УДК 546.264-31:615.032:615.838.5:615.83:615.015

С. М. Дроговоз, С. Ю. Штрыголь, А. В. Кононенко, М. В. Зупанец

Фармакологическое обоснование карбокситерапии (CO_2-терапии)

Национальный фармацевтический университет, г. Харьков

Ключевые слова: карбокситерапия, углекислый газ, фармакологические свойства

Инвазивная (подкожная, внутрикожная) и неинвазивная (гель-маски, ванны) карбокситерапия стала альтернативой фармакотерапии при многих заболеваниях. Цель карбокситерапии – стимуляция метаболических процессов, гармонизация и баланс тканевых взаимодействий. Во многих областях медицины используются местные и резорбтивные эффекты CO_2, все они связаны с физиологическим значением последнего [1, 2].

При гипоксии влияние CO_2 на потребление кислорода имеет парадоксальный характер. При дефиците кислорода увеличение CO_2 в организме должно усугублять гипоксию, но в действительности все происходит наоборот: повышение концентрации CO_2 при гипоксии улучшает процесс оксигенации тканей, так как CO_2 является самым сильным стимулятором дыхательного центра [3–5]. Это связано с тем, что при гипервентиляции легких гипоксию сопровождает гипокапния. Для сохранения постоянства CO_2 в организме в процессе эволюции возникли механизмы защиты, которые снижают выведение CO_2 из организма: спазм бронхов и сосудов, увеличение продукции холестерола в печени для стабилизации клеточных мембран в легких и сосудах. Спазмы бронхов и сосудов уменьшают приток кислорода к клеткам мозга, сердца, почек и других органов. Уменьшение CO_2 в крови усиливает связь кислорода и гемоглобина, затрудняет поступление кислорода в клетки (эффект Вериго-Бора) и увеличивает свертывающую функцию крови, что в сочетании с замедлением тока крови в венах способствует развитию тромбофлебита. Кислородное голодание тканей, достигнув угрожающей организму степени, вызывает повышение артериального давления [1, 3–5].

Кислородное голодание жизненно важных органов, достигнув предельной степени, возбуждает дыхательный центр и создает в нем доминантное возбуждение. Возникает одышка и замыкается первый порочный круг гипоксии. При уменьшении CO_2 в крови снижается порог возбудимости нервных клеток, усиливается генерализация возбуждения и возникают раздражительность, бессонница, страх, обмороки, судорожные припадки. Одновременно еще больше усиливается возбуждение дыхательного центра и замыкается второй порочный круг нарушений обмена веществ и кислородного голодания. Вот почему дефицит CO_2 в организме, в том числе вызванный глубоким дыханием, удаление CO_2 из организма поражает в первую очередь нервную систему [6].

Повышение CO_2 при гипоксии ликвидирует гипокапнию и при этом улучшается снабжение кислородом головного мозга и сердца, расширяются капилляры и артерии, устраняются венозные отеки, улучшаются лимфоциркуляция и питание тканей, устраняются боли, снижается вязкость крови, повышается местный иммунитет, проявляется антиоксидантное действие CO_2 [7, 8].

Инъекция CO_2 под кожу практически не влияет на уровень углекислого газа в крови, но обладает сильным эффектом именно в месте введения: сосуды расширяются, ускоряя венозный отток и выведение токсинов, являющихся причиной болевых ощущений, а в результате формирования нового коллагена (стимуляция фибробластов) восстанавливается эластичность

© Колектив авторів, 2017

и тургор кожи, ремоделируются морщины [1, 3, 8, 9].

После введения CO_2 под кожу в зависимости от сопротивления дермы он всасывается лучше всего в области соединительной ткани вдоль крупных артерий, вен и нервов. Под кожей CO_2, так называемая «подкожная эмфизема», образует небольшой пузырь, который исчезает в течение нескольких секунд. Сразу же после введения газ начинает растворяться в тканевой жидкости, поглощается эритроцитами и затем связывается с водой под действием карбоангидразы с образованием угольной кислоты, которая, в свою очередь, диссоциирует на катион водорода и гидрокарбонат-анион. Происходит кратковременное смещение pH в сторону кислой реакции (эффект Бора). При последующем соединение продуктов метаболизма CO_2 с Na^+ и K^+ происходит изменение pH в сторону щелочной реакции, что приводит к расслаблению мышечных волокон (спазмолитическое действие), уменьшению боли (обезболивающее действие), стимуляции факторов роста стенок сосудов (неоваскуляризации) и фибробластов, и как следствие образования коллагена. Для ионов водорода мембрана эритроцита относительно непроницаемая, поэтому для обеспечения электронейтральности клетки в нее входят ионы хлора. Так поддерживается ионное равновесие эритроцитов и осмотический баланс организма [3–5, 10, 11].

При дозированном введении CO_2 специальным аппаратом (инвазивная карбокистерапия) он полностью в течение 30 мин выводится из организма через почки и легкие, но в ответ на высокую концентрацию углекислоты организм усиливает крово- и лимфообращение в месте инъекции CO_2, ускоряются обменные процессы, активно начинают выводиться токсины. Кислород поступает к месту введения углекислого газа быстро в больших количествах [7, 12].

Таким образом, фармакодинамика CO_2 включает многообразные локальные и резорбтивные фармакологические эффекты на кожу:

- лифтинг и разглаживания морщин;
- улучшение структуры и качества кожи;
- уменьшение отечности и укрепление кожи вокруг глаз;
- подавление меланогенеза;
- осветление и выравнивание цвета кожи;
- восстановление иммунитета кожи, снятие воспаления (акне, розацеа);
- минимизация и профилактика рубцов после акне;
- уничтожение бактерий, вызывающих рубцевание угревой сыпи;
- глубокая реструктуризация и увлажнение кожи;
- восстановление после инсоляции и косметических процедур;
- стимуляция ангиогенеза;
- улучшение состояния кожи при псориазе;
- сокращение местной жировой ткани;
- увеличение количества кислорода в коже;
- эффект антистарения (усиливает процесс регенерации клеток, делая кожу упругой и тонированной);
- усиление функции потовых и сальных желез;
- стимуляция регенерации кожи и капилляров кожи (увеличивается их число, они расширяются, ускоряется капиллярный кровоток), утилизация токсинов [10, 13–17].

Локальное действие углекислого газа на ограниченный участок тканей сопровождается стимуляцией хемосенсорных клеток, увеличением объемного кровотока, повышением скорости оксигенации тканей; улучшением перфузии тканей за счет дилатации сосудов; усилением репаративных процессов и метаболизма; восстановлением рецепторной чувствительности [8, 15, 18]. В результате локального действия развивается умеренный алкалоз, усиливается эритро- и лимфопоэз. Подкожные инъекции CO_2 вызывают местную гиперемию, которая сопровождается бактерицидным и противовоспалительным, обезболивающим и спазмолитическим действием. Ткань в области инъекции CO_2 получает мощный стимул к регенерации, подкрепленный активизацией собственных ресурсов организма [5, 19, 20]. Вследствие этого уже после нескольких таких процедур реструктурируются ткани [9, 11].

Одновременно с активизацией кровообращения и усилением обменных процессов при введении углекислого газа происходит стимулирование функций фибробластов кожи, влияющих на синтез коллагена, эластина и гиалуроновой кислоты. Именно эти три составляющие отвечают за состояние кожи и других тканей: чем их больше, тем лучше выглядит кожа [12, 13, 17].

Основные эффекты CO_2-маски: увлажняющий, осветляющий, оживляющий, укрепляющий, успокаивающий. Благодаря неинвазивной карбокситерапии кожа становится более эластичной, подтянутой, улучшается ее цвет, тонус тканей и внешний вид, исчезают синяки и мешки под глазами, уменьшается гиперпигментация [21]. Следовательно, карбокситерапия – новый метод решения косметологических проблем при помощи CO_2.

Под влиянием стрессов, несбалансированного питания, гормональных нарушений и других причин наступает атрофия волосяных фолликулов. Задача карбокситерапии – «разбудить» спящие фолликулы. После введения CO_2 в проблемную зону усиливается кровоснабжение и питание волосяных фолликулов и в результате рост волос возобновляется [10, 21].

Вводимый под кожу углекислый газ распространяется в тканях в зависимости от их сопротивления, скапливаясь в местах нахождения рыхлой клетчатки (в жировой ткани). При целлюлите в ходе биохимических реакций в местах скопления CO_2 стимулируются процессы липолиза, в результате чего уменьшается объем жировой ткани, уменьшается отечность, активизируется выведение токсинов из организма. После курса лечения CO_2 отмечается постепенное уменьшение локальных жировых отложений и выраженности целлюлита, разглаживание кожи и повышение ее упругости, повышается эластичность кожи, устраняются растяжки [16, 22–24].

Доказана эффективность карбокситерапии в коррекции фигуры: у 48 участниц эксперимента, которым вводили CO_2 в жировые ткани живота и бедер, объем талии уменьшился в среднем на 3 см, а объем бедер – на 2 см [16].

На тонус сосудов CO_2 действует последовательно. Во-первых, CO_2, рефлекторно возбуждая вазомоторный центр через хеморецепторы и воздействуя на барорецепторы, повышает артериальное давление. Во-вторых, раздражая блуждающий нерв, снижает артериальное давление, оказывает также прямое сосудорасширяющее действие. В результате происходит перераспределение крови в организме, расширяются периферические сосуды (CO_2 является сильным периферическим вазодилататором), нормализуется венозный отток, расширяются коронарные сосуды, улучшая кровообращение миокарда, повышая минутный объем крови [8, 14, 25, 26].

CO_2 оказывает прямое и рефлекторное влияние на дыхательный центр, это его специфическое действие. Вдыхание CO_2 в небольшой концентрации (3–7 %) вызывает учащение и углубление дыхания, увеличивает легочную вентиляцию [12].

Подкожное введение CO_2 устраняет болевые ощущения и судороги и поэтому используется для лечения заболеваний позвоночника и суставов. Через 2–3 недели после карбокситерапии пациент замечает уменьшение и исчезновение болей, улучшение на этом фоне общего физического состояния и, как правило, в течение 1–2 лет чувствует себя вполне здоровым человеком. Поэтому карбокситерапия назначается при болях и воспалительных и дегенеративных изменениях в позвоночнике и суставах (артрите, ревматизме) [2–4, 26].

Таким образом, изменяя микроциркуляцию в тканях, CO_2 оказывает ряд лечебных эффектов: противовоспалительный, гипотензивный, кардиотонический, метаболический, репаративно-регенеративный, антиангинальный, спазмолитический, обезболивающий [2]. CO_2 оказывает следующие резорбтивные эффекты:

- улучшает функцию внешнего дыхания;
- усиливает обмен веществ в организме и в частности в головном мозге;
- повышает умственную работоспособность;
- снижает повышенную возбудимость нервной системы;

– уменьшает головные боли, мигрень;
– улучшает качество и регуляцию длительности сна, нормализует обмен липидов;
– увеличивает кровоток и фильтрацию воды в почечных клубочках и повышает диурез;
– стимулирует моторику органов желудочно-кишечного тракта;
– увеличивает линейную скорость кровотока;
– улучшает реологические свойства крови;
– увеличивает количество функционирующих капилляров;
– уменьшает лимфатические и венозные отеки;
– ускоряет перфузию и газообмен;
– повышает оксигенацию тканей;
– ускоряет выведения токсинов, процессы регенерации, усиливая образование нового коллагена [1–6, 8, 21, 24, 26].

Карбокситерапия улучшает кровообращение сердца, мозга, желез внутренней секреции, укрепляет эндотелий сосудов. Она эффективна при микроангиопатиях вследствие сахарного диабета, при воспалении органов мочеполовой системы, ишемической болезни сердца, мигрени [1, 11].

Напитки, содержащие CO_2, раздражая вкусовые рецепторы ротовой полости и хеморецепторы слизистой оболочки желудка, рефлекторно повышают аппетит, всасывающую и переваривающую способность и двигательную активность ЖКТ. CO_2 делает минеральную воду приятной на вкус, также такая вода лучше утоляет жажду. Минеральная вода, содержащая CO_2, всасывается в организме значительно быстрее негазированной воды. Это способствует более быстрому выделению ее почками, что является одной из причин мочегонного действия, кроме того CO_2 увеличивает кровоток и фильтрацию в почечных клубочках [11, 25].

Все перечисленные эффекты карбокситерапии способствуют обновлению и очищению организма, повышению иммунитета и работоспособности, нормализации работы внутренних органов и улучшению качества жизни [2].

Во время процедуры «сухой» газовой ванны CO_2 свободно проникает в организм двумя путями: с вдыхаемым воздухом и через кожу, в результате чего повышается его содержание в крови, расширяются сосуды. При этом происходит улучшение кровоснабжения кожи, мышц и органов. Вдыхание CO_2 приводит к усиленному его выдыханию, в результате легкие освобождаются от его избытка и больше насыщаются кислородом, усиливается вентиляция легких, и дыхание становится глубже и реже. «Сухие» углекислые ванны оказывают лечебное действие на функциональное состояние высших отделов центральной нервной системы. Повышение кровоснабжения мозга является хорошим средством от усталости, стресса, бессонницы [2, 18, 25].

Газовые углекислые ванны влияют на кожные рецепторы так же, как водные углекислые ванны [9], оказывая положительное действие на сосудистую и гормональную системы, улучшают обменные процессы организма (углеводный, жировой, белковый, электролитный); замедляют образование варикозных вен, улучшают состояние после инфаркта миокарда, снижают артериальное давление, уменьшают боли при менструации, отеки; помогают при лечении неврозов, мигрени и депрессии, остеопороза, положительно действуют при атеросклерозе коронарных артерий и сосудов мозга; улучшают сон, память и концентрацию внимания, повышают выносливость, уменьшают раздражительность, головную боль, головокружение, нарушение координации; снижают уровень холестерола и выведение молочной кислоты, ускоряют восстановление после физических нагрузок [2, 25].

В отличие от других минеральных ванн, углекислые ванны тонизируют кору головного мозга (расширяют сосуды, усиливают церебральный кровоток и метаболизм, повышают умственную работоспособность) и благоприятно действуют на вегетативную нервную систему. Углекислый газ стимулирует синтез тестостерона и эстрадиола, в связи с чем карбокситерапия

с успехом применяется для улучшения сексуальной функции у мужчин и ослабления климактерических симптомов у женщин [2, 9].

Таким образом, карбокситерапия благодаря физиологическому механизму действия CO_2 характеризуется разносторонней фармакодинамикой: улучшает кровообращение мозга, сердца и сосудов и тканевое дыхание, способствует регенерации тканей, выведению токсинов, расщеплению жиров, является катализатором омолаживающих процессов без токсического влияния на организм. Карбокситерапия благодаря физиологической роли CO_2 в организме стала эффективным и безопасным методом лечения во многих областях медицины. Сегодня тяжело назвать раздел медицины, где карбокситерапия не получила бы подтверждение эффективности и безопасности.

1. Clinical evidence of subcutaneous CO_2 insufflations: a systematic review / T. Brockow, T. Hausner, A. Dillner, K. L. Reasch // Journal of Alternative and Complementary Medicine. – 2000. – V. 6, № 5. – P. 391–403.
2. *Андріюк Л. В.* Застосування вуглекислого газу в медичній реабілітації: методичні рекомендації / Л. В. Андріюк, О. Р. Зав'ялова, Н. В. Мацко. – Львів, 2014. – 206 с.
3. Физиологические свойства CO_2 – обоснование уникальности карбокситерапии / С. М. Дроговоз, С. Ю. Штрыголь, М. В. Зупанец [та ін.] // Медична та клінічна хімія. – 2016. – Т. 18, № 1. – С. 112–116.
4. *Jensen F. B.* Red blood cell pH, the Bohr effect, and other oxygenation-linked phenomena in blood O_2 and CO_2 transport / F. B. Jensen // Acta Physiologica Scandinavica. – 2004. – V. 182, № 3. – P. 215–227.
5. Central venous oxygen saturation is a good indicator of altered oxygen balance in isovolemic anemia / S. Kocsi, G. Demeter, J. Fogas [et al.] // Acta Anaesthesiologica Scandinavica – 2012. – V. 56. – P. 291–297.
6. *Geers C.* Carbon dioxide transport and carbonic anhydrase in blood and muscle / C. Geers, G. Gros // Physiological Reviews. – 2000. – V. 80. – P. 681–715.
7. Carbon dioxide therapy in the treatment of localized adiposities: clinical study and histopathological correlations / C. Brandi, C. D'Aniello, L. Grimaldi [et al.] // Aesthetic Plastic Surgery. – 2011. – V. 25. – P. 70–174.
8. Carboxytherapy: effects on microcirculation and its use in the treatment of severe lymphedema / V. Varlaro, G. Manzo, F. Mugnaini [et al.] // Acta Physiologica. – 2007. – V. 8, № 2. – P. 79–91.
9. Histological findings in adipocytes when cellulite is treated with a variable-emission radiofrequency system / M. A. Trelles, C. van der Lugt, S. Mordon [et al.] // Lasers in Medical Science. – 2010. – V. 25, № 2. – P. 191–195.
10. *Zelenkova H.* Carboxytherapy – a novel noninvasive method in aesthetic medicine / H. Zelenkova, J. Stracenska // Vith World Congress IACD 2008, June 18-20 2008. – Lisbon, Portugal, 2008. – abstract in CD.
11. *Коган А. Х.* Модулирующая роль CO_2 в действии активных форм кислорода / А. Х. Коган, С. В. Грачев, С. В. Елисеева. – Москва : ГЭОТАР-Медиа, 2006. – 224 с.
12. Subcutaneous carboxytherapy injection for aesthetic improvement of scars / R. Nach, H. Zandifar, R. Gupta, J. S. Hamilton // Ear Nose Throat Journal. – 2010. – V. 89, № 2. – P. 64–66.
13. Carbon dioxide therapy: effects on skin irregularity and its use as a complement to liposuction / C. Brandi, C. D'Aniello, L. Grimaldi [et al.] // Aesthetic Plastic Surgery. – 2004. – V. 28, № 4. – P. 222–225.
14. The effect of carbon dioxide therapy on composite graft survival / E. F. Duraes, L. Duares, F. C. Carneiro [et al.] // Acta Cirúrgica Brasileira. – 2013. – V. 28, № 8. – 589 c.
15. *Ferreira J. C.* Increase in collagen turnover induced by intradermal injection of carbon dioxide in rats / J. C. Ferreira, A. Haddad, S. A. Tavares // J. of Drugs in Dermatology. – 2008. – V. 7, № 3. – P. 201–206.
16. *Lee G. S.* Carbon dioxide therapy in the treatment of cellulite: an audit of clinical practice / G. S. Lee // Aesthetic Plastic Surgery. – 2010. – V. 34, № 2. – P. 239–243.
17. The role of carbon dioxide therapy in the treatment of chronic wounds / C. Brandi, G. Nissi, L. Grimaldi [et al.] // In vivo. – 2010. – V. 24, № 2. – P. 223–226.
18. *Зеленкова Г.* Карбокситерапия – неинвазивный метод эстетической медицины и дерматологии / Г. Зеленкова // Дерматология для практики. – 2014. – Т. 8, № 2. – С. 72–74.
19. *Vilos G. A.* Safe laparoscopic entry guided by Veress needle CO_2 insufflation pressure / G. A. Vilos, A. G. Vilos // The Journal of the American Association of Ginecologic Laparoscopists. – 2003. – V. 10, № 3. – P. 415–420.
20. Persistently high venous-to-arterial carbon dioxide differences during early resuscitation are associated with poor outcomes in septic shock / Gustavo A Ospina-Tascón, Diego F Bautista-Rincón, Mauricio Umaña [et al.] // American J. of Respiratory and Critical Care Medicine. – 2013. – V. 17, № 6. –P. 294.
21. *Koutna N.* Carboxytherapy in Aesthetic Medice / N. Koutna. – Berlin : Springer-Verlag, 2011. – P. 547–576.