <https://doi.org/10.17116/pain20211901136>
5. Nilfoureshzadeh MA, Heidari-Kharaji M, Alavi S, et al. Comparison of carboxy therapy and fractional Q-switched ND: YAG laser on periorbital dark circles treatment: a clinical trial. *Lasers in medical science*. 2021;36:1927-1934. <https://doi.org/10.1007/s10103-021-03274-5>
6. Бофанова Н.С., Ермолаева А.И., Баранова Г.А., Артюшина Н.В. *Нейропсихологическое обследование пациентов с последствиями черепно-мозговой травмы*. В сборнике: Актуальные вопросы диагностики, лечения и реабилитации больных. Пенза: Материалы XVIII Межрегиональной научно-практической конференции ГБОУ ДПО Пензенский институт усовершенствования врачей Минздрава России; 2016. Bofanova NS, Ermolaeva AI, Baranova GA, Artyushina NV. *Neuropsychological examination of patients with the consequences of traumatic brain injury*. In the collection: Topical issues of diagnosis, treatment and rehabilitation of patients. Penza: Materials of the XVIII Interregional Scientific and Practical Conference of the State Budgetary Educational Institution of Higher Professional Education Penza Institute for Advanced Training of Doctors of the Ministry of Health of Russia; 2016. (In Russ.).
7. Farajzadeh S, Yazdanpanah F, Khalili M, et al. Combination of carboxytherapy with narrowband-ultraviolet B in the treatment of recalcitrant areas of vitiligo: A randomized clinical trial. *Dermatologic Therapy*. 2022;35(2):e15229. <https://doi.org/10.1111/dth.15229>
8. Гридин Л.А. Современные представления о физиологических и лечебно-профилактических эффектах действия гипоксии и гиперкапнии. *Медицина*. 2016;3(15):45-68. Gridin LA. Modern ideas about the physiological and therapeutic and prophylactic effects of hypoxia and hypercapnia. *Medicine*. 2016;3(15):45-68. (In Russ.).
9. Бофанова Н.С., Баранова Г.А. *Диагностика и реабилитация пациентов с последствиями черепно-мозговой травмы*. В сборнике: Острые нарушения мозгового кровообращения. Вопросы диагностики, лечения, реабилитации. М.: Материалы межрегиональной научно-практической конференции; 2018. Bofanova NS, Baranova GA. *Diagnosis and rehabilitation of patients with consequences of traumatic brain injury*. In the collection: Acute disorders of cerebral circulation. Questions of diagnostics, treatment, rehabilitation. Moscow: Materials of the interregional scientific-practical conference; 2018. (In Russ.).
10. Бофанова Н.С. Клинико-функциональные особенности последствий черепно-мозговой травмы с использованием стабилметрического исследования как метода диагностики двигательных нарушений. *Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. Медицинские науки*. 2013;2(26):66-73. Bofanova NS. Clinical and functional features of the consequences of traumatic brain injury using a stabilometric study as a method for diagnosing movement disorders. *News of higher educational institutions. Volga region. Medical Sciences*. 2013;2(26):66-73.
11. Ranucci M, Carboni G, Cotza M, et al. Carbon dioxide production during cardiopulmonary bypass: pathophysiology, measure and clinical relevance. *Perfusion*. 2017;32(1):4-12. <https://doi.org/10.1177/0267659116659919>
12. Farajzadeh S, Yazdanpanah F, Khalili M, et al. Combination of carboxytherapy with narrowband-ultraviolet B in the treatment of recalcitrant areas of vitiligo: A randomized clinical trial. *Dermatologic Therapy*. 2022;35(2):e15229. <https://doi.org/10.1111/dth.15229>

13. Бoфанoвa Н.С., Ермoлaевa А.И. Клинико-функциональные особенности и лечение последствий легкой черепно-мозговой травмы различной этиологии. *Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. Медицинские науки.* 2014;1(29):37-45.
Bofanova NS, Ermolaeva AI. Clinical and functional features and treatment of the consequences of mild traumatic brain injury of various etiologies. *News of higher educational institutions. Volga region. Medical Sciences.* 2014;1(29):37-45. (In Russ.).
14. Никитюк Ю.В., Почкин Е.О., Хан М.А., Микитченко Н.А. Применение сухих углекислых ванн на санитарном этапе медицинской реабилитации часто болеющих детей. *Вопросы курортологии, физиотерапии и лечебной физической культуры.* 2019;96(2):121-122.
Nikityuk YuV, Pochkin EO, Khan MA, Mikitchenko NA. The use of dry carbon dioxide baths at the sanitary stage of medical rehabilitation of frequently ill children. *Voprosy kurortologii, fizioterapii i lechebnoi fizicheskoy kultury.* 2019;96(2):121-122. (In Russ.).
<https://doi.org/10.17116/kurort2019960222005>
15. Zelenkova H. Carboxytherapy-a non-invasive method in aesthetic medicine and dermatology, and the combined usage of carboxytherapy and PRP in the periorbital area. *Global Dermatology.* 2017;4(1):1-5.
<https://doi.org/10.15761/GOD.1000202>
16. Park JH, Wee SY, Chang J, et al. Carboxytherapy-induced fat loss is associated with VEGF-mediated vascularization. *Aesthetic Plastic Surgery.* 2018;42(6):1681-1688.
<https://doi.org/10.1007/s00266-018-1222-y>
17. Nassar S, Assem M, Mohamed D, et al. The efficacy of radiofrequency, intense pulsed light and carboxytherapy in facial rejuvenation. *Journal of cosmetic and laser therapy.* 2020;22(6-8):256-264.
<https://doi.org/10.1080/14764172.2021.1880598>
18. Eyraud Q, La Padula S, Pizza C, et al. Carboxytherapy, subcutaneous injections of carbon dioxide in the management of infraorbital dark circles: a reliable and effective procedure. *Journal of cranio-maxillo-facial surgery.* 2021;49:670-674.
<https://doi.org/10.1016/j.jcms.2021.01.028>
19. Ahmed NA, Mohammed SS, Fatani MI. Treatment of periorbital dark circles: comparative study of carboxytherapy vs chemical peeling vs mesotherapy. *Journal of cosmetic dermatology.* 2019;18(1):169-175.
<https://doi.org/10.1111/jocd.12536>
20. Oliveira SMD, Rocha LB, da Cunha MTR, et al. Effects of carboxytherapy on skin laxity. *Journal of cosmetic dermatology.* 2020;19(11):3007-3013.
<https://doi.org/10.1111/jocd.13337>
21. Nassar SO, Eltatawy RAR, Hassan GFR. Safety and efficacy of platelet-rich plasma vs carboxytherapy in the treatment of atrophic scars: a comparative clinical and histopathological study. *Dermatology Therapy.* 2020;33(6):e13942.
<https://doi.org/10.1111/dth.13942>
22. Elmorsy EH, Elgarem YF, Sallam ES, et al. Fractional carbon dioxide laser versus carboxytherapy in treatment of striae distensae. *Lasers in surgery and medicine.* 2021;53:1173-1179.
<https://doi.org/10.1002/lsm.23418>
23. Podgorna K, Kołodziejczak A, Rotsztejn H. Cutometric assessment of elasticity of skin with striae distensae following carboxytherapy. *Journal of cosmetic dermatology.* 2018;17(6):1170-1174.
<https://doi.org/10.1111/jocd.12465>
24. El-Domyati M, Hosam El-Din W, Medhat W, et al. Carboxytherapy for striae distensae: a promising modality. *Journal of cosmetic dermatology.* 2021;20(2):546-553.
<https://doi.org/10.1111/jocd.13844>
25. Ban Frangež H, Rodi Z, Miklavčič J, et al. The effect of transcutaneous application of gaseous CO₂ on diabetic symmetrical peripheral neuropathy-a double-blind randomized clinical trial. *Applied sciences.* 2021;11(11):4911.
<https://doi.org/10.3390/app11114911>
26. Macura M, Ban Frangež H, Cankar K, et al. The effect of transcutaneous application of gaseous CO₂ on diabetic chronic wound healing-A double-blind randomized clinical trial. *International wound journal.* 2020;17(6):1607-1614.
<https://doi.org/10.1111/iwj.13436>
27. Ranucci M, Carboni G, Cotza M, et al. Carbon dioxide production during cardiopulmonary bypass: pathophysiology, measure and clinical relevance. *Perfusion.* 2017;32(1):4-12.
<https://doi.org/10.1177/0267659116659919>
28. Sadala AY, Rampazo da Silva EP, Liebano RE. Electroanalgesia during a carboxytherapy procedure for cellulite: a study protocol for a randomized controlled trial. *Pain Management.* 2020;10(5):283-290.
<https://doi.org/10.2217/pmt-2020-0003>
29. Агасаров Л.Г. *Фармакопунктура (фармакопунктурная рефлексотерапия).* М.: Арнебия; 2013.
Agasarov LG. *Pharmacopuncture (pharmacopuncture reflexology).* Moscow: Arnebia; 2013. (In Russ.).

Получена 05.07.2022
 Received 05.07.2022
 Принята в печать 14.09.2022
 Accepted 14.09.2022

Читайте в следующем номере

- Магнитная стимуляция в терапии нейрогенных расстройств мочеиспускания у детей
- Бальнео- и магнитолазерная терапия в комплексе санаторно-курортного лечения пациентов с истинной экземой
- Термoneйтральная «сухая иммерсия» в онкореконвалитации (обзор литературы)
- Физиотерапия в годы Великой Отечественной войны (страницы истории)