

# рН АРТЕРИАЛЬНОЙ КРОВИ У ЛЮДЕЙ В УСЛОВИХ ВЫСОТНОЙ ГИПОКСЕМИИ

## З.У. Арабова, Е.В. Невзорова, А.В. Гулин, К.И. Засядько

Таджикский государственный медицинский университет  
им. Абуали ибни Сино

**Введение.** Под кислотностью и щелочностью понимают концентрацию свободных ионов водорода ( $H^+$ ) в растворе. Эта концентрация может быть выражена непосредственно в наномолях на литр (нмоль/л) или как рН.

Растворы с высокой концентрацией  $H^+$  (низким рН) кислые, а с низкой концентрацией  $H^+$  (высоким рН) – щелочные. Точка, в которой вещество превращается из щелочного в кислое – точка нейтральности (рН=7,0;  $H^+ = 100$  нмоль/л).

Кислота – это вещество, которое при растворении выделяет  $H^+$ . таким образом, кислоты увеличивают концентрацию  $H^+$  в растворе (снижают рН). Основание – это вещество, которое при растворении связывает  $H^+$ . Поэтому основания снижают концентрацию  $H^+$  в растворе (повышают рН).

Буфер – это вещество, которое либо связывает, либо выделяет  $H^+$  в зависимости от концентрации  $H^+$  в окружающей среде. Поэтому буфер препятствует большим изменениям концентрации  $H^+$ .

В норме в крови человека  $pH = 7,35-7,45$  ( $H^+ = 35-45$  нмоль/л), то есть она слабощелочная. Если  $pH$  падает ниже нормы ( $< 7,35$ ), то возникает ацидемия (ацидоз). Если  $pH$  поднимается выше нормы ( $> 7,45$ ), то возникает алкалемия (алкалоз). Ацидоз – любой процесс, который снижает  $pH$  крови, тогда как алкалоз – любой процесс, который повышает  $pH$  крови.

Для эффективного протекания процессов жизнедеятельности концентрация  $H^+$  должна находиться в определенных пределах. В противном случае нарушение этих процессов неминуемо приведет к смерти. Поэтому в организме человека постоянно поддерживается кислотно – основное состояние, связанное с образованием и удалением  $H^+$  из организма.

При расщеплении жиров и углеводов доля получения энергии выделяется  $CO_2$ , который растворится в крови с образованием угольной кислоты. При метаболизме белков образуются соляная, серная и другие, так называемые «метаболические кислоты». Поэтому для поддержания в крови нормального  $pH$  необходимо постоянно удалять ионы  $H^+$ .

Наши клетки удаляют  $CO_2$ .  $pCO_2$  – парциальное давление углекислого газа в артериальной крови, зависит от альвеолярной вентиляции. Если образование  $CO_2$  изменяется, то дыхание подстраивается так, чтобы выдохнуть больше или меньше  $CO_2$  и поддерживать  $pCO_2$  в пределах нормы. Основная часть кислоты образуется в нашем организме в виде  $CO_2$ , поэтому именно легкие выводят большую часть кислотной нагрузки.

Почки выделяют метаболические кислоты. Они секретируют ионы  $H^+$  в мочу и реабсорбируют ионы  $HCO_3^-$  из мочи.  $HCO_3^-$  - основание (и поэтому связывает ионы  $H^+$ ), оно уменьшает концентрацию ионов  $H^+$  в крови. Почки способны регулировать выделение  $H^+$  и  $HCO_3^-$  в мочу в ответ на изменение образования метаболических кислот.

Дыхательная и выделительная системы работают совместно, поддерживая  $pH$  крови в нормальных пределах. Если одна система престаёт справляться и  $pH$  изменяется, то другая обычно подстраивается автоматически, препятствуя нарушению (если почки не могут вывести все метаболические кислоты, то интенсивность дыхания увеличивается и удаляется больше  $CO_2$ ). Этот процесс называется компенсацией.

Таким образом,  $pH$  – это неизменная мера ацидемии или алкалемии и важнейшая характеристика кислотно – основного состояния.

**Целью данной работы** было изучение кислотно – основного состояния организма людей, находящихся в условиях высокогорья.

**Материалы и методы.** В программе обследования принимали участие 26 человек в возрасте 20 - 26 лет, которые были перемещены на 10 суток в условия высокогорья (на высоту 3200 м). Проведено три серии исследований – до восхождения в горы (высота 680 м), в условиях высокогорья (высота 3200 м), после восхождения в горы (высота 680 м). В исследованиях дана оценка влияния условий высокогорья на газовый состав крови. Исследования проводили на анализаторе газов Istat Fbbot.

**Результаты исследования.** В результате проведенных исследований было выявлено, что до восхождения в горы (высота 680 м)  $pH$  крови обследуемых был равен  $7,3 \pm 0,08$ , т.е. был ниже нормы и соответствовал состоянию ацидоза (кислая реакция крови). В условиях высокогорья (высота 3200 м) этот показатель увеличился на 1,3 % и составил  $7,5 \pm 0,02$  % ( $p < 0,05$ ), т.е. был выше нормы и соответствовал состоянию алкалоза (щелочная реакция крови). После восхождения в горы (высота 680 м)  $pH$  крови был равен  $7,4 \pm 0,01$ , статистически отличался на 1,35 % от показателей, полученных у испытуемых до восхождения в горы ( $p > 0,05$ ) и соответствовал норме  $pH$  крови человека (слабощелочная реакция крови).

**Выводы.** Величина  $pH$  отражает кислотность или щелочность крови. До восхождения в горы в образцах крови мы наблюдали кислую реакцию крови, характеризующую состояние ацидоза. В условиях высокогорья  $pH$  крови был выше нормы, что указывало на щелочную реакцию среды и соответствовало состоянию алкалоза. После восхождения в горы  $pH$  крови был равен соответствовал норме  $pH$  крови человека и определял слабощелочную реакцию крови.

Активная реакция крови под действием гипоксии подвержена закономерным изменениям. В первое время из-за гипервентиляции происходит чрезмерное удаление из организма углекислоты. Гипокапния ведет к сдвигу  $pH$  крови в щелочную сторону. В дальнейшем недостаток кислорода в организме вызывает нарушение тканевых окислительно-восстановительных реакций, накопление в тканях и в крови недоокисленных продуктов тканевого обмена (молочной и пировиноградной кислот, ацетона, ацетоуксусной и  $\beta$  – оксимасляной кислот), сдвиг  $pH$  крови в кислую сторону.

Сдвиг активной реакции крови в условиях высотной гипоксемии в щелочную сторону следует рассматривать как неблагоприятное явление.

Объясняется это тем, что увеличение рН крови повышает сродство гемоглобина к кислороду, кривая диссоциации оксигемоглобина смещается влево. Это значит, что при одном и том же парциальном давлении кислорода в легких количество его, связываемого кровью, несколько увеличивается. Но, вместе с тем, в капиллярах тканей диссоциация оксигемоглобина на гемоглобин и свободный кислород затрудняется, что в конечном итоге влечет за собой углубление гипоксии тканей. Последующее изменение активной реакции крови в кислую сторону несколько ухудшает насыщение крови кислородом в легких, однако это отрицательное явление в значительно большей мере компенсируется усилением диссоциации оксигемоглобина в тканевых капиллярах.

### **Литература:**

1. Авиационная медицина /под редакцией Н.М. Рудного. Ленинград, 1984. 382 с.
2. Баевский Р.М. Проблема прогнозирования состояния здоровья организма в процессе его адаптации к различным воздействиям // Нервные и эндокринные механизмы стресса. Кишинев: Штиица, 1980. С. 30 – 61.
3. Дементьева И.И. Исследование кислотно-основного равновесия. // В кн.: Клиническая лабораторная аналитика (под ред. В.В. Меньшикова). 2000. Т. 3. С. 349 – 361.