Тема: **Адаптация к повышенному и пониженному барометрическому давлению**

Действие повышенного атмосферного давления

Гипербария – действие повышенного атм. давления на организм: глубокие шахты, под водой или в барокамерах. Сопровождается повышением парциального давления азота, кислорода, др. газов.

При погружении в воду через каждые 10 м давление повышается на 100 кПа (1 ат.). Болезнетворное влияние гипербарии уже при компрессии = 200-300 кПа: пульс и дыхание замедляются, повышается кровенаполнение внутренних органов, вдавливаются барабанные перепонки. Быстрое перемещение от нормального к высокому атм. давлению может привести к разрыву кровеносных сосудов, легочных альвеол.

Гипербария сопровождается усиленным растворением в биологических средах атм. газов (*сатурация*), особенно азота. Он насыщает кровь и органы, богатые липидами. Жировая ткань поглощает азота в 5 раз больше, чем кровь. Липидами богата мозговая ткань, поэтому от сатурации прежде всего страдает функции ЦНС. Сначала – легкое возбуждение, затем торможение – глубокий наркоз. Нарушения координации движений, ослабление сердечной деятельности.

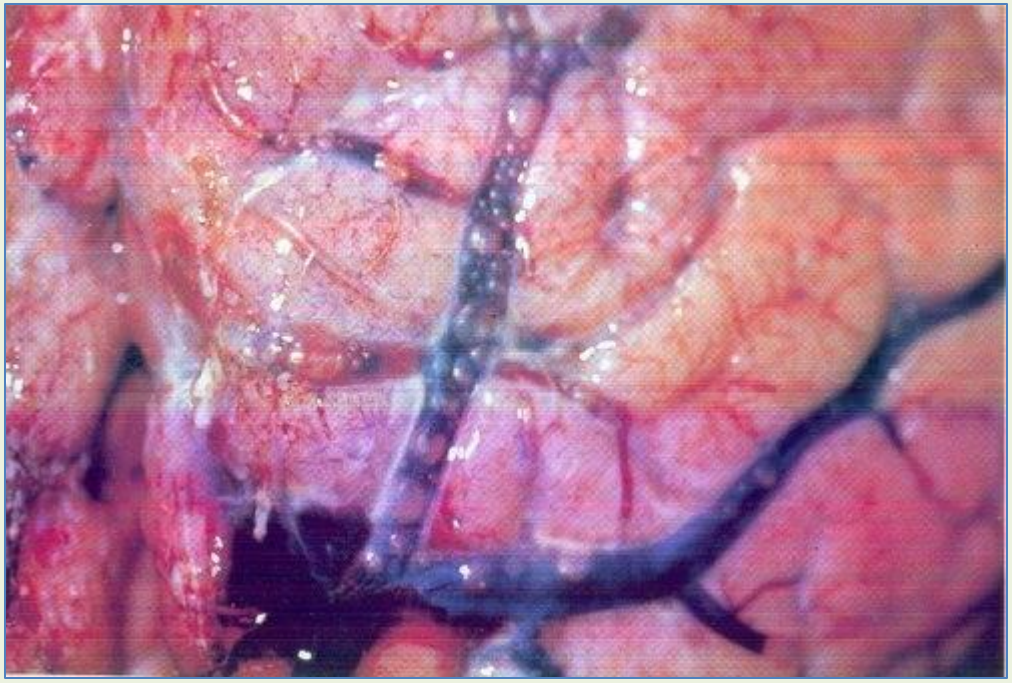
ред. Черниговский, В.Н.; Сапов, И.А.: Организм в условиях **гипербарии**

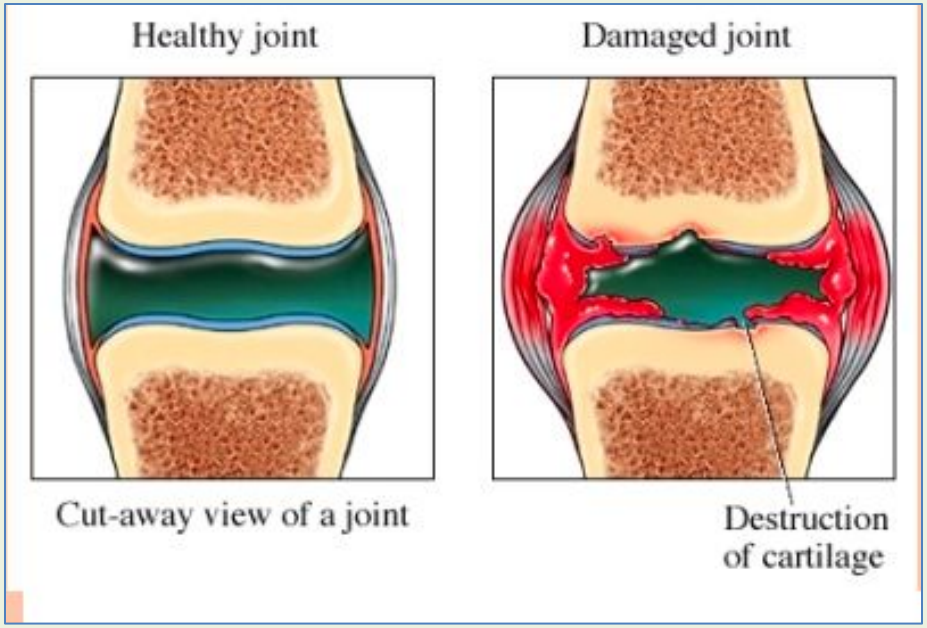
Опасность для жизни возникает при быстром перемещении организма из среды с высоким давлением в нормальные условия (*декомпрессия*) – **кессонная болезнь**.

Патогенез: *десатурация* – образование пузырьков газа, высвобождающегося растворенного в крови и тканях. Пузырьки азота циркулируют, сливаются, превращаются в эмболы, закрывающие просвет сосудов – множественная *газоэмболия* нарушает нормальное кровоснабжение органов.

Основные симптомы: острые суставные и мышечные боли, нарушение деятельности головного мозга и периферических нервов, дыхания и работы сердца. Возможны судороги.

Профилактика: медленное снижение атмосферного давления – постепенная диффузия азота через легкие во внешнюю среду.




Healthy joint
Damaged joint
Cut-away view of a joint
Destruction of cartilage

Пониженное барометрическое давление

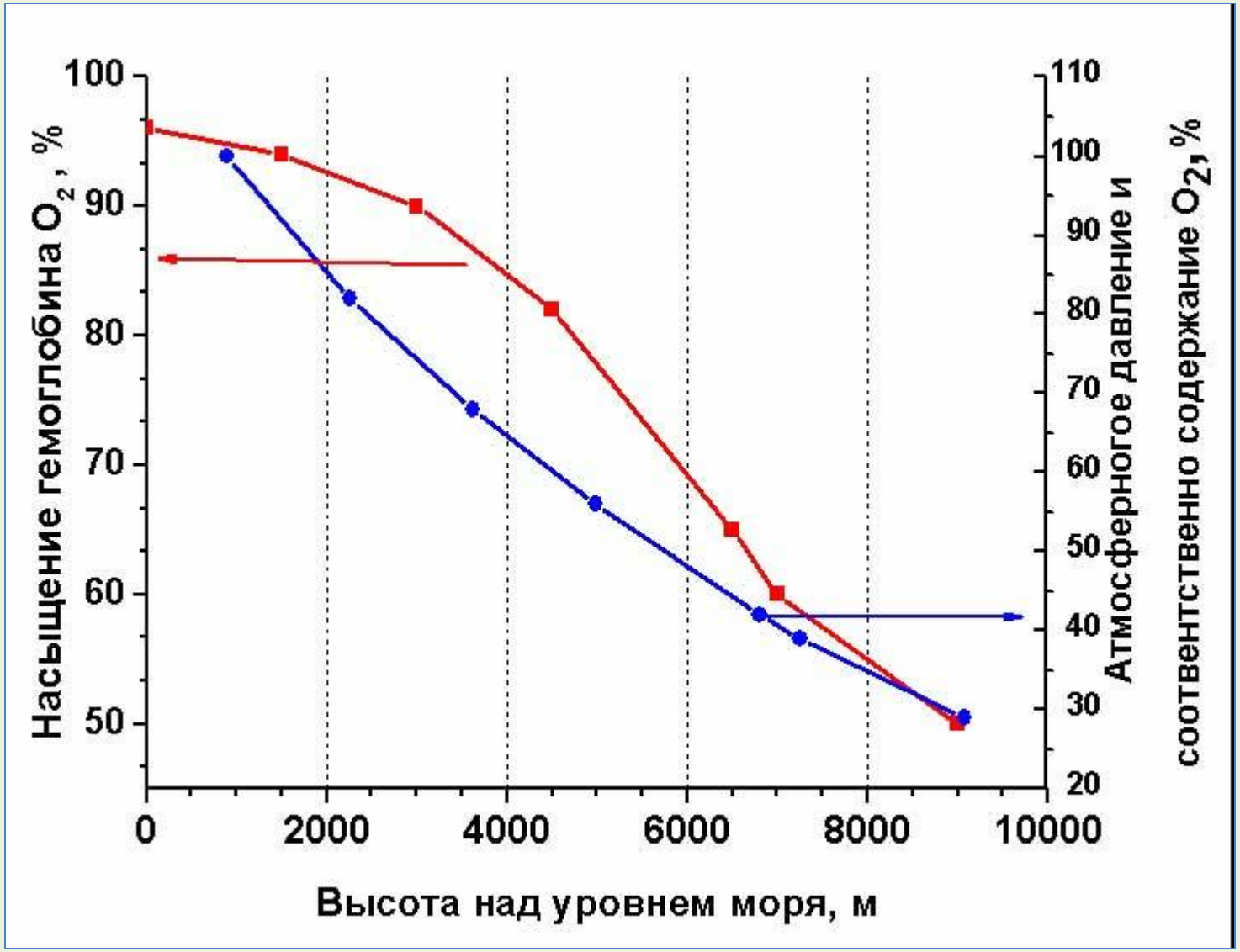
Местами проведения горных работ, отдыха и развлечения, транспортировки, с/х работ и военной службы чаще становятся высокогорные условия, от человека требуется физическая и умственная активность. Эти виды деятельности предусматривают повышенное потребление O_2. С увеличением высоты над уровнем моря постепенно снижается полное атм. давление (*барометрическое давление*) и содержание O_2 в окружающей среде. Объем работ, который мы способны выполнить, постепенно снижается .

На строительство тоннеля в Колорадо на высоте 11 000 футов над уровнем моря потребовалось на 25% больше времени, чем на уровне моря, высотные условия – причина задержки в работе: повышенная мышечная утомляемость, и ухудшение умственной деятельности (памяти, счета, принятия решения и оценка ситуации.

Ученым Обсерватории Мона Лоа на высоте 4000 м над уровнем моря на острове Гавайи для проведения расчетов требовалось больше времени, чем они затрачивали на объектах на уровне моря, при этом они допускали больше ошибок.

С увеличением высоты над уровнем моря давление O_2 в артериальных сосудах падает, но у лиц, прошедших адаптацию, давление выше, чем у не адаптированных. Когда давление O_2 падает ниже 60 мм рт.ст., способность гемоглобина переносить O_2 (O_2 на % насыщения) резко снижается. Для переноса O_2 кровью значение адаптации возрастает с увеличением высоты.

O_2 необходим для непрерывного вырабатывания энергии; если к тканям подается меньшее количество O_2 (*гипоксия*), то функция тканей ослабляется. Мозг наиболее чувствителен к недостатку O_2. Если мы вдыхаем смесь с низким содержанием O_2, первичной реакцией будет учащение дыхания, но через 10 минут или около этого усиление вентиляции легких в некоторой мере замедляется. Предполагается, что оно связано с ЦНС, контролирующей дыхание – *гипоксическое замедление дыхания*. Наблюдается вскоре после подъема на большую высоту. Замедление временно, длится несколько часов.


Насыщение гемоглобина O_2, %
100
90
80
70
60
50
0
2000
4000
6000
8000
10000
Высота над уровнем моря, м
110
100
90
80
70
60
50
40
30
20
Атмосферное давление и
соответственно содержание O_2, %

Учащение дыхания вызывает увеличенное выделение CO_2 с выдыхаемым воздухом. В тканях тела CO_2 образует водный кислотный раствор, а если CO_2 выделяется с выдыхаемым воздухом, жидкости организма, включая кровь, становятся более щелочными, в теле изменяется КЩР. Дыхание регулируется не только для того, чтобы сохранить давление O_2 на постоянном уровне, но также для поддержания КЩР.

Как только человек попадает в местность высоко над уровнем моря, любое учащение дыхания, вызванное низким содержанием O_2 в окружающей среде, приводит к снижению давления CO_2, которое вызывает *алкалоз* и замедляет стимуляцию дыхания. Организм не в состоянии поддерживать на постоянном уровне и давление O_2 и КЩР.

Алкалоз – увеличение pH крови (и других тканей организма) за счёт накопления щелочных веществ.

Одним из способов восстановления равновесия – увеличение содержания щелочного бикарбоната в моче, это компенсирует дыхательную потерю кислотности, восстановление КЩР.

Выделение почками бикарбоната медленный процесс. При продвижении от уровня моря до высоты в 4300 м (14 110 футов) на адаптацию потребуется 7-10 дней. Функция почек, снижающая щелочное замедление дыхания, основная причина задержки усиления вентиляции легких после подъема, но основная роль – постепенное увеличение чувствительности каротидных гломусов к гипоксии в течение первых часов и дней после подъема – *период адаптации дыхания*.

Процесс адаптации позволяет увеличить частоту дыхания, чтобы компенсировать низкое давление O_2, даже если давление CO_2 падает. Поскольку при адаптации к высоте по мере учащения дыхания падает давление CO_2, происходит повышение давления O_2 в легочной альвеоле и в крови артериальных сосудов.

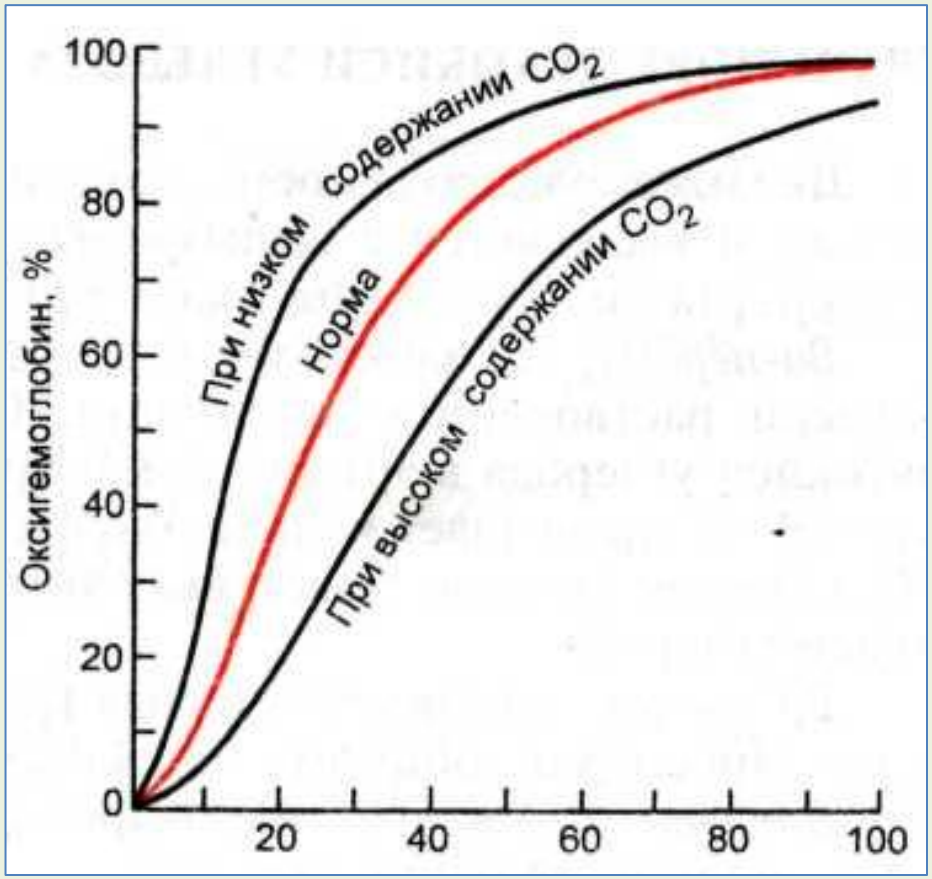


Рис. Парциальное давление кислорода, мм рт. ст.

С увеличением высоты время, необходимое для адаптации, увеличивается, поскольку с усилением вентиляции легких больше времени требуется для компенсации почками КЩР. На адаптацию к высоте в 3000 м над уровнем моря требуется 3-5 дня, а к высоте 6000-8000 м – 6 нед. или больше.

При возвращении происходит обратный процесс. Давление O_2 в артериальных сосудах возрастает, и частота дыхания снижается. В этом случае количество выдыхаемого CO_2 снижается и возрастает давление CO_2 в крови и дыхательном центре. КЩР изменен в кислотную сторону, и для восстановления баланса почки должны сохранить бикарбонат. Возвращение из высотных районов, гипотетически, представляет собой зеркальное изображение высотного подъема, с одним важным исключением: на спуске артериальное давление O_2 нормализуется немедленно.

Много связано с дыханием: эмоциональная и физическая активность, питание и бодрствование. Во время сна снижаются ЧДД и глубина вдоха, регулируемые низким содержанием O_2 и высоким содержанием CO_2. Снижаются степень вентиляции легких и глубина вдоха. На большой высоте количество молекул O_2 в воздухе меньше, меньший объем альвеолярного воздуха удерживается между вдохами. При остановке дыхания (*апноэ* типичной для большой высоты) на несколько секунд падение давления O_2 в артериальных сосудах происходит значительно быстрее, чем в местности, расположенной на уровне моря, хотя, в сущности, создаваемый в организме запас O_2 больше.

Периодическое прекращение дыхания почти неизбежно в течение нескольких первых ночей после подъема на большую высоту. Гипоксическая стимуляция усиливает вентиляцию легких, которая в свою очередь снижает уровень CO_2, замедляет дыхание и увеличивает гипоксическую стимуляцию, что в свою очередь стимулирует вентиляцию легких. Обычно прекращение дыхания длится 15-30 с и сопровождается несколькими очень глубокими вдохами, которые часто на короткий момент пробуждают спящего, затем наступает следующая остановка дыхания. Возможны частые пробуждения, и даже если общее время сна достаточное, его прерывание оказывает вредное воздействие на качество сна, создается впечатление беспокойной или бессонной ночи. Подача O_2 устраняет циклический характер гипоксической стимуляции, щелочная ингибиция прекращает периодичность дыхания, и восстанавливается нормальный сон.

Адаптация организма к пониженному барометрическому давлению

Активация синтеза РНК:

-в легких
-в сердце
-в коронарных сосудах
-в симпатических нейронах, иннервирующих сердце
-в костном мозге

Увеличение дыхательной активности.

Увеличение проницаемости альвеолярно-каппилярных мембран

Увеличение объема крови в легких

Увеличение емкости коронарного русла и коронарного кровотока

Перераспределение крови в организме

Нормализация деятельности центров, регулирующих кровообращение

Рост индекса церебро-васкулярной активности

Улучшение кровоснабжения мозга

Перестройка системы гипофиз - кора надпочечников

Снижение уровня ренина в плазме крови

Снижение уровня альдостерона в плазме крови

Снижение уровня ангиотензина II в плазме крови

Уменьшение почечной экскреции калия

Усиление выделения натрия

Увеличение диуреза

Снижение тонуса сосудов - т.е. их расширение.

Адаптации организма к пониженному барометрическому давлению

1. *Активация синтеза РНК* и белка в легких, сердце, костном мозге, сосудах коронарного русла, в симпатических нейронах, иннервирующих сердце. Увеличение дыхательной поверхности легких за счет роста количества вентилируемых альвеол, увеличению проницаемости альвеолярно-капиллярных мембран и объема крови в легких, к увеличению емкости коронарного русла, коронарного кровотока.

2. *Перестройка системы гипофиз - кора надпочечников*, снижение уровня ренина, альдостерона и ангиотензина II в плазме крови. Изменение электролитного гомеостаза, обусловленное уменьшением почечной экскреции калия и усилением выделения натрия. Увеличением диуреза, что в итоге отражается на тонусе сосудов.

3. *Перераспределение крови в организме* направлено на улучшение кровоснабжения мозга и нормализует деятельность центров регулирующих кровообращение. Растет индекс цереброваскулярной реактивности. В основе эффекта – увеличение плотности сосудов при адаптации к гипобарической гипоксии во многих органах, включая головной мозг.