

Повышенное давление газовой среды (спуск под воду) как необычный комплекс факторов, воздействующих на человека.

Организм человека сталкивается с факторами повышенного давления газовой и водной среды в процессе водолазных спусков и кессонных работ, в подводных домах, при плавании с аквалангом, при лечении сжатым воздухом в камерах повышенного давления и барооперационных.

В России ежегодно работают под водой или пребывают в условиях повышенного давления газовой среды несколько десятков тысяч человек. Число аквалангистов (дайверов) систематически пребывающих под водой с каждым годом увеличивается.

Характеризуя изменения жизнедеятельности человека в условиях повышенного давления газовой и водной среды, необходимо учитывать следующие факторы:

1. Величина повышенного давления (Р). Напомним, что воздух имеет массу и оказывает определенное давление, называемое атмосферным, на поверхность земли. На широте 45° на уровне моря при температуре 0°C атмосферное давление составляет 760 мм рт.ст. или 1 атм. Техническая атмосфера ($\text{кгс}/\text{см}^2$) соответствует давлению 10 метров водного столба или 735,6 мм рт.ст. Давление сверх атмосферного называют избыточным и измеряют с помощью манометров. Сумма избыточного и атмосферного давления называют абсолютным давлением. Так, при плавании на глубине 20 метров на человека будет действовать избыточное давление 2 атм. или абсолютное давление 3 атм. На каждый квадратный сантиметр нашего тела давит атмосферное давление с силой 1 кг. Так как поверхность тела взрослого человека составляет в среднем 1,5-1,8 м^2 , то в обычных условиях на человека воздух давит с силой, равной 15-18 тонн. Это давление не только не ощущается нами, но является нормальным фактором окружающей среды. Чем глубже погружается человек, тем большее давление действует на его тело. На глубине 20 м избыточное давление на поверхности тела составит примерно 30-36 тонн. Такое огромное давление раньше представлялось угрожающим жизни. С началом водолазных погружений (активное освоение глубин началось середины девятнадцатого века) была доказана сравнительная легкость, с которой переносилось такое давление. Это объясняется тем, что тело человека состоит на 62-65% из воды, которая практически не сжимается (на каждую атмосферу объем воды уменьшается приблизительно на 0,0004%). Однако при вертикальном положении давление воды более плотно обжимает ноги. У человека ростом 175 см величина добавочного давления на стопы по сравнению с верхней частью головы составит 0,175 $\text{кгс}/\text{см}^2$. В ногах нарушается кровообращение из-за сдавления поверхностных кровеносных сосудов. Поэтому с физиологической точки зрения горизонтальное положение подводного пловца считается наилучшим, так как имеется практически одинаковое обжатие всех частей тела;

2. Парциальное (частичное) давление газов (p_{O_2} , p_{CO_2} , p_{N_2}). Под ним понимают долю (часть) общего давления, приходящегося на конкретный газ, входящий в газовую смесь. Парциальное давление зависит от процентного содержания газа в газовой смеси (напомним, что воздух – это естественная газовая смесь, состоящая из 78,1% азота, 20,9% кислорода, 0,9% аргона, 0,03% углекислого газа, а также водорода, гелия, неона и других индифферентных газов в очень малых количествах) и абсолютного давления, под которым находится эта смесь: $p = P \cdot n / 100$, где n – процентное содержание газа в смеси по объему. Знание парциального давления того или иного газа важно потому, что физиологическое действие газа определяется не относительным процентным содержанием его в смеси, а величиной парциального давления. Например, мы уже знаем, что в атмосферном воздухе содержится около 21% кислорода. Парциальное давление его составляет 0,21 атм. Если человек будет дышать на поверхности смесью, в которой всего 5% кислорода, то он мгновенно потеряет сознание и погибнет от недостатка кислорода (это специфическое заболевание называют «кислородным голоданием»), так как p_{O_2} будет в данном случае равно 0,05 атм. Если же человек будет вдыхать 5%-ную смесь на глубине 30 метров, где

абсолютное давление равно 4 атм., он будет чувствовать себя хорошо. Ведь p_{O_2} на глубине 30 м увеличилось в 4 раза и стало равно 0,20 атм.;

3. Быстрота повышения и понижения давления. При быстром погружении давление в воздухоподдерживающих полостях не успевает сравниться с наружным давлением, что приводит к болезненным состояниям, получившим название «баротравмы уха и придаточных пазух». Реже встречается «баротравма кишечника» или «баротравма зуба». При быстром всплытии возможно развитие очень грозного заболевания «баротравмы легких».

4. Насыщение (сатурация) и рассасывание (десатурация) организма индифферентными газами. Игнорирование закономерностей процессов сатурации и десатурации приводит к развитию самой распространенной и опасной специфической патологии - «декомпрессионной болезни», которая возникает при всплытии с нарушением режима декомпрессии (встречаются случаи заболевания, возникающие при всплытии без нарушений режима декомпрессии, обусловленные низкой устойчивостью конкретного аквалангиста к декомпрессионной болезни) и характеризуется образованием газовых пузырьков в организме из-за возникающего пересыщения тканей индифферентным газом, прежде всего азотом;

5. Температура воды и дыхательной смеси. Недооценка этого фактора способствует развитию «переохлаждения». Ведь теплоемкость воды в 4 раза, а теплопроводность в 25 раз больше, чем у воздуха. Поэтому при подводном плавании (даже летом на юге!) происходит усиленная отдача тепла организмом. Значительно реже в водолазной практике наступает «перегревание» организма, связанное в основном с длительным нахождением в гидрокомбинезоне в жаркую погоду под прямыми лучами солнца;

6. Высокая влажность и плотность дыхательной смеси. (В случае применения снаряжения регенеративного типа);

7. Пониженная освещенность под водой;

8. Высокая плотность воды по сравнению с атмосферным воздухом;

9. Увеличенная, по сравнению с воздухом, скорость звука в воде;

10. Вид подводного снаряжения и качество дыхательной смеси;

11. Значительная физическая нагрузка;

12. Выраженное психо-эмоциональное напряжение. Оно вызывается необычностью окружающей водной среды, некоторым риском для здоровья и жизни при каждом спуске под воду, невозможностью обычного речевого общения с людьми, находящимися на поверхности. Временная изоляция от привычной природной и социальной среды также вызывает у водолазов и аквалангистов определенные переживания. Степень психо-эмоциональной напряженности зависит и от типа высшей нервной деятельности конкретного пловца, его опыта, особенностей данного погружения и т.д.

В физиологии подводного плавания принято выделять три периода воздействия на человека повышенного давления газовой и водной среды (спуска под воду):

- период повышения давления, компрессия, сжатие воздуха, спуск водолаза или аквалангиста на максимальную глубину погружения;
- период пребывания под максимальным давлением, «на грунте» (это не обязательно дно, а наибольшая глубина спуска), изопрессия;
- период снижения давления, декомпрессия, подъем с глубины, выход на поверхность.

Воздействие повышенного давления воздуха и искусственных газовых смесей на организм человека по-разному проявляются в каждом из этих периодов. Так, мы уже отмечали, что баротравма уха преимущественно возникает при компрессии, но может быть и при декомпрессии. А декомпрессионная болезнь возникает только при декомпрессии (отсюда и название заболевания) или уже после выхода из-под повышенного давления газовой и водной среды.

При медицинском обеспечении водолазов и аквалангистов следует учитывать не только их предстартовое состояние, но и характер работы, отдыха, питания и сна в предшествующие спускам сутки. Необходимо обращать особое внимание на динамику функций организма человека в периоде последствий повышенного давления, на сроки возвращения к исходному уровню деятельности различных органов и систем организма, другими словами, как происходит восстановление после погружения.

Современная физиология подводного плавания определяет следующие возможные специфические заболевания у людей под действием повышенного давления (гипербарии): декомпрессионная болезнь, отравление кислородом, отравление диоксидом углерода (углекислым газом, CO₂) отравление оксидом углерода (CO), токсическое действие азота («азотный наркоз») и гелия («гелиевая дрожь»), острое кислородное голодание, баротравма легких, баротравма уха и придаточных пазух, барогипертензионный синдром, обжим водолаза местный и общий, переохлаждение, перегревание, утопление. Именно под таким расширенным углом зрения будет рассматриваться на страницах журнала проблема медицинского обеспечения подводных работ.

Каждое из этих заболеваний имеет свои особенности, встречается на той или иной глубине, приводит к незначительному недомоганию или к развитию хронического процесса, на длительный период ухудшающего здоровье аквалангиста. Знание каждым водолазом и аквалангистом основ физиологии и патологии подводных погружений обеспечит профилактику возможных заболеваний и сделает плавание с аквалангом не только приятным, но и безопасным.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Мясников Анатолий Петрович, кандидат медицинских наук, врач-специфизолог, автор ставшей сейчас библиографической редкостью монографии «Медицинское обеспечение водолазов, аквалангистов и кессонных рабочих», издательство «Медицина», Ленинград, 1977. – 208 с. В течение 50 лет занимается проблемами гипербарической физиологии и медицины. Преподавал на кафедрах «Физиологии подводного плавания и аварийно-спасательного дела» Военно-медицинской академии и «Морской и подводной медицины» Медицинской академии последипломного образования.

Мясников Алексей Анатольевич, доктор медицинских наук. Доцент кафедры «Физиологии подводного плавания» Военно-медицинской академии.