

Н.А. Агаджанян, А.Я. Чижов

## Классификации гипоксических, гипо- и гиперкапнических состояний

*Разработаны новые классификации гипоксических, гипо- и гиперкапнических состояний. В них учтены экологические факторы в развитии различных видов экзогенной гипоксии, гиперкапнии. Впервые введены положительные стороны физиологической гипоксии и гиперкапнии. В ранее разработанных классификациях гипоксия представляется только как патологический процесс. Однако гипоксия встречается и при ряде физиологических состояний организма: как внутриутробный период развития плода, тяжелая физическая работа, повышенная активность у спортсменов, гипоксия после приема обильной пищи, гипоксия стареющего организма. В той же мере это присуще и для гипо- и гиперкапнических состояний.*

Сегодня, когда искусственно измененная газовая среда – гипоксическая, гиперкапническая или их комбинация все чаще и чаще рассматривается как условие для целенаправленного управления адаптационными механизмами и переходит из разряда исключительно патологических состояний в фактор лечебно-профилактический, целесообразно вновь обратиться к вопросу о классификациях гипоксических, гипо- и гиперкапнических состояний. В имеющихся классификациях не учтено влияние экологических факторов на развитие различных видов экзогенной гипоксии и гиперкапнии. Поэтому целесообразно ввести положительные стороны физиологической гипоксии и гиперкапнии, о которых в предыдущих классификациях даже не упоминалось. Следует отметить, что классификаций гипо- и гиперкапнических состояний до настоящего времени не существует. Основным положением ранее разработанных классификаций гипоксических состояний является представление их только как патологического про-

цесса. Однако многочисленные исследования показывают, что гипоксия встречается и при таких отягощенных, но физиологических состояниях организма, как внутриутробный период развития плода, тяжелая физическая работа, повышенная активность у спортсменов, гипоксия после приема обильной пищи, гипоксия стареющего организма. В той же мере это присуще и гиперкапническим состояниям. Механизмы компенсации умеренных форм гипоксии, гиперкапнии или их комбинации, возникающих в здоровом организме, по-видимому, генетически запрограммированы и имеют определенное приспособительное значение в формировании комплекса адаптационных реакций, направленных на повышение устойчивости организма к экстремальным факторам [1 – 4, 7].

Отсутствие в классификациях экологически обусловленных видов гипоксии, а также введение физиологического типа гипоксии, вероятно, и определяет распространенное у врачей мнение о том, что гипоксия всегда приводит к патологическому

состоянию, поэтому необходимо прибегать к методам защиты организма от гипоксических проявлений. Сегодня, когда космические полеты стали привычными для человечества и когда на первый план выступают глобальные экологические проблемы, наличие в классификации состояний, связанных с действием на организм антропогенных факторов среды, лежащих в основе развития гипоксии, становится очевидным.

Одну из первых классификаций гипоксии, получившей признание, предложил Баркрофт [8]. Большой популярностью до настоящего времени пользуется классификация, принятая на конференции в Киеве (1949). В соответствии с этой классификацией гипоксические состояния делят на четыре типа: гипоксическая гипоксия; гемическая гипоксия; циркуляторный тип кислородного голодания и позже предложенная Петерсом и ван Слайком тканевая гипоксия. Классификации Баркрофта – Петерса – ван Слайка [8, 9] и принятая в Киеве построены на едином принципе дефектности гемоглобина как переносчика кислорода. Действительно, аноксический (гипоксический) тип обусловлен недостаточной оксигенацией гемоглобина; анемический (гемический) – снижением концентрации гемоглобина или блокадой его, застойный (циркуляторный) – нарушением циркуляции гемоглобина; гистотоксический (тканевый) – повреждением “тканевых гемоглобинов”. Простота, единство принципа обеспечили широкое распространение и использование этих классификаций в руководствах по гипоксии и в клинической практике. Однако они имеют существенный недостаток: в них не дифференцируются гипоксические состояния, возникающие в результате патологических процессов, от гипоксических состояний, которые развиваются у здоровых людей, в частности не учитываются экологические факторы антропо-

генного происхождения. Классификации кислородной недостаточности предлагались впоследствии многими авторами. Большинство из них либо являются более детализированными, но все же основанными на систематизации Баркрофта – Петерса – ван Слайка, либо имеют прикладное значение.

Гипоксией (кислородной недостаточностью) по определению Чарного [6], называется состояние, наступающее в организме при неадекватном снабжении тканей и органов кислородом или при нарушении утилизации в них кислорода в процессе биологического окисления. Исходя из этого определения гипоксии, все гипоксические состояния целесообразно разделить на экзогенные и эндогенные (рис. 1).

Экзогенная гипоксия развивается в результате действия измененных факторов внешней среды. Эндогенная гипоксия возникает при физиологических и патологических изменениях в различных функциональных системах организма. Экзогенная гипоксия делится на три подкласса: гипоксическую, гипероксическую, экологическую. Эндогенная гипоксия развивается при нарушениях доставки и утилизации кислорода на уровне функциональных систем организма и делится на семь подклассов – физиологическую, респираторную, гемическую, циркуляторную, цитотоксическую (гистотоксическую), гиперметаболическую и биоэнергетическую (тканевую). Последняя является конечным звеном любого вида гипоксии и возникает при нарушениях способности тканей утилизировать кислород крови в связи с уменьшением эффективности биологического окисления при авитаминозах, эндокринопатиях, воздействии эндотоксинов и т.п. Достаточно точное определение биоэнергетической гипоксии дано Лукьяновой [5], которая в результате многолетних исследований пришла к выводу, что это сложный фазный про-

цесс, развивающийся при разных формах кислородной недостаточности, в основе которого лежат последовательные изменения свойств митохондриальных ферментных комплексов, приводящие к нарушению энергосинтезирующей функции дыхательной цепи, которые начинаются на субстратном и распространяются к терминальному ее участку.

Гипоксию принято делить на три формы: молниеносную, острую и хроническую. Молниеносная форма, характеризующаяся быстрой потерей сознания (за несколько десятков секунд) и прекращением жизненно важных функций организма наблюдается, например, при полном отсутствии кислорода (попадание в среду инертных газов, например азота), при взрывной декомпрессии, при вдыхании паров синильной кислоты в высоких концентрациях, при разрушении дыхательного центра, при массивной кровопотере и т.п. Острая гипоксия может быть разделена на две формы: острую, в которой

гипоксические проявления возникают в течение нескольких минут, и подострую, развивающуюся в течение многих часов, а симптомы гипоксического состояния оказываются близки к симптомам острого периода хронической гипоксии. К хронической гипоксии относятся все случаи, когда организм в условиях дефицита кислорода во вдыхаемом воздухе находится длительное время (дни, недели, месяцы, годы). В хронической гипоксии выделяют острый период, в который симптомы кислородного голодания проявляются достаточно ярко и имеют определенное сходство с симптомами острой гипоксии.

Любое гипоксическое состояние – достаточно сложный комплекс ответных реакций на гипоксический стимул, в который, как правило, включены все функциональные системы организма, в связи с чем гипоксия в большинстве случаев бывает смешанного типа. В каждом конкретном случае необходимо учитывать индивидуальные, возрастные, половые, эт-



Рис. 1. Классификация гипоксических состояний по Агаджаняну и Чижову (1998).

нические особенности организма, а также пространственно-временные и климатические характеристики. До настоящего времени, несмотря на огромное число работ, посвященных физиологии и патологии процессов газообмена, гипоксии и дыхательной недостаточности, отсутствует классификация нарушений обмена углекислого газа в организме млекопитающих. На рис. 2 представлена предлагаемая классификация.

Нормокапния – состояние, когда  $P_{CO_2}$  находится в пределах физиологической нормы ( $P_{CO_2}$  в артериализированной крови составляет 35 – 45 мм рт.ст.).

Гиперкапния – респираторный ацидоз, когда  $P_{CO_2}$  превышает верхний предел физиологической нормы, равный 45 мм рт. ст.

Возникает из-за продолжительного несоответствия между вентиляторным обеспечением и вентиляторным запросом. Может быть вызвана экзогенными и эндогенными причинами и делится на две формы – экзогенную и эндогенную.

Экзогенная гиперкапния развивается при действии на организм измененных факторов внешней среды и может быть: замкнутого пространства, ререспираторная, гиперкапническая, циркуляторная, гипероксическая, интоксикационная.

Эндогенная гиперкапния наблюдается при патологических состояниях, сопровождающихся недостаточностью аппарата внешнего дыхания, нарушением газообмена; всегда сочетается с гипоксией и может быть: физиологическая, гиповен-

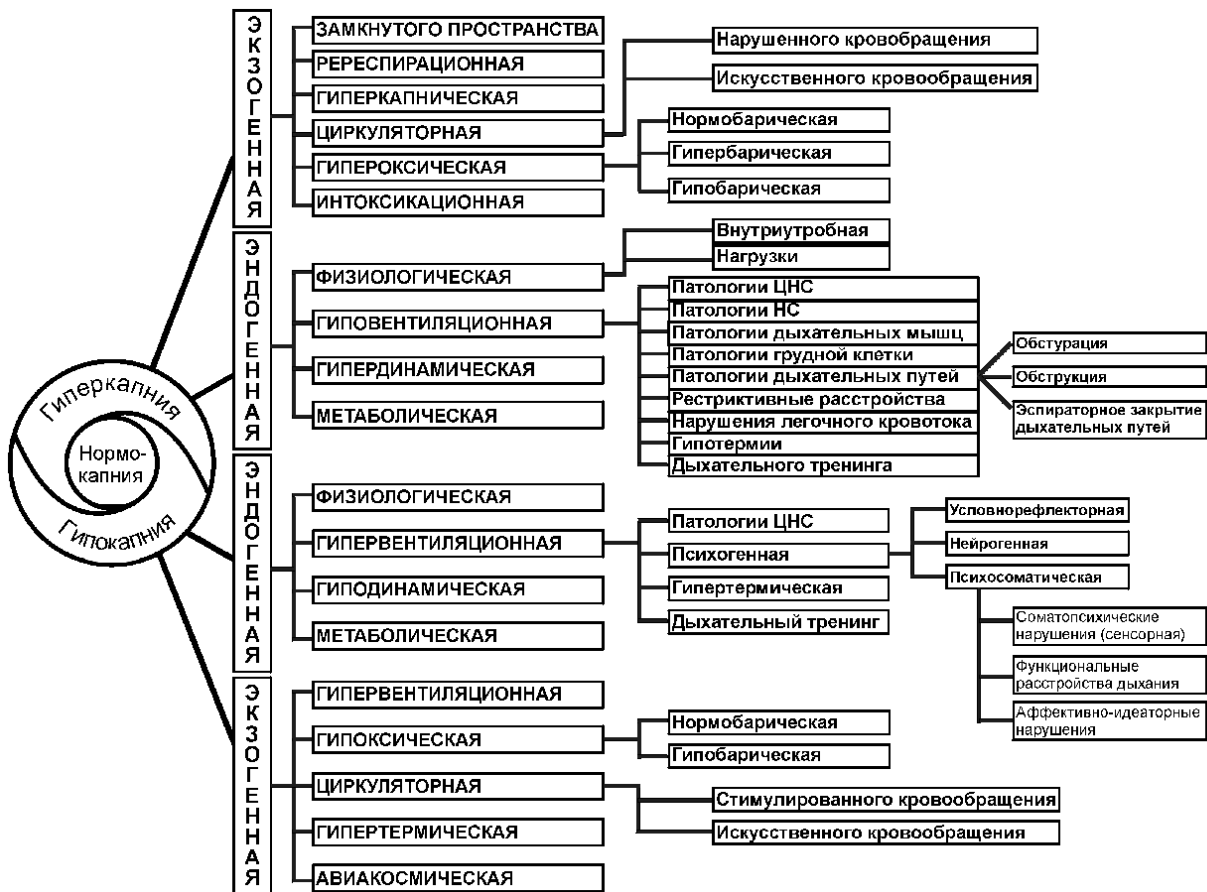


Рис. 2. Классификация гипо- и гиперкапнических состояний по Агаджаняну и Чижову (2001).

тиляционная, рестриктивная, при нарушении легочного кровотока, при гипотермии, при дыхательном тренинге, гипердинамическая, метаболическая.

Гипокапния – респираторный алкалоз, когда  $p_{CO_2}$  менее нижнего предела физиологической нормы (35 мм рт. ст.). Возникает при чрезмерном выделении углекислого газа из организма. Может быть вызвана экзогенными и эндогенными причинами.

Экзогенная гипокапния развивается при действии на организм факторов среды, приводящих к повышенной элиминации углекислого газа из организма. Может быть: гипервентиляционная, гипоксическая, циркуляторная, гипертермическая, авиакосмическая.

Эндогенная гипокапния наблюдается при патологических состояниях, сопровождающихся стимуляцией функции аппарата внешнего дыхания и повышенной элиминацией  $CO_2$ . Может быть: физиологическая; гипервентиляционная – острое или хроническое гипокапническое состояние, проявляется при повышенной вентиляции легких в связи с увеличением частоты дыхания или увеличением объема дыхания, или того и другого вместе, в результате чего углекислый газ в избыточном количестве вымывается из крови. У некоторых людей это состояние становится настолько выраженным, что начинает носить характер самостоятельной болезни. В медицине это состояние носит название синдрома д'Акоста или гипервентиляционного синдрома.

Эндогенная гипокапния может быть: гипертермическая, при дыхательном тренинге, гиподинамическая, метаболическая, развивается при метаболическом алкалозе как компенсаторный механизм поддержания кислотно-основного состояния в пределах физиологической нормы.

Гипер-, гипокапнические состояния целесообразно делить на две формы: острую

и хроническую. Молниеносная форма может иметь место только при гиперкапнии и проявляется быстрой потерей сознания (за несколько десятков секунд), прекращением жизненно важных функций организма; может наблюдаться, например, при вдыхании 100 % углекислого газа. Острые нарушения могут быть разделены на две формы: острую, когда гипер- или гипокапнические проявления возникают в течение нескольких минут, и подострую, развивающуюся в течение многих часов, а симптомы гипер- или гипокапнических состояний оказываются близки к симптомам острого периода хронической формы.

К хронической форме относятся все случаи, когда симптомы гипер-, гипокапнических состояний проявляются длительное время (дни, недели, месяцы, годы). В хронической форме можно также выделить острый период, когда симптомы нарушений проявляются достаточно ярко и имеют определенное сходство с симптомами острой формы гипер-, гипокапнических состояний. Любое нарушение обмена углекислого газа в организме – это достаточно сложный комплекс ответных реакций функциональных систем, в связи с чем проявления гипер- или гипокапнических состояний в большинстве случаев могут быть смешанного типа. Для лучшего понимания различных звеньев патогенеза гипер-, гипокапнических состояний и предлагается настоящая классификация.

**N.A. Agadjanyan, A.Ya. Chizhov**

#### **CLASSIFICATIONS OF HYPOXICAL, HYPO- AND HYPERCAPNICAL CONDITIONS**

The new classifications of hypoxical, hypo- and hypercapnical conditions are elaborated. They take into account the ecological factors in the development of various kinds of exogenic hypoxia, hypercapnia. For the first time the positive sides of physiological hypoxia and hypercapnia are brought in. In all classification till the last days hypoxia was considered as patho-

logical process only. However hypoxia can be met in different physiologic conditions of organism: internal period of fetus development, hard physical work, increased sportsmen activity, hypoxia after hearty meal, hypoxia of aged organism. The same it is possible to say about the hypo- and hypercapnic conditions.

*University of people friendship, Moscow*

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Агаджанян Н.А., Миррахимов М.М. Горы и резистентность организма. – М.: Наука, 1970. – 184 с.
2. Агаджанян Н.А. Организм и газовая среда обитания. – М.: Медицина, 1972. – 247 с.
3. Агаджанян Н.А., Башкиров А.А. К вопросу о классификации гипоксических состояний. – В кн.: Кровообращение в условиях высокогорной и экспериментальной гипоксии: Тез. Всесоюз. симпозиума. – Душанбе, 1978. – С.8 – 11.
4. Башкиров А.А. Физиологические механизмы адаптации к гипоксии. – В кн.: Адаптация человека и животных к экстремальным условиям внешней среды: Сб. науч. тр. – М., 1985. – С. 10 – 28.
5. Лукьянова Л.Д. Биоэнергетическая гипоксия: понятие, механизмы и способы коррекции // Бюл. эксперим. биологии и медицины. – 1997. – **124**, № 9. – С. 244 – 254.
6. Чарный А.М. Патофизиология гипоксических состояний. – М.: Медгиз, 1961. – 343 с.
7. Чижов А.Я., Филимонов В.Г., Караш Ю.М. и др. О биоритме напряжения кислорода в тканях матки и плода // Бюл. эксперим. биологии и медицины. – 1981. – № 10. – С. 392 – 394.
8. Barcroft J. Anoxemia // *Lancet*. – 1920. – **199**, № 5062. – P. 485 – 489.
9. Peters J.P., van Slyke D.D. Quantitative clinical chemistry. – Baltimore: Williams and Wilkins, 1932. – 957 p.

*Ун-т дружбы народов, Москва*