

УДК 616.832-001.11-092(23.03)

**ПАТОФИЗИОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА РОЛИ  
БАРОМЕТРИЧЕСКОГО ДАВЛЕНИЯ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ  
ПРИ ЛЕЧЕНИИ КЕССОННОЙ БОЛЕЗНИ И ВЫСОКОГОРНОГО ОТЕКА ЛЕГКИХ**

***А.Г. Рачков, Г.А. Захаров, А.А. Сопуев, И.А. Рачков***

Рассматриваются патофизиологические принципы лечения кессонной болезни и высокогорного отека легких. Отмечены обязательность периодов декомпрессии и рекомпрессии и ступенчатость при спуске в условия низкогогорья.

*Ключевые слова:* кессонная болезнь; высокогорный отек легких; гипербария; гипобария; декомпрессия; рекомпрессия.

Согласно современным представлениям, понятие “здоровье” или “норма” оценивается не как количественная величина, а как диапазон комфортного функционирования организма, т. е. сохранение общего гомеостаза в процессах взаимодействия внутренней и окружающей среды [1, с. 34–40]. К основным факторам внешней среды, влияющим на жизнедеятельность организма, относятся атмосферное давление, пища, температура, интенсивность радиационного и солнечного излучения, геохимические, геофизические особенности провинций проживания и др.

Целью работы является сравнительная патофизиологическая оценка роли влияния повышенного и пониженного барометрического давления окружающей среды при лечении кессонной болезни и высокогорного отека легких.

В понятие “давление” мы вкладываем физическую величину барометрического давления воздушной или гидравлической среды. Организм человека постоянно подвергается влиянию барометрического давления атмосферы. Филогенез и онтогенез организма человека всегда формировались в определенном диапазоне изменений давления в окружающей среде. При проживании в горных условиях (гипобарическое давление), как и при погружении человека в глубины океана (гипербарическое давление) в нашем организме не сформировались приспособительные, защитные и адаптационные механизмы [2, с. 52–55]. Барометрические условия при погружении в глубины океана человек может технически моделировать в конкретном подводном аппарате (водолазный скафандр, батискаф, подводная лодка).

Гипобарическое влияние атмосферы на организм в основном проявляется действием сниженного  $pO_2$ . При быстром перемещении организма по вертикали на летательных аппаратах легче или тяжелее воздуха развивается высотная болезнь, течение которой может быть хроническим, подострым и острым. Горная болезнь, течение которой тоже может быть хроническим (болезнь Монхе), подострым и острым, развивается при перемещении человека по вертикали в горах [3, с. 40–44]. В своей работе мы рассмотрим влияние только повышенного или пониженного барометрического давления окружающей среды и только на здоровый организм, исключив изменение температуры, влажность, скорость перемещения воздушных масс, космическое излучение [4, с. 45–48] и т. д. Водолазы, пилоты, космонавты, альпинисты, рабочие горнорудной промышленности, подвергающиеся гипербарическому или гипобарическому воздействию окружающей среды, должны быть клинически здоровыми людьми и должны обязательно проходить тщательное медицинское обследование [5, с. 52–57].

В условиях воздействия гипербарического давления окружающей среды формируется кессонная болезнь, при которой происходит повышенное растворение газов в жидких средах организма. Если организм человека из условий гипербарии быстро и резко возвращается в нормобарические условия, то растворенные в крови газы высвобождаются, формируются газовые пузырьки в капиллярах, артериолах, венах, и, как следствие,

возникают нарушения функций всех внутренних органов вплоть до гибели организма. Чтобы избежать этих побочных эффектов, подводникам необходимо осуществлять переход к нормобарическим условиям медленно, ступенчато, с остановками в течение определенного времени на определенных величинах барометрического давления. При таких условиях растворенные в крови кислород и азот медленно превращаются в газовые пузырьки, доставляются кровотоком в легочные альвеолы и выдыхаются, т. е. основным принципом лечения и профилактики кессонной болезни является медленная, постепенная декомпрессия организма. Если пострадавший с клиническими признаками кессонной болезни находится в нормобарических условиях, его срочно помещают в барокамеру, в которой вновь повышается давление, газы растворяются в крови и организм подвергают медленной барокамерной декомпрессии [6, с. 40–41].

Воздействие атмосферной гипобарии на организм настолько многообразно, сложно и важно, что в современной медицине сформировались такие научные дисциплины, как высокогорная биология, медицина, подразделяющаяся на высокогорную физиологию, патологическую физиологию, пульмонологию, кардиологию, урологию, эндокринологию, гематологию, аллергологию, фармакологию, радиобиологию и т. д.

В своей работе мы рассмотрим воздействие гипобарической высокогорной среды Тянь-Шаня Кыргызской Республики на клинически здорового человека (перевал Туя-Ашуу – 3200 м над ур. м., Кумтор – 3500–4000 м над ур. м.).

Механизмы и клинические проявления гипербарического и гипобарического воздействия окружающей среды на организм имеют много общего. Это повышение гидростатического давления в артериолах, капиллярах и венах, увеличение проницаемости сосудистой стенки и стенки легочных альвеол, повышение проницаемости клеточных мембран, нарушения концентрации ионов вне и внутри клетки. В цитоплазме клеток уменьшается концентрация ионов  $K^{1+}$  и возрастает количество ионов  $Ca^{2+}$ , нарушается работа натрий-калиевого насоса, изменяются поляризация, деполяризация и реполяризация клеточных мембран и синапсов, повышается онкотическое давление плазмы крови, что в целом, формирует гущение крови.

В условиях гипербарии у человека формируется состояние опьянения, объясняющееся действием повышенной концентрации растворенного в крови азота. Для профилактики этого состояния и с целью увеличения глубины подводного спуска азот заменяют гелием, при длительном вдыхании

которого также формируется состояние опьянения. Подобное состояние возникает также в горах, но уже из-за недостатка кислорода, из-за чего у людей нарушаются функции психики. Они неадекватно оценивают свою личность и условия окружающей среды, например, могут кусать провода, стекло, беспричинно смеяться или, наоборот, находиться в состоянии депрессии, шум в голове, головные боли распирающего характера, развиваются нарушения координации – атаксия. Человек не может, не шатаясь, пройти по прямой линии. Наблюдается расстройство речи или, наоборот, наблюдается речевое возбуждение, поведение становится нерациональным. Может формироваться агрессия и даже попытки к суициду, часто человек не понимает, что с ними происходит, может сопротивляться попыткам поднять себя с глубины или, наоборот, спустить себя с высоты.

В условиях воздействия гипербарии и гипобарии расширяется диаметр зрачков, исчезает световая реакция, нарушена фиксация взора, имеется асимметрия положения глазных яблок, острота зрения сохраняется только при яркости в 2,5 раза больше обычной, чем в условиях нормобарии, происходит сужение периферического поля зрения и “затуманивание” зрения в целом. Одновременно снижается точность фиксации взгляда и правильность объективного определения расстояния. В основном психические изменения при действии гипербарии и гипобарии проявляются ухудшением самочувствия, вялости, недомоганием, сердцебиением, головокружением, сонливостью, отстраненностью, апатией, одышкой при физической нагрузке [7, с. 113–115]. Одышка наблюдается и при кессонной болезни, когда эритроциты и плазма крови перенасыщены газами, в том числе и кислородом.

На следующем этапе мы сравнили влияние условий гипербарии и гипобарии на функцию почек. Выделение воды из организма осуществляется в основном почками (1,5 л в сутки), кожей (1 л), легкими (0,4 л) и кишечником (0,2–0,3 л) – всего около 3 л в сутки. Как при кессонной болезни, так и при горной болезни, уменьшается количество мочи. Причем, период олигоурии и анурии может длиться 8–10 час. В условиях высокогорной гипобарии и сухости воздуха увеличивается количество воды, выделяемой через легкие. Потеря воды через легкие при физической нагрузке в условиях высокогорья может достигать до 7 л в сутки. Здесь уместно подчеркнуть, что несмотря на такое повышенное выделение жидкости через легкие у пострадавших формируется выпотевание жидкости с высоким содержанием белка в альвеолы, что приводит к развитию высокогорного отека легких.

При этом у больных горной болезнью и кессонной болезнью может повышаться температура, формируется удушье и без надлежащего лечения происходит падение артериального давления, коллапс, кома и остановка сердца.

У пострадавших при действии гипербарии и гипобарии выявляются изменения в системе пищеварения. Это проявляется уменьшением всасывания воды и одновременно снижается усвоение питательных веществ, в том числе и белков. Повышенное содержание белка обнаруживается в жидкости, выпотевающей в альвеолы. В условиях высокогорья за 6 недель человек может потерять до 15 кг веса. Однако и при кессонной, и при горной болезни пострадавший ощущает мнимое чувство полноты желудка, чувство распираания в подложечной области, тошноту и рвоту [8, с. 33–36].

Все перечисленные симптомы не являются специфическими и могут выявляться при многих других заболеваниях. Для высокогорного отека легких характерны следующие специфические симптомы: сухое покашливание, саднение в горле, загрудинные боли, симптом “ваньки-встаньки”, из-за слабости пациент пытается лежать, но из-за удушья вынужден садиться.

Для профилактики отрицательного действия гипербарии применяют активный ступенчатый спуск на глубину, а в условиях воздействия гипобарии обязательно альпинисты проводят активную ступенчатую акклиматизацию. Все эти вопросы детально разработаны и опубликованы в современной литературе [9, с. 34–35].

Отдельным гипобарическим фактором является барокамера. Влияние этих условий явилось настолько важным для организма, что в настоящее время сформировалась барокамерная и авиакосмическая медицина.

Рассмотрим высокогорный отек легких, развивающийся в условиях воздействия высокогорной гипобарической гипоксии. Обычно в организме высокогорный отек легкого развивается не изолированно, при этом имеет место высокогорный отек мозга и других внутренних органов. Для формирования высокогорного отека внутренних органов необходимы сопутствующие отягощающие факторы (черепно-мозговая травма, повышенная физическая нагрузка, переохлаждение, острые или хронические заболевания) [10, с. 73–77].

В условиях воздействия высокогорной гипобарической гипоксии и развитии высокогорного отека легких жидкость (плазма, лимфа) из просвета сосудистого русла выходит в межтканевые пространства и выпотекает в просвет легочных альвеол. Альвеолы заполняются белковой жидкостью,

и при вдохе и выдохе воздух в виде пузырьков проходит через нее. У пострадавших с высокогорным отеком легких при дыхании формируются мелко-, средне- и крупнопузычатые хрипы.

Для оказания медицинской помощи при кессонной болезни водолазу его надо поднять. Однако пострадавшим с отеком легких обычно оказывается симптоматическое лечение в конкретных высокогорных условиях. В обоих случаях применяются мочегонные препараты, ацетазолamid, дексаметазон, виагра, аскорбиновая кислота, токоферол, микроэлементы, кальция пангамат, кальция пантотенат, калия оротат, глутаминовая кислота, метионин, панангин, рибоксин. По возможности проводят оксигенотерапию. Она обычно проводится в условиях высокогорной гипобарии, однако в современной литературе подчеркивается, что если есть возможность – в условиях высокогорья надо проводить гипербарооксигенотерапию, применение которой в условиях воздействия высокогорной гипобарии исключительно эффективно [11, с. 39–42].

Важно отметить, что на практике все эти лечебные инъекционные и дыхательные мероприятия оказываются, в основном, в конкретных условиях воздействия высокогорной гипобарии. Даже альпинисты при восхождении на Эверест (8848 м над ур. м.) вдыхают кислород в этих конкретных высокогорных гипобарических условиях. Далее больного стараются как можно быстрее доставить в лечебное учреждение в условия равнины или низкогогорья. Буквально в считанные часы и даже минуты в альвеолах легких резко уменьшается количество белковой жидкости, исчезают влажные хрипы, улучшаются показатели газообмена, кислородного бюджета и общее самочувствие пациента [12, с. 110–112].

Таким образом, общим в патогенезе кессонной болезни и высокогорного отека легких является патофизиологическое воздействие диаметрально противоположных факторов окружающей среды – гипербарии и гипобарии. В связи с этим мы предлагаем считать, что при лечении как кессонной болезни, так и высокогорного отека легких жизненно необходимо применять ведущий патофизиологический терапевтический принцип приведения гипобарических или гипобарических условий в нормобарические. При кессонной болезни этот период называется декомпрессией, при высокогорном отеке легких – рекомпрессией. Основным условием и конечным результатом периодов декомпрессии при гипербарии и рекомпрессии при гипобарии должно быть эффективное безболезненное удаление растворенных газов из кровеносного русла и из легочных альвеол жидкости, выделившейся из кровеносных сосудов.

При декомпрессии растворенные газы быстро удаляются выдыхаемым воздухом. Декомпрессия в 100 % удаляет газы и при этом в организме не возникают негативные последствия. Содержание белковой жидкости в просвете легочных альвеол тоже достаточно быстро уменьшается. Однако в период рекомпрессии при высокогорном отеке легких имбибиция плазменными белками сосудистой стенки, альвеолярных мембран, межальвеолярных пространств и в целом всей легочной ткани остается, так как рассасывание этих белков является длительным процессом. И если для декомпрессии газов при кессонной болезни достаточно нескольких часов или суток, то для рассасывания плазменных белков в легочной ткани период рекомпрессии должен быть достаточно длительным.

По нашему мнению, спуск пациента в автомобиле или авиации с клиникой высокогорного отека легких из условий воздействия высокогорной гипобарии в условия нормобарии не только недопустим, но и является вредным. Спуск должен проходить медленно или ступенчато, хотя бы с тремя или четырьмя остановками по несколько часов или даже дней на каждой. Скорость вертикального спуска, частота ступенек-остановок и время пребывания на каждой из них нуждаются в дополнительных, объективных, статистически достоверных исследованиях. В основе лечения высокогорного отека легких должен быть основной принцип барометрической рекомпрессии, т. е. для перехода из условий высокогорья в нормобарические условия необходим постепенный период атмосферной (или барокамерной) рекомпрессии на фоне общепринятого медикаментозного лечения.

По нашему мнению, имбибиция плазменными белками легочной ткани при существующих методах лечения высокогорного отека легких без учета влияния постепенной рекомпрессии атмосферного давления является патофизиологической основой формирования хронического неспецифического интерстициального воспаления легких и гипертензии малого круга кровообращения. У таких больных при сопутствующих отягощающих внешних или внутренних факторах (пневмонии, вирусная и бактериальная инфекция, переохлаждение, аллергические явления, повторное воздействие высокогорной гипоксии, воздействие мучной, асбестовой, мраморной пыли, паров химических веществ, особенно бензиновых испарений, действие выхлопных автомобильных газов и т. д.) чаще и легче формируются легочная гипертензия, легочные и сердечно-сосудистые заболевания, которые клинически протекают тяжелее. Особо отметим, что этот патофизиологический механизм должен яв-

ляться основной причиной формирования высокогорной гипертензии малого круга кровообращения, так как в периоде экстренной (аварийной) высокогорной адаптации всегда имеет место процесс выпотевания жидкости в легочную ткань и формирование либо клинически компенсированного или декомпенсированного высокогорного отека легких.

Есть еще одно важное патогенетическое звено при сравнительной патофизиологической оценке развития кессонной болезни и высокогорного отека легких. В условиях гипербарии происходит усиленное растворение газов в крови из вдыхаемой смеси. При этом нет явлений выпотевания жидкости с богатым содержанием белков. В условиях гипобарии, наоборот, в крови наблюдается уменьшенное растворение газов, но происходит усиленное выпотевание белков плазмы крови в альвеолы и в целом в легочную ткань. Вопросы патофизиологического действия диаметрально противоположных факторов окружающей среды имеют важное значение и требуют дальнейших исследований.

#### *Литература*

1. *Кыдыралиева Р.Б.* Проблемы высокогорной биологии и медицины в Кыргызской Республике (к 80-летию академика РАМН М.М. Миррахимова) / Р.Б. Кыдыралиева // Вестник РАМН. 2008. № 5.
2. *Курданов Х.А.* Сравнительная оценка кардиогемодинамики и эндотелийзависимой реактивной гиперемии при артериальной гипертензии у жителей высокогорья и равнины / Х.А. Курданов, В.Ф. Сагач, И.А. Бесланев и др. // Терапевт. архив. 2003. № 11.
3. *Вишневский А.А.* Мембранные и внутриклеточные компоненты адаптации к физическим факторам гор / А.А. Вишневский, В.М. Яковлев, Б.М. Мукамбетова и др. // Физиология человека. 2002. № 6.
4. *Винников В.Д.* Пятилетнее наблюдение за ежегодным снижением показателей функции легких у лиц, подверженных хронической интермиттирующей гипоксии / Д.В. Винников // Терапевт. архив. 2012. № 3.
5. *Джунусова Г.С.* Характер изменений биоэлектрической активности головного мозга у лиц, занимающихся операторским трудом в условиях высокогорной гипоксии / Г.С. Джунусова, Р.А. Курмашев // Физиология человека. 1997. Т. 23. № 4.
6. *Аширбаев А.А.* Клинико-патогенетические и технические аспекты применения метода гипербарической терапии для лечения острой горной болезни / А.А. Аширбаев // Вестник интенсивной терапии. 1999. № 3.

7. *Абдыганыев Н.А.* Особенности роста размеров головы у школьников, проживающих в условиях высокогорья / Н.А. Абдыганыев // *Аспирант и соискатель.* 2012. № 1.
8. *Вишневский А.А.* Влияние винпоцетина и токоферола на оксидативный статус при острой церебральной ишемии в условиях высокогорья / А.А. Вишневский, Г.А. Джантаева, Ч.О. Жапаралиева и др. // *Вопросы биологической, медицинской и фармацевтической химии.* 2009. № 5.
9. *Белов Г.В.* Особенности реакции сурфактантной системы легких и перекисного окисления липидов у крыс, адаптированных к низкогорному и высокогорному климату, на действие физической нагрузки / Г.В. Белов, К.Т. Акматов, Ы.Д. Джолдубаев и др. // *Вопросы курортологии, физиотерапии и лечебной физической культуры.* 2005. № 3.
10. *Бузуева И.И.* Изменения гепатоцитов и мышечных волокон диафрагмы при адаптации к холоду в нормальных условиях и при сочетании с высокогорной гипоксией / И.И. Бузуева, Е.Е. Филюшина, М.Д. Шмерлинг // *Морфология.* 1999. № 6.
11. *Левина А.А.* Регуляция эритропоэза у больных с депрессиями кроветворения в процессе горно-климатического лечения / А.А. Левина, А.Р. Раимжанов, А.Б. Макешова и др. // *Терапевтический архив.* 2010. № 1.
12. *Абдыганыев Н.А.* Конституциональные особенности возрастных и половых антропомитических параметров массы и длины тела у детей 12–17 лет, проживающих в условиях высокогорья / Н.А. Абдыганыев // *Аспирант и соискатель.* 2012. № 1.