ВОДОЛАЗНО-МЕДИЦИНСКИЕ И САНИТАРНО-ГИГИЕНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ УСЛОВИЙ ТРУДА РАБОТНИКОВ, ЗАНЯТЫХ ПРОИЗВОДСТВОМ РАБОТ ПОД ВОДОЙ (УТВ. МИНЗДРАВОМ РФ 14.11.2005, ВСЕРОССИЙСКИМ ОБЩЕСТВОМ СПАСАНИЯ НА ВОДАХ 15.11.2005)

По состоянию на 18 октября 2006 года

Утверждаю

Первый заместитель Директора

Государственного научного центра

Российской Федерации -

Института медико-биологических

проблем РАН, академик РАМН

В.М.БАРАНОВ

14 ноября 2005 года

Председатель Центрального совета

Всероссийского общества спасания

на водах, генерал-полковник

П.В.НЕЛЕЗИН

15 ноября 2005 года

ВОДОЛАЗНО-МЕДИЦИНСКИЕ И САНИТАРНО-ГИГИЕНИЧЕСКИЕ

ХАРАКТЕРИСТИКИ УСЛОВИЙ ТРУДА РАБОТНИКОВ, ЗАНЯТЫХ

ПРОИЗВОДСТВОМ РАБОТ ПОД ВОДОЙ

Пребывание человека под водой в мягком снаряжении неизбежно связано с воздействием на его организм многочисленных факторов окружающей среды. Этот комплекс факторов формирует специфические условия и особенности труда, влияет на функциональное состояние и работоспособность водолаза. По своему характеру профессиональные факторы могут быть специфическими и неспецифическими.

К специфическим (профессиональным) относятся такие факторы, которые неотделимы от водолазного труда или с которыми водолаз сталкивается достаточно часто. Специфические факторы обусловлены свойствами газовой и водной сред, дыхательных газовых смесей (ДГС), физиолого-гигиеническими параметрами водолазного снаряжения, обитаемостью водолазных комплексов, характером и организацией труда под повышенным давлением. Связь основных опасных и вредных факторов водолазного труда с возможными ответными реакциями организма представлена в табл. 1.

Таблица 1

ОСНОВНЫЕ ОПАСНЫЕ И ВРЕДНЫЕ ФАКТОРЫ ВОДОЛАЗНОГО

ТРУДА И ОТВЕТНЫЕ РЕАКЦИИ ОРГАНИЗМА

|  |  |
| --- | --- |
| ФАКТОРЫ | Возможные физиологические и патологические ответные реакции организма |
| **1. Факторы повышенного давления газовой среды и дыхательных газовых смесей** | |
| Механическое давление | Общее равномерное объемное сжатие организма, нервный синдром высоких давлений (НСВД), баротравма уха и придаточных пазух носа, баротравма легких |
| Высокое парциальное давление газов и избыточное их проникновение в организм | Наркотическое состояние, НСВД, отравление кислородом, кислородное голодание, отравление диоксидом углерода, выхлопными газами и нефтепродуктами, декомпрессионная болезнь, изобарическая противодиффузия |
| Высокая плотность, повышенное сопротивление дыханию | Недостаточность внешнего дыхания, обструкция бронхиального дерева при форсированном дыхании, барогипертензионный синдром, ухудшение слухового восприятия и функциональная перестройка работы слухового и речевого аппаратов |
| Высокие теплоемкость и теплопроводность | Дистермия, переохлаждение, напряжение системы терморегуляции из-за повышенного теплосъема с организма |
| **2. Технические средства (барокамеры, водолазные колокола, обитаемые подводные аппараты)** | |
| Ограниченный замкнутый объем | Снижение двигательной активности, гиподинамия |
| Отсутствие привычных условия обитания | Монотонность сенсорного восприятия и изменение его спектра, световое голодание, общее угнетение ЦНС, развитие психических нарушений |
| Изменение газового состава (снижение содержания О², повышение СО² и вредных веществ) и параметров микроклимата | Патология зависит от характера изменений состава газовой среды и параметров микроклимата ( кислородное голодание, отравление СО² , отравление вредными газообразными веществами, перестройка терморегуляции, ухудшение самочувствия, и усиленное выделение жидкости через почки при повышении влажности) |
| Накопление микрофлоры | Дисбактериоз, заболевание ЛОР- органов и кожи, инфекционные болезни |
| Повышенная пожаро и взрыво опасность, высокое содержание О² и/или Н² | Высокое нервно-эмоциональное напряжение |
| **3. Факторы водной среды** | |
| Отсутствие газовой среды, пригодной для дыхания | Утопление, кислородное голодание |
| Механическое давление и высокая плотность | Выраженное физическое утомление при работе под водой, затруднение движения под водой и использование ударного инструмента, неравномерное объемное сжатие тела гидростатическим давлением, обжим тела, обжатие грудной клетки |
| Высокие теплоемкость и теплопроводность | Переохлаждение организма |
| Искажение зрения и слуха в водной среде, отсутствие освещенности или ее недостаток | Перенапряжение органов зрения и слуха, затруднения в выполнении поисковых работ, и работ требующих оценки пространства и размеров объекта |
| Гипогравитация в водной среде | Затруднения в сохранении остойчивости и координации движений, опасность непроизвольного всплытия, затруднения, связанные с необходимостью использования тяжелых грузов |
| Динамическое воздействие водной среды (течения и волнение моря) | Затруднения при передвижении и выполнении водолазных работ, опасность травматизации и непроизвольного всплытия |
| Изоляция водолаза от обслуживающего персонала и средств обеспечения | Высокое нервно-психическое напряжение, связанное с возможностью нарушения работы водолазного оборудования по вине обслуживающего персонала |
| Загрязнение воды сточными водами, нефтепродуктами, бактериальной флорой, радиоактивными веществами и т.п. | Возможность отравлений, поражений кожных покровов и слизистых, лучевой болезни, инфекционных заболеваний и т.п. |
| Наличие ядовитых и опасных морских животных | Возможность появлений ожогов, отравлений, травм, нервно- мышечное напряжения, аллергических реакций |
| **4. факторы водолазного снаряжения** | |
| Повышенное сопротивление дыханию | Утомление дыхательной мускулатуры, барогипертензионный синдром |
| Ограничение зрительного поля, запотивание маски или иллюминатора | Перенапряжение органов зрения, затруднения в выполнении подводных работ и контроля за окружающей обстановкой |
| Общее и неравномерное обжатие частей тела за счет наличия жестких частей и складок снаряжения | Нарушение кровоснабжения ног вследствие разности гидростатического давления,  нагрузка на сердце (повышение давления в малом круге кровообращения), местный  обжим, намины и потертости |
| Наличие газового объема в скафандре | При увеличении объема скафандра - опасность непроизвольного всплытия с возмож- ностью возникновения декомпрессионной болезни, баротравмы легких и утопления при разрыве водолазного снаряжения. При уменьшении объема скафандра возможно па- дение водолаза на глубину с обжимом тела (кровососная банка) |
| Ограничение двигательных функций организма | Затруднения при передвижениях и выполнении водолазных работ, быстрое наступление усталости |
| Изменение газового состава | Кислородное голодание, отравление О² и СО² |
|  |  |
| Изменение температурного режима в снаряжении | Переохлаждение, перегревание |
| Использование снаряжение с электро и водо обогревом | Переохлаждение, перегревание, электротравма |
| Повышенный уровень шума | Затруднения связи, кохлеарные невриты, нейросенсорная тугоухость |
| Повышенное или пониженное внутрилегочное давление по сравнению с окружающим | Баротравма легких, обжатие грудной клетки |
| Применение поглотительных и регенеративных веществ | Отравление щелочами, химические ожоги кожи, дыхательных путей и легочной ткани |
| Возможные неисправности системы газоснабжения и нарушение герметичности снаряжения | Баротравма легких, кислородное голодание, отравление О² и СО², утопление, переохлаждение, нервно- психическое напряжение |

Более подробно вредные и опасные факторы гипербарической газовой и водной сред представлены в Приложениях 1 и 2, а водолазного снаряжения и барокамер - в Приложении 3. Помимо этих факторов, важное значение имеют факторы и условия труда водолазов, связанные с организацией водолазных спусков и работ, тяжестью и напряженностью водолазного труда, к которым относятся:

- метод водолазных спусков: кратковременные погружения (КП) или длительное пребывание (ДП);

* вид и способ выполнения водолазных работ;

- глубина (величина давления) и время пребывания под водой (под давлением);

- параметры режимов компрессии и декомпрессии;

- условия выполнения работ (физические, физиологические и гидрометеорологические);

- тяжесть и интенсивность физической нагрузки;

- частота и продолжительность пребывания и работы под водой (под давлением);

- продолжительность рабочей смены;

- опасность заболеваний, травм и гибели;

- выраженность психоэмоционального напряжения, связанного с осознанной опасностью;

- режим отдыха, реабилитация;

- характер и режим питания и др.

В условиях водолазного спуска организм водолаза подвергается не изолированному воздействию какого-либо вредного или опасного фактора, а испытывает воздействие комплекса физических, химических, биологических и психофизиологических факторов, связанных с пребыванием и работой в водной и гипербарической газовой средах, а также с воздействием водолазной техники и водолазного снаряжения. Многие из этих факторов обладают аддитивным (суммированным), синергическим (взаимно усиливающим) или антагонистическим действием, как это представлено в табл. 2.

Таблица 2

ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ФАКТОРОВ ПАРЦИАЛЬНОГО ДАВЛЕНИЯ ГАЗОВ,

ХОЛОДОВОГО ФАКТОРА И ПЛОТНОСТИ ГИПЕРБАРИЧЕСКОЙ ГАЗОВОЙ СРЕДЫ

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Основной фактор | Дополнительный фактор | | | | | |
| АЗОТ | ГЕЛИЙ | КИСЛОРОД | ДИОКСИД УГЛЕРОДА | НИЗКАЯ ТЕМПЕРАТУРА | ПЛОТНОСТЬ |
| АЗОТ |  | - | + | ++ | + | + |
| ГЕЛИЙ | - |  | 0 | + | ++ | 0 |
| КИСЛОРОД | + | + |  | ++ | + | + |
| ДИОКСИД УГЛЕРОДА | ++ | 0 | -/++ |  | + | + |
| НИЗКАЯ ТЕМПЕРАТУРА | + | ++ | + | + |  | + |
| ПЛОТНОСТЬ | + | 0 | +/- | + | + |  |

Из таблицы видно, что при различных сочетаниях факторов обычно отмечается аддитивное (+) и синергическое (++) действие, значительно реже встречается антагонизм (-) действия факторов или отсутствие выраженного взаимодействия (0). Взаимодействие некоторых факторов может быть неоднозначным в зависимости от условий.

Наиболее агрессивными факторами являются повышенное механическое давление и его перепады, неблагоприятное биологическое действие кислорода и индифферентных газов при повышении их парциального давления, повышенные плотность, теплоемкость, теплопроводность и влажность среды обитания, тяжелая работа под водой. При спусках методом ДП на организм водолаза дополнительно воздействуют факторы, связанные с длительным пребыванием в искусственной газовой среде и с замкнутым ограниченным объемом барокамеры.

В табл. 3 представлен комплекс устойчивых прогностических показателей, отражающих воздействие неблагоприятных факторов водолазного труда на протяжении длительного времени для сердечно-сосудистой системы, нервной системы, ЛОР-органов, пищеварительной системы, кожных покровов и опорно-двигательного аппарата. Представленные в табл. 3 данные позволяют водолазному врачу, а также врачам-специалистам, участвующим в первичном и периодических освидетельствованиях водолазов, прогнозировать развитие заболевания на протяжении длительного времени и своевременно проводить лечебно-профилактические мероприятия.

Таблица 3

КОМПЛЕКС УСТОЙЧИВЫХ ПРОГНОСТИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ, ОТРАЖАЮЩИХ ВОЗДЕЙСТВИЕ НЕБЛАГОПРИЯТНЫХ ФАКТОРОВ ВОДОЛАЗНОГО ТРУДА

НА ПРОТЯЖЕНИИ ДЛИТЕЛЬНОГО ВРЕМЕНИ

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Системы организма | Основные вредные и опасные факторы | Реакции организма на действия факторов | | | | |
| Начальные  изменения | Преморбидное состояние | | Патологическое состояние | |
| 1. сердечно-сосудистая система | * механическое давление * чрезмерные физические нагрузки * высокое нервно-эмоциональное напряжение * перенесенные декомпрессионнные заболевания * гипоксия * гипероксия * низкая температура * ДП в КАГСр * Длительное выполнение работ в вынужденной позе стоя | * Изменения регуляции сосудистого тонуса * Вегетативная лабильность и эмоциональная неустойчивость * Синусовая аритмия, особенно в ночное время. * Тенденция к увеличению среднесуточной ЧСС. * Снижение баланса и функционального синергизма между симпатическим и парасемпатическими отделами нервной системы * Заметное усиление симпатикотинических вегетативных сдвигов (тахикардия, снижение толерантности к физической нагрузке, увеличение среднединамического артериального давления | | * увеличение удельного периферического сопротивления сосудов, среднего динамического сопротивления, бокового и конечного систолического давления * транзиторная нейроциркуляторная дистония по гипертоническому типу * единичные и периодические групповые экстрасистолы * по данным ЭКГ- признаки гипертрофии миокарда правого, а затем левого желудочков, неполная блокада правой ножки пучка Гиса, уменьшение суммарной амплитуды зубцов P, R, T по сравнению с нормой * пониженная переносимость нагрузочных проб, увеличение времени восстановления сердечно-сосудистой системы после физической нагрузки | | - атеросклероз   * облитерирующий эндартерит * вегетативно-сенсорная полиневропатия * выраженное варикозное расширение вен, осложненное воспалительными (тромбофлебит) расстройствами * стойкая нейроциркуляторная дистония, гипертоническая болезнь * стойкое нарушение возбудимости, проводимости и сократительной функции моикарда * ишемические, дистрофические и дегенеративные изменения сердечной мышцы * сердечно-сосудистая недостаточность |
| 2. система дыхания | * механическое давление * повышенная плотность гипербарических газовых сред и ДГС * увеличение сопротивления дыханию * гипероксия * геперкапния * низкая температура * повышенная влажность * перенесенные баротравма легких, обжатие грудной клетки | * снижение вентиляторных показателей * нарушение бронхиальной проходимости по обструктивному типу при физических нагрузках * стойкое полнокровие легких за счет повышения давления в малом круге кровообращения | | * уменьшение показателей бронхиальной проходимости, иногда – до значений, близких к патологическим * фиброзные изменения отдельных участков легочной ткани, переходящие в стадию преимущественно эмфизематозных изменений | | * стойкая конструкция мелких и средних бронхов, приводящая к их частичной обтюрации * эмфизема легких и пневмосклероз, приводящие к увеличению сопротивления и гипертензии в малом круге кровообращения с последующей гипертрофией правого желудочка |
| 3. Нервная система | * стрессовость ситуаций водолазного труда * декомпрессионная болезнь, баротравма легких, отравления и другие заболевания * «немые» формы декомпрессионных заболеваний * метод проведения водолазных спусков * тяжелая работа * работа, связанная с подъемом и перемещением тяжестей, длительным пребыванием в неудобной рабочей позе * микро и макро травмы * воздействие низких температур и повышенной влажности | -          Признаки астеноневротического синдрома (периодические нарушения нормального сна, снижения аппетита, повышенная утомляемость и др) .   * Неустойчивая вегетативная лабильность и временами эмоциональная раздражительность. * Периодически возникающие конфликтные ситуации с товарищами по работе и с начальством. * Микроочаговая неврологическая симптоматика, выявляемая лишь при неврологическом исследовании. * Периодически возникающие боли по ходу нервных стволов при поднятии тяжести или работе в вынужденной позе | | * депрессия. * Снижение показателей умственной и физической работоспособности (дефицит памяти, трудности длительного сохранения внимания, эмоциональная неустойчивость, частые конфликтные ситуации с товарищами по работе и с начальством). * Микроочаговая неврологическая симптоматика с незначительными субъективными и объективными проявлениями. * Слабо выраженные и легко излечиваемые острые радикулоневриты различного уровня | | * Реактивные состояния, неврозы, психозы, энцефалопатии. * Очаговые изменения нервной системы. * Тяжелые органические нарушения и функциональные расстройства после клинически выраженного или бессимптомного хронического течения декомпрессионной болезни с развитием микроочаговых деструктивных процессов в белом и сером веществе спинного мозга. * Рефлекторные синдромы шейного и поясничного крестцового уровня (нейрососудистый, миотонический, нейродистрофический). * Шейно-плечевая, пояснично- крестцовая радикулопатия, радикуломиелопатия шейного и пояснично-крестцового уровня |
| 4. ЛОР- органы | * перепады давления * интенсивное «продувание» * перенесенные раннее болезни ЛОР-органов * повышенная шумность в снаряжении * синегнойная палочка и банальная условно-патогенная микрофлора * повышенная плотность и влажность газовой среды, большие скорости газовых потоков * длительное пребывание в замкнутом ограниченном объеме барокамер * обмен микрофлорой между членами группы в барокамере * снижение иммунобиологической резистентности организма * перенапряжение голосового аппарата | * Нарушение кровообращения в улитке. * Незначительное понижение остроты слуха. * Периодически возникающие нарушения барофункции (барофункция II-III степени) * Бессимптом­ные ларингиты без клиничес­ких проявле­ний, выявляе­мые инструмен­тально | | * Изменения осмотическо- го и онкотического дав- ления в эндо и перилимфе. * Повторяющиеся изменения слухового по- рога, ведущие к прогрессированию развития пониженного слухового восприятия * Одно- или двустороннее снижение слуха на одной или нескольких час­тотах, которое выходит за пределы возрастной нормы. * Внезапное быстрое ухуд­шение слуха {обычно одно­стороннее), что свиде­тельствует о начале забо­левания внут­реннего уха на кохлеарном уровне. * Барофункция III степени. * Периодически возникающие тонзил­литы, ларин­гиты и наруж­ные отиты бевыраженных клинических проявлений | | * Стойкое снижение барофункции. * Неврит слухового нерва и неиросенсорная тугоухость. * Лабиринтные поражения – перманентный меньероподобный синдром. * Часто рецидивирущие и трудно излечимые хронические тонзиллиты, ларингиты, наружные и средние отиты. * Стойкое снижение барофункции на одно или оба уха (барофункция IV степени) |
| 5. Кожный покров | * Специфические факторы гипербарической среды обитания: * повышенные плотность и влажность газо­вой среды, бо­льшие скорости газовых пото­ков, высокая температура, повышенное парциальное давле­ние кислорода. * Банальная условно-патогенная и патогенная микрофлора. * Заражение через белье или скафандр. * Трение кожных поверхностей деталями снаряжения. * Частое и продолжительное воздействие на кожный покров морской воды * длительное пребывание в замкнутом ограниченном объеме барокамер * обмен микрофлорой между членами группы водолазов в барокамере * снижение иммунобиологической резистентности организма | - кожные заболевания; потертости; фолликулиты и др. | | * Острые и обострение хронических кожных забо­леваний:дерматиты, фолликулиты, обострения эпидермофитии, крапивницы, фурункулы, стоматиты, потер­тости, импетиго, эктимы, эритразмы и др. * снижения иммунобиологической резистентности. * Тенденция к прогрессированию кожных заболеваний и увеличению частоты их возникновения | | Стойкие или часто рецидивирующие дерматиты, дерматозы, пиодермии и другие заболевания кожных покровов на большой площади, сепсис |
| 6. Пищеварительная система | * Нерегулярное питание. * Отсутствие достаточного контроля за технологией приготовления пищи и ее качеством. * Высокое нервно-эмоциональное напряжение при выполнении водолазных работ, руководстве ими и обеспечении . * Наличие вредных привычек | - Периодически возникающие диспептические явления: ухудшение аппети­та, изжога, отрыжка, тош­нота, запоры | | - Частые про­явления на­чальной ста­дии гастрита или гастродуоденита с клинически стертыми фор­мами и незначительными объективными изменениями | | * Хронический гастрит (гастродуоденит) * Язвенная болезнь желудка и/или двенадцатиперстной киш­ ки. * Дивертикулезы нисходящего и сигмовидного отделов толстой кишки |
| 7. Опорно-двигательный аппарат | * Обжатие ниж­них конечностей гидростатичес­ким давлением. * Изменение осмотического и онкотического давления в ор­ганах и тканях (в том числе в области суста­вов) при объем­ной компрессии. * Тяжелая физи­ческая работа в непривычной по­зе при действии гипогравитации, течения и вол­нения моря. * Перенесенные декомпрессион­ное заболевание   (клинически вы­раженное или бессимптомное) или баротравма легких.  - Воздействие низких температур и повышенной влажности | * Нарушения васкуляризации различных от­делов позво­ночника и кру­пных суставов. * Начальные воспалительные изменения сус­тавов без выраженной клинической кар­тины, * Начальные единичные на­рушения структуры костей, выявленные при рентгенографии при отсутствии жалоб | | * Начальные проявления заболеваний костно-мышеч­ного и суста­вного аппара­та (спондилезов, остеохондрозов, артрозов, артритов, периартритов, миозитов). * Остеопороз с постепенным переходом в остеонекроз | | * Спондилезы, остеохондрозы, артрозы, артри­ты, миозиты с выраженным бо­левым синдро­мом. * Асептические некрозы костей. * Внутрисустав­ные переломы костей |
| 8. Эндокринная система | Диабет | Сложившаяся клиника | | | | |
| Другие заболевания ЭС |
| 9. Другие заболевания систем организма | Сложившаяся клиника | | | | | |

Исходя из вышеизложенного можно заключить, что труд водолазов и других специалистов, работающих в условиях повышенного давления газовой и водной сред, характеризуется как особо вредный и опасный. Основными опасными и вредными факторами водолазного труда, определяющими их специфичность, являются факторы, связанные с пребыванием в гипербарической газовой среде, дыханием газовыми смесями под повышенным давлением, с пребыванием в водной среде, в ограниченных по объему замкнутых помещениях технических средств и использованием водолазного снаряжения и т.п.

К неспецифическим (профессиональным) факторам подводного труда относятся гидрометеорологические условия (характер грунта, скорость течения, ветра, температура воды, ледовая обстановка и др.), биологические особенности обитателей воды (ядовитые и опасные морские животные), свойства химически агрессивных веществ и ядовитых газов (свойства регенеративных веществ, токсичность вредных веществ в ДГС).

Воздействие на водолазов и других лиц, находящихся в условиях повышенного давления, опасных и вредных факторов в значениях, превышающих допустимые, может приводить к специфическим (профессиональным) и неспецифическим заболеваниям и травмам.

Перечень основных заболеваний и травм водолазов представлен в табл. 4, а изложение их клинических проявлений - в Приложении 4.

Таблица 4

ПРОФЕССИОНАЛЬНЫЕ ЗАБОЛЕВАНИЯ И ТРАВМЫ ВОДОЛАЗОВ

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Заболевания и травмы связанные с перепадом давления | Заболевания связанные с изменением парциального давления газов | Другие заболевания, связанные с воздействием неблагоприятных факторов водолазного спуска |
| 1. Декомпрессионная болезнь 2. Баротравма легких 3. Баротравма уха и придаточных пазух носа 4. Барогипертензионный синдром 5. Обжим водолаза 6. Обжатие грудной клетки 7. Травма подводной взрывной волной | 1. Наркотическое действие индиффирентных газов 2. Нервный синдром высоких давлений 3. Кислородное голодание 4. Отравление кислородом 5. Отравление диоксидом углерода 6. Изобарическая противодиффузия | 1. утопление 2. переохлаждение 3. перегревание 4. отравления и травмы вызываемые опасными морскими животными 5. отравления выхлопными газами 6. отравления нефтепродуктами 7. химические ожоги и отравления поглотительными и регенеративными веществами |

К профессиональным заболеваниям водолазов в соответствии со "Списком профессиональных заболеваний" относятся также последствия декомпрессионной болезни. К последствиям декомпрессионной болезни могут быть отнесены асептические остеонекрозы, парезы и параличи конечностей, нарушения чувствительности, нарушения функций тазовых органов, нарушения возбудимости, проводимости и сократительной функции миокарда, ишемические, дистрофические и дегенеративные изменения сердечной мышцы, инфаркты различных тканей и органов и т.д.

Кроме того, у водолазов при длительном воздействии неблагоприятных факторов водолазного труда, которые имеют накопительный характер, могут возникнуть другие профессиональные заболевания:

- нейросенсорная тугоухость - в результате систематического воздействия производственного шума;

- облитерирующий эндартериит, вегетативно-сенсорная полиневропатия (ангионевроз) - в результате работ при пониженной температуре в рабочей зоне;

- рефлекторные синдромы шейного и пояснично-крестцового уровня (нейрососудистый, миотонический, нейродистрофический), шейно-плечевая, пояснично-крестцовая радикулопатия, радикуломиелопатия шейного и пояснично-крестцового уровня - при работах, связанных с подъемом и перемещением тяжестей, длительным пребыванием в вынужденной рабочей позе с наклоном туловища, головы (сгибание, переразгибание, повороты);

- периартрозы (плечелопаточный, локтевой, коленный), деформирующие остеоартрозы (той же локализации) с нарушением функции; бурситы, асептические остеонекрозы - при работах, связанных с выполнением широкоамплитудных вращательных движений, систематическим давлением в области соответствующих суставов, перенапряжением и травматизацией последних; при различных видах работ, выполняемых на корточках, коленях;

- выраженное варикозное расширение вен на ногах, осложненное воспалительными (тромбофлебит) или трофическими расстройствами, - при длительном пребывании в вынужденной рабочей позе стоя.

Большинство заболеваний водолазов, связанных с их профессиональной деятельностью, протекает остро, с нарушениями функций жизненно важных систем организма, в связи с чем от медицинского персонала требуются быстрое распознавание заболевания и принятие срочных мер по их лечению.

Наряду с острыми заболеваниями у водолазов, как правило, имеют место хронические заболевания, являющиеся следствием продолжительного систематического воздействия на организм неблагоприятных факторов гипербарической газовой и водной среды.

Эти заболевания возникают по мере увеличения стажа работы водолаза. К таким заболеваниям относятся хроническая декомпрессионная болезнь, заболевания, связанные с поражением сердечно-сосудистой и нервной систем (гипертоническая болезнь, атеросклероз, миокардиодистрофия, радикулит, нейросенсорная тугоухость), и др.

При спусках под воду в результате воздействия на организм факторов гипербарической газовой и водной сред у водолазов возникают специфические (профессиональные) заболевания, приведенные в табл. 5 (Международная статистическая классификация болезней и проблем, связанных со здоровьем, - МКБ-10)

Таблица № 5.

ОСНОВНЫЕ СПЕЦИФИЧЕСКИЕ (ПРОФЕССИОНАЛЬНЫЕ) ЗАБОЛЕВАНИЯ ВОДОЛАЗОВ (МКБ-10)

|  |  |
| --- | --- |
| Наименование заболеваний | Номер по МКБ- 10 |
| 1. Баротравма уха и придаточных пазух носа 2. Декомпрессионнная болезнь 3. Баротравма легких 4. Барогипертензионный синдром 5. Обжим водолаза 6. Обжатие грудной клетки 7. Травма подводной взрывной волной 8. Отравление вредными веществами (выхлопными газами) 9. Отравление кислородом 10. Кислородное голодание 11. Отравление углекислым газом (диоксидом углерода) 12. Азотный наркоз (наркотическое действие индифферентных газов 13. Химические ожоги и отравления поглотительными и регенеративными веществами и т.д. | 1. Т 70.0- Т 70.1 2. Т 70.3. 3. Т 70.9 4. Т 70.9 5. Т 70.9 6. Т 70.9 7. Т 70.9 8. Т 70.9 9. Т 70.9 10. Т 70.9 11. Т 70.9 12. Т 70.9 13. Т 70.9 |

Примечание:

1. Под острым профессиональным заболеванием понимается заболевание, являющееся, как правило, результатом однократного (в течение не более одного рабочего дня, одной рабочей смены) воздействия на работника вредного производственного фактора (факторов), повлекшее временную или стойкую утрату профессиональной трудоспособности (Постановление Правительства РФ от 15.12.2000 № 967).

2. Под хроническим профессиональным заболеванием понимается заболевание, являющееся результатом длительного воздействия на работника вредного производственного фактора (факторов), повлекшее временную или стойкую утрату профессиональной трудоспособности (Постановление Правительства РФ от 15.12.2000 № 967).

3. Право впервые устанавливать диагноз хронического профессионального заболевания имеют только специализированные лечебно-профилактические учреждения и их подразделения (центры профпатологии, клиники и отделы профзаболеваний научных организаций клинического профиля, кафедры профзаболеваний учреждений высшего, послевузовского и дополнительного медицинского образования и др.), осуществляющие свою деятельность в соответствии с законодательством Российской Федерации.

Пример: Водолазно-медицинская комиссия Государственного научного центра Российской Федерации - Института медико-биологических проблем РАН, НИИ медицины труда РАМН, кафедра физиологии подводного плавания Военно-медицинской академии им. С.М. Кирова.

Если потерпевший имеет несколько профессий, то основной по его желанию считается та профессия, при которой было получено трудовое увечье (профессиональное заболевание) или по которой имеется наиболее продолжительный стаж работы, либо та, которая получена путем специального обучения, либо та, в которой достигнута наивысшая квалификация (Постановление Правительства РФ от 23.04.1994 № 392).

4. Специфические (профессиональные) заболевания, а также неблагоприятные факторы гипербарической газовой и водной сред, которые в обязательном порядке по мере увеличения стажа работы водолаза способствуют, как правило, развитию особой группы заболеваний, в том числе хронической декомпрессионной болезни, главным проявлением которой является костная патология, в том числе асептический некроз (омертвление) участков костей, а также заболевания, связанные с поражением сердечно-сосудистой и нервной систем (гипертоническая болезнь, атеросклероз, миокардиодистрофия, радикулит и др.), - см. раздел 4, п. 4.1.2, часть II (Медицинское обеспечение водолазов), РД 31.84.01-90 "ЕПБТ на ВР", - приводят к значительным нарушениям (сдвигам) функционального состояния большинства жизненно важных органов и систем организма.

5. Возрастной предел для работы в условиях гипербарической газовой и водной сред (под водой):

5.1. Для водолазов, направляемых на очередное медицинское освидетельствование - 50 лет.

5.2. Для водолазов-глубоководников - 45 лет (при выполнении водолазных спусков и работ на глубинах свыше 60 м).

5.3. Для водолазных специалистов, водолазных врачей (фельдшеров), врачей специализированных бригад медицинской помощи водолазам-глубоководникам и специалистов-исследователей при отсутствии противопоказаний со стороны здоровья - 55 лет.

5.4. Для женщин, работающих в условиях гипербарической газовой и водной сред (под водой) - 45 лет.

К неспецифическим (профессиональным) заболеваниям и травмам водолазов относятся заболевания и травмы, встречающиеся не только среди водолазов, но и среди лиц других специальностей, подвергающихся воздействию различных негипербарических факторов внешней среды: утопление, переохлаждение, перегревание, отравления и травмы, вызываемые опасными морскими животными, отравления нефтепродуктами и др. (см. п. 4.1, часть II "Медицинское обеспечение водолазов", РД 31.84.01-90 "ЕПБТ на ВР").

Исследованием опасных и вредных факторов гипербарической газовой и водной сред, условий водолазного труда и функций организма человека при повышенном давлении, условий возникновения и клинических проявлений заболеваний и травм водолазов, установлением связи заболевания с профессиональной деятельностью, анализом и учетом заболеваний и травм водолазов, разработкой методов и средств их профилактики и лечения, практической деятельностью по медицинскому обеспечению водолазных спусков и водолазов в межспусковой период занимаются гипербарическая физиология и водолазная медицина (см. Приложение 5).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, в процессе своей производственной деятельности водолазы подвергаются воздействию комплекса экстремальных факторов гипербарической и водной среды (перепады барометрического давления, увеличенное парциальное давление кислорода и индифферентных газов, повышенное сопротивление дыханию за счет повышенной плотности сжатого воздуха и сопротивления легочного автомата, гиперкапния, развитие которой вызывается повышенной плотностью сжатого воздуха и гипероксией, увеличенная теплоемкость и теплопроводность гипербарической и водной среды, гидростатическое давление, обжатие нижних частей тела, относительная невесомость, воздействие низких и высоких температур, затрудненная зрительная и звуковая ориентация, значительные физические и нервно-эмоциональные нагрузки, стрессорность условий, связанные с ответственностью производственных операций и опасностью погружений и пр.). Так, уже на глубине 30 метров на водолаза давит сила, равная примерно 68 т. Масса (вес) основного снаряжения, одеваемого на водолаза для выполнения работ под водой (усовершенствованное трехболтовое вентилируемое УВС-50, например), составляет порядка 80 - 100 кг.

При определенных сверхпороговых воздействиях перечисленные факторы обусловливают развитие патологических состояний - специфических (профессиональных) заболеваний (декомпрессионная болезнь, баротравма легких, баротравма уха и придаточных полостей носа, обжим, барогипертензионный синдром, обжатие грудной клетки, травма подводной взрывной волной, отравление вредными газообразными веществами, отравление кислородом, кислородное голодание, отравление углекислым газом, азотный наркоз, химические ожоги и отравления поглотительными и регенеративными веществами, отравление выхлопными газами, наркотическое действие индифферентных газов, нервный синдром высоких давлений и т.п.).

При соблюдении водолазами правил охраны труда и техники безопасности, установленных санитарно-гигиенических норм, режимов компрессии, декомпрессии, труда и отдыха опасность развития профессиональных заболеваний имеет тенденцию к снижению.

Однако и при подпороговых величинах воздействующих факторов гипербарической газовой и водной среды возникают значительные существенные изменения (сдвиги) функционального состояния всех жизненно важных органов и систем организма водолаза. В начале производственной деятельности эти сдвиги носят приспособительный (компенсаторный) и преходящий характер. Однако многолетнее систематическое воздействие гипербарической и водной среды, которое имеет накопительный характер, способствует, как правило, развитию у водолазов общих, в том числе хронических, заболеваний (сахарного диабета, различных диабетических микро- и макроангиопатий, полиневропатий, ИБС, стенокардии, инфарктов миокарда и т.д., эмфиземы легких, пневмосклероза, гипертонической и язвенной болезни (хронических заболеваний желудочно-кишечного тракта, в том числе, как правило, дивертикулезов нисходящего и сигмовидного отделов толстой кишки), облитерирующего эндартериита и варикозного расширения вен, костной патологии, в том числе асептического некроза (омертвения) участков костей, артрозов и артритов, радикулитов и т.д., болезней уха, горла и носа, в том числе тугоухость и неврит слухового нерва, глазных болезней, хронических воспалительных и др. заболеваний почек, в том числе мочевыводящих путей (пиелонефриты, мочекаменная болезнь и т.д.), половых органов (хронические простатиты и т.п.), хронических панкреатитов и заболеваний печени, психических и нервных болезней) и т.д.

Эти заболевания развиваются у водолазов чаще и в более молодом возрасте, чем у лиц других профессий, связанных с тяжелым и опасным (работа в экстремальных условиях) физическим трудом, и, как правило, приводят к неудовлетворительному состоянию здоровья как следствие стойкого расстройства функций организма, приведшее к ограничению жизнедеятельности - инвалидности (см. письмо НИИ гигиены водного транспорта Минздрава СССР № 199/10 от 03.06.1986, совместное письмо Минздрава СССР и Миннефтегазпрома СССР от 02.01.1990 № БН-9, письмо кафедры подводной медицины ЛенГИДУВ от 29.01.1990, часть II (Медицинское обеспечение водолазов), РД 31.84.01-90 "ЕПБТ на ВР", "Физиологию подводного плавания и аварийно-спасательного дела" (водолазную медицину) изд. ВМА, "Медико-санитарное обеспечение водолазных спусков: Руководство для водолазных врачей и фельдшеров (авторы В.В. Смолин, Г.М. Соколов, Б.Н. Павлов)", 1999 г. и т.п.).

Условия труда водолазов признаны особо опасными и вредными, а большинство видов работ отнесены к категории труда тяжелого и очень тяжелого (п. 1.5, пп. 1.5.1 РД 31.84.01-90 "ЕПБТ на ВР" ("Правила водолазной службы", ч. 1)).

Все вышеперечисленное определяет класс условий труда исходя из гигиенических критериев и классификации условий труда по степени вредности и опасности, что представлено в табл. 8.

Таблица № 8.

КЛАСС УСЛОВИЙ ТРУДА

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Показатель | № | Источник | Характеристика |
| Класс условий труда | 4 | Гигиенические критерии оценки и классификации условий труда по показателям вредности и опасности факторов производственной среды, тяжести и напряженности трудового процесса. Руководство Р 2.2.7/55-99. М.: Федеральный центр ГСЭН МЗ РФ, 1999 | Опасные (экстремальные) условия труда характеризуются уровнями факторов,  воздействие которых в течение рабочей смены (или ее части) создает угрозу  для жизни, высокий риск развития острых профессиональных поражений, в том  числе тяжелых форм |

В соответствии со "Списком № 1 производств, работ, профессий, должностей и показателей на подземных работах, на работах с особо вредными и особо тяжелыми условиями труда, занятость в которых дает право на пенсию по возрасту (по старости) на льготных условиях" (утвержден Постановлением Кабинета Министров СССР от 26.01.1991 № 10) и письмами Минтруда СССР от 30.10.91 № ПТ/9122-11 и от 31.10.91 № 583-10 водолазы и другие работники, занятые под водой, в том числе в условиях повышенного атмосферного давления, не менее 275 часов в год (25 часов в месяц) либо время пребывания в которых под водой с начала водолазной практики составляет 2750 часов и более, пользуются правом на пенсию на льготных условиях по достижении 50 лет и при стаже работы не менее 20 лет, из них не менее 10 лет на указанных работах.

Заместитель Председателя

Центрального совета ВОСВОД,

Главный водолазный специалист,

Председатель ЦВКК

В.Д.КРУГЛОВ

Главный водолазный врач Федерального

медико-биологического агентства,

заведующий Отделом барофизиологии

и водолазной медицины ГНЦ РФ - ИМБП РАН,

заведующий кафедрой водолазной медицины

Института повышения квалификации ФМБА,

Заместитель Председателя Водолазно-кессонной

клинико-экспертной комиссии КБ ЦМСЧ

N 119 ФМБА, лауреат премии Правительства

Российской Федерации, д.м.н.

Б.Н.ПАВЛОВ

Заместитель Директора Научного центра

сердечно-сосудистой хирургии

им. А.Н. Бакулева РАМН,

Председатель Центральной

водолазной медицинской комиссии

(ЦВКК) ВОСВОД, главный водолазный

врач-профпатолог, д.м.н., профессор

И.Н.СТУПАКОВ

Вед.н.с. отдела барофизиологии

и водолазной медицины ГНЦ РФ - ИМБП РАН,

доцент кафедры водолазной медицины

Института повышения квалификации ФМБА,

лауреат Государственной премии

и премии Правительства

Российской Федерации, к.м.н.

В.В.СМОЛИН

Ст.н.с. отдела барофизиологии

и водолазной медицины ГНЦ РФ - ИМБП РАН,

доцент кафедры водолазной медицины Института

повышения квалификации ФМБА, лауреат премии

Правительства Российской Федерации

Г.М.СОКОЛОВ

Приложение № 1.

ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ И ФИЗИОЛОГО-ГИГИЕНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ

ВОДНОЙ СРЕДЫ

1. Состав воды и плотность

Вода (Н²О) - это оксид водорода, молекула которого является диполем с отрицательной стороной атома кислорода и положительной стороной двух атомов водорода, что ведет к образованию стойких связей между молекулами. Кроме того, в воде существуют также дополнительные водородные связи. По массе в воде содержится 11,19 % водорода и 88,81 % кислорода. Вода представляет собой бесцветную (в толстых слоях голубую) жидкость без запаха и вкуса. Вода - единственное вещество, которое встречается в естественных условиях на Земле во всех трех своих физических состояниях - твердом, жидком и газообразном. Вода практически несжимаема: ее объем уменьшается на 1 % лишь при давлении 200 кгс/кв. см, т.е. на глубине 2 км.

Морская вода является слабым щелочным раствором. В ней обнаружено 73 химических элемента. В среднем океанская вода содержит 35 г минеральных солей в 1 л, т.е. массовая соленость составляет 35 % (35 промилле), или 3,5 %. Соленость крови человека (около 1 %) в 3,5 раза меньше солености морской воды.

Мировой океан и внутренние воды загрязняют вредные вещества естественного и антропогенного происхождения. Водолазные спуски в условиях загрязнения воды требуют проведения определенных подготовительных мероприятий, ликвидации последствий загрязнения, профилактики заболеваний водолазов, а в отдельных случаях - и лечения.

Плотность воды в 775 раз превышает плотность воздуха. Удельный вес (плотность) пресной воды при +4 -С составляет 1,0 г/куб. см. Средняя плотность морской воды при температуре +20 -С составляет 1,025 г/куб. см. При температуре 0 -С и солености 35 промилле

морская вода имеет плотность 1,028 г/куб. см.

Благодаря большой плотности воды находящиеся в ней тела обладают той или иной степенью плавучести. В соответствии с законом Архимеда тело, погруженное в жидкость, теряет в своем весе столько, сколько весит вытесненный им объем жидкости. Если вес тела больше веса вытесненной им жидкости, то тело тонет, если равно - находится во взвешенном состоянии, если меньше - плавает по поверхности.

На погруженного в воду водолаза одновременно действуют две силы: сила тяжести, направленная вертикально вниз, и сила плавучести, действующая вертикально вверх. Точка приложения силы тяжести называется центром тяжести, а точка приложения силы плавучести - центром плавучести. С этими двумя силами тесно связана остойчивость водолаза, т.е. его способность сохранять под водой определенное положение, а при отклонении легко к нему возвращаться.

Сохранение остойчивости особенно важно для водолаза, использующего не плавательный вариант водолазного снаряжения, а вентилируемое снаряжение с объемным скафандром, требующим для спуска и работы на грунте погашения плавучести применением грузов достаточно большой массы. Если центры тяжести и плавучести расположены на одной вертикальной линии (по оси симметрии тела), а центр плавучести находится на 10 - 20 см выше центра тяжести, то водолаз будет иметь нормальную остойчивость. При нахождении этих центров на различных вертикальных линиях (например, смещение груза вбок) тело водолаза будет стремиться к смещению в сторону центра плавучести, что требует применения дополнительных усилий для удержания тела в вертикальном положении и предупреждения опрокидывания. При расстоянии между центрами тяжести и плавучести больше 20 см остойчивость водолаза будет избыточной и ему будет трудно наклоняться. При их близком расположении остойчивость будет низкой, а при совпадении этих точек - безразличной, что может привести к переворачиванию водолаза. Особенно опасно расположение центра тяжести выше центра плавучести, что почти неизбежно приведет к переворачиванию водолаза вверх ногами с последующим выбрасыванием на поверхность. При значительном отстоянии центра тяжести от центра плавучести водолазу в плавательном варианте снаряжения приходится затрачивать дополнительные усилия на удержание горизонтального положения при плавании под водой.

Гипогравитация значительно затрудняет двигательную и производственную деятельность человека под водой вследствие сложности обеспечения точки опоры для выполнения работы и реактивного изменения положения тела, не позволяющего развить требуемое усилие. При передвижении под водой и выполнении работы водолаз испытывает сопротивление плотной водной среды, которое значительно изменяет привычные двигательные координации и формы движений.

При нахождении водолаза под водой значительная нагрузка падает на дыхательную мускулатуру, особенно при отсутствии воздушной прослойки в области грудной клетки. В этом случае грудная клетка должна отодвигать воду при вдохе.

Сопротивление воды и потеря веса ударного инструмента затрудняют его использование под водой.

Таким образом, приспособительная реакция организма человека к гипогравитации, низкой остойчивости и большому сопротивлению водной среды состоит в переучивании новым двигательным навыкам.

Необычные условия пребывания и работы под водой, затрата значительных усилий и нервно-эмоциональное напряжение приводят к переутомлению, выраженность и скорость наступления которого связаны с уровнем физического развития, приобретенными навыками работы под водой и степенью устойчивости функционирования центральной нервной системы, способностью противостоять стрессорным воздействиям. Быстрое наступление выраженного переутомления в экстремальных условиях водной среды может приводить к аварийным ситуациям, возникновению специфических и неспецифических заболеваний водолазов.

При проведении работы на течении или в условиях волнения воды она оказывает на человека динамическое воздействие и должна оцениваться как тяжелая физическая нагрузка. Для удержания и выполнения работы в этих условиях необходимо иметь специальные навыки и прилагать значительные усилия. Водолазные работы могут проводиться на течении, скорость которого не превышает 2 м/с, и при волнении моря, не превышающем 2 - 3 балла, в зависимости от типа плавсредства, с которого выполняются спуски. Водолаз, особенно при работе близко к поверхности, может получить травму при столкновении с находящимися под водой или на поверхности препятствиями, он может сорваться со спускового конца, перевернуться и непроизвольно всплыть на поверхность. Особенно опасно работать на течении или при волнении моря в снаряжении с замкнутой схемой дыхания, имеющем дыхательный мешок, не защищенный жестким корпусом, из-за возможности повреждения легочной ткани (баротравмы легких) при ударе по мешку.

2. Механическое давление

На поверхности Земли на все участки тела человека оказывает равномерное давление около 1 кгс/кв. см (примерно 0,1 МПа) столб воздушной атмосферы, что внешне ничем не проявляется. При этом общее давление на тело человека площадью 1,7 - 1,8 кв. м составляет 17 - 18 т. При погружении водолаза под воду на каждые 10 м глубины давление воды увеличивается на 1 атмосферу (1 кгс/кв. см ~ 0,1 МПа). На глубине 60 м общее давление (атмосферное давление воздуха плюс давление столба воды) будет в 7 раз больше и составит 18 х 7 = 126 т. При общем объемном сжатии организм человека без выраженных механических нарушений может переносить давление свыше 60 кгс/кв. см. Наземные млекопитающие животные, как показывают многочисленные исследования, могут благополучно переносить вдвое больше давления. Это объясняется тем, что организм человека

состоит из жидких сред и твердых клеточных элементов, которые практически несжимаемы. В процессе объемной компрессии происходит равномерное распределение напряжения во всем объеме организма, вследствие чего в тканях создается внутреннее противодавление, равное величине внешнего давления.

Механическое действие небольших величин повышенного давления сопровождается местным обжатием тканей и проявляется лишь при неравномерном распределении его на отдельные участки организма (полость среднего уха, придаточные пазухи носа, легкие, желудочно-кишечный тракт, кариозные полости зубов, подмасочное пространство), когда давление не выравнивалось с давлением внутри газовых полостей или под жесткими частями водолазного снаряжения.

Это может произойти при отсутствии выравнивания давления с окружающим давлением водной среды под очками, полумаской, "сухим" гидрокомбинезоном с наличием шейного обтюратора, а также при плотном прилегании к ушной раковине наушников или облегающего шлема.

При снижении объема газа в легких меньше остаточного объема и появлении присасывающего эффекта грудной полости под воздействием гидростатического давления возможно обжатие грудной клетки с переполнением кровью сосудов малого круга кровообращения.

Из-за большой плотности воды она оказывает неравномерное давление на верхние и нижние части тела при нахождении водолаза в вертикальном положении. Эта разница гидростатического давления при спуске водолаза без гидрозащитного скафандра, в гидрокостюме или гидрокомбинезоне составляет около 0,17 - 0,18 кгс/кв. см, что приводит к постоянному обжатию нижних конечностей, выраженному нарушению кровоснабжения в них и более быстрому охлаждению. При спуске в вентилируемом снаряжении разница гидростатического давления составит лишь около 0,1 кгс/кв. см, поскольку верхняя часть туловища водолаза примерно до уровня нижней части грудной клетки находится в воздушной подушке. При использовании снаряжения с замкнутой, полузамкнутой и открытой схемами дыхания в случае расположения дыхательного мешка или дыхательного автомата выше уровня центра грудной клетки вдох будет затруднен, а выдох облегчен. При их расположении ниже центра грудной клетки, напротив, вдох будет легким, а выдох затрудненным.

В практике водолазных спусков неравномерное давление приводит к таким заболеваниям и травмам, как баротравма уха и придаточных пазух носа, баротравма легких, обжатие грудной клетки, обжим водолаза и травматические повреждения под жесткими частями снаряжения.

3. Теплофизические свойства воды

Вода обладает особыми теплофизическими свойствами: теплопроводность в 25 раз больше, чем у воздуха, а теплоемкость - в 4 раза больше.

Охлаждающее действие воды является одним из важнейших факторов, ограничивающих пребывание человека в водной среде. При нахождении под водой человека без гидрозащитной одежды основным способом теплоотдачи является теплопроведение, причем значительной потере тепла способствуют подвижность воды и передвижение самого человека. При значительном превышении теплопотерь над теплопродукцией у человека, находящегося в холодной воде, быстро снижается температура тела и развиваются симптомы переохлаждения, переходящие от функциональных к патологическим.

При использовании гидрозащитной и теплозащитной одежды водолаза теплопотери организма происходят в основном не путем теплопроведения, как при непосредственном соприкосновении с ней, а в основном путем теплоизлучения на охлаждающую внутреннюю поверхность скафандра (отрицательная тепловая радиация), которое в 4 раза превышает теплоотдачу проведением.

С точки зрения уменьшения теплопотерь, у водолазов предпочтение следует отдавать вентилируемому снаряжению. Воздушная подушка скафандра, являясь хорошим теплоизолятором, уменьшает теплоотдачу и при той же температуре воды сохраняет температуру тела на более высоком уровне, чем гидрокомбинезон или гидрокостюм, в которых имеется лишь незначительная воздушная прослойка. В гидрокомбинезоне (гидрокостюме) охлаждаются голова и область шеи, а при дыхании в аппарате усиливаются теплопотери с дыхательных путей. Особенно чувствительны к холоду у водолазов дистальные отделы ног. При обычном вертикальном положении водолаза под водой замерзание начинается с пальцев ног, что в значительной степени объясняется обжатием водой нижних конечностей. В последующем водолазы обычно предъявляют жалобы на замерзание рук, спины и поясницы. Менее чувствительны к холоду лицо, грудь, живот и ладони.

4. Освещенность и видимость

Освещенность под водой обычно невелика, в особенности на больших глубинах, а при восходе и закате солнца - и на малых. Одной из причин ухудшения освещенности и видимости под водой является потеря света за счет отражения солнечных лучей от зеркала моря. Количество отраженных от поверхности воды лучей зависит в основном от угла их падения на воду. Чем больше угол падения, тем больше отражение. При волнении моря количество отраженных лучей становится во много раз больше.

Свет распространяется в воде значительно хуже.

Поглощение света водой значительно ухудшает видимость в водной среде. Поглощение световой энергии происходит путем превращения в другие виды энергии, например в теплоту. Еще большее влияние на степень видимости в воде оказывает рассеивание световой энергии (молекулярное рассеивание и рассеивание взвешенными твердыми частицами), в результате чего возникает явление "дымки", уменьшающей прозрачность воды.

Количество взвешенных частиц значительно возрастает, особенно на малых глубинах вблизи береговой черты. При больших коэффициентах поглощения и рассеивания света зрительные восприятия в воде далеко расположенных объектов становятся невозможными. При благоприятных метеорологических условиях (солнечный день, штиль) и прозрачной воде удовлетворительная освещенность, дающая водолазу возможность различать предметы на близком расстоянии, отмечается на глубинах до 50 м. Водолаз может ясно видеть предметы на расстоянии 5 - 6 м.

На глубине 100 м водолаз может различать предметы только на очень близком расстоянии (1 - 2 м). На глубины более 100 м свет проникает настолько слабо, что даже в хорошую солнечную погоду водолаз практически находится в темноте. При неблагоприятных метеорологических условиях (пасмурная погода, шторм) освещенность под водой резко падает, видимость предметов на больших глубинах отсутствует, и водолаз без использования подводного светильника вынужден работать практически на ощупь. В морской воде, менее прозрачной по сравнению с океанской, в большей степени проявляется влияние "дымки", в связи с чем видимость предметов при естественном освещении прекращается уже на глубинах 40 - 60 м, а на Балтийском море - на значительно меньших глубинах.

Поглощение лучей с различной длиной волны идет неравномерно.

Длинноволновая часть видимого спектра (красные лучи) почти полностью поглощается поверхностными слоями воды, зеленые лучи не проникают глубже 100 м, а коротковолновая часть (фиолетовые лучи) в наиболее прозрачной океанской воде может проникать на глубину до 1000 - 1500 м.

5. Функции органов чувств в воде

Водная среда из-за ее особых физических свойств изменяет функции зрительного, слухового, проприоцептивного и кожного анализаторов.

Функция зрительного анализатора в воде изменяется не только оттого, что в ней ухудшаются освещенность и видимость, но также в связи с особенностями преломляющих сил водной среды и сред глаза.

Преломляющая сила глаза в воде резко уменьшается, поскольку коэффициент преломления воды (1,33299 при 20 -С и 760 мм рт. ст.) приближается к показателю преломления роговицы (1,376). При непосредственном соприкосновении с водой глаз становится гиперметропическим в такой степени, что аккомодационные усилия не могут ее компенсировать. В результате все видимые в водной среде предметы проецируются на сетчатке в кругах светорассеяния, острота зрения резко ухудшается (в 100 - 200 раз) и уменьшается поле зрения. При снижении освещенности, а также плохой контрастности между фоном и объектом острота зрения падает еще больше.

Наличие воздушной прослойки между водой и преломляющими средами глаза нарушает привычные представления о местоположении и величине предметов, находящихся в воде. Нарушение пространственного зрения связано с тем, что световые лучи, переходя из водной среды в воздушную, претерпевают преломление (явление рефракции), в результате чего предметы в воде воспринимаются увеличенными и приближенными примерно на 1/4, а при наблюдении сверху кажутся приподнятыми. В зависимости от размеров иллюминатора или очков и расстояния от них до глаза происходит уменьшение полей зрения.

Функция слухового анализатора во время пребывания водолаза под водой изменяется в связи с изменением соотношения между воздушной и костной проводимостью звуковых волн к внутреннему уху, а также с изменением скорости распространения звука в воде.

В воздушной среде у людей воздушная проводимость значительно преобладает над костной. Если голова подводного пловца или водолаза непосредственно соприкасается с водой или применяется плотно прилегающий шлем, то звук передается во внутреннее ухо посредством костной проводимости.

В вентилируемом скафандре с металлическим объемным шлемом, заполненным воздухом, звук воспринимается путем воздушной проводимости. Однако при переходе звуковой волны из воды через металл в воздушное подшлемное пространство значительная часть звуковой энергии теряется вследствие отражения звука. Кроме того, наличие в воде подводных объектов и фитопланктона сильно мешает распространению звука. Хорошему восприятию звука мешает также шум воздуха, подаваемого для вентиляции скафандра. Поэтому, несмотря на лучшие условия проведения звука под водой, в ряде случаев водолаз в водной среде звук одной и той же силы будет слышать даже хуже, чем в воздушной.

В водной среде условия для определения направления на генератор звука менее благоприятны, чем в воздушной, в связи с тем, что скорость звука в воде примерно в 4,5 раза больше, чем в атмосфере. Поэтому звуковые волны под водой до обоих ушей доходят практически одинаково. Звук воспринимается как бы слышимым со всех сторон или как бы происходящим внутри шлема. Даже у опытных водолазов отклонение от фактического направления на источник звука может составлять 90 - 100-, возможна ошибка даже на 180-. Это значительно усложняет операции по поиску под водой источников излучения (буи, "черные ящики", учебные торпеды и т.д.).

Изменения функций проприоцептивного и кожного анализаторов у водолазов связано с уменьшением веса тела в водной среде (гипогравитацией), увеличением сопротивления плотной среды при движениях, обжатием участков тела гидростатическим давлением, повышенной по сравнению с воздухом теплопроводностью и рядом других факторов.

Под водой изменяется также характер импульсов, поступающих в центральную нервную систему от кожных рецепторов. При погружениях в воду, имеющую температуру ниже +18 -С, особенно сильному раздражению подвергаются холодовые рецепторы кожного анализатора. Отмечается также понижение болевой чувствительности, поэтому человек не всегда замечает повреждения тела, которые могут возникнуть во время его нахождения под водой.

Резкое уменьшение веса тела в воде вызывает изменение афферентной импульсации от механо- и проприорепторов кожи, мышц и суставов, что приводит к снижению чувствительности центров движения и изменениям положения тела под водой.

Приложение 2

ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ И ФИЗИОЛОГО-ГИГИЕНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ

ВОЗДУХА. КРАТКИЕ СВЕДЕНИЯ ПО ФИЗИОЛОГО-ГИГИЕНИЧЕСКИМ

ХАРАКТЕРИСТИКАМ ГЕЛИЙСОДЕРЖАЩИХ ДГС

1. Основные физико-химические характеристики воздуха

Воздух применяется для спусков в вентилируемом снаряжении и в снаряжении с открытой схемой дыхания (рабочие спуски на глубины до 60 м и спуски в аварийных ситуациях на глубины до 80 м), а также для спусков в барокамере (тренировочные спуски и лечебная рекомпрессия) под давлением до 10 кгс/кв. см (100 м вод. ст.).

Атмосферный воздух представляет собой смесь азота, кислорода, диоксида углерода (углекислого газа), аргона и других газов. Кроме того, в воздухе всегда содержится некоторое количество водяных паров. Содержание основных газов в сухом воздухе представлено в табл. 1.

Таблица № 1.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Наименование газа | Химическая формула | Содержание газов | |
| В объемных процентах | В массовых процентах |
| Азот | N² | 78, 084 | 75, 51 |
| Кислород | O² | 20, 946 | 23, 15 |
| Диоксид углерода | CO² | 0, 033 | 0, 046 |
| Аргон | Ar | 0, 934 | 1, 28 |
| Другие газы |  | 0, 033 | 0, 014 |

К другим газам относятся неон (Ne, содержание 18,0 мл в 1 куб. м воздуха = 0,0018%), гелий (He, 5,2 мл), метан (СН4 , 2,2 мл), криптон (Кr, 1,0 мл), диоксид азота (NO² , 1,0 мл), водород (Н² 0,5 мл), ксенон (Хе, 0,08 мл) и озон (О³ , 0,01 мл). Кроме того, в атмосфере находятся водяные пары, содержание которых в средних широтах колеблется от 0,1 до 2,8 % в зависимости от сезона, климата и погоды. Загрязнения атмосферного воздуха бывают двух видов: естественные космические (из Космоса и при извержениях вулканов) и антропогенные.

Молекулярная масса сухого воздуха составляет 28,96, плотность равна 1,2928 г/л, растворимость в воде - 29,18 куб. см/л при 0 -С и 18,68 куб. см/л при +20 -С, температура кипения -193 -С.

Воздух имеет физические свойства, характерные для других газов. Газ состоит из молекул, имеющих ничтожные размеры по сравнению с объемом, занимаемым газом. Поэтому расстояние между молекулами значительно превышает собственные размеры молекул. Силы притяжения между молекулами крайне малы, в связи с чем при различных расчетах используются законы (Бойля - Мариотта, Гей-Люссака и др.) и формулы для "идеальных газов", молекулы которых не обладают силами взаимного притяжения и при столкновении проявляют только силы упругого удара. Давление газа (его упругость) является следствием

совокупности ударов частиц газа о стенку сосуда. Среднее давление на единицу площади сосуда во времени практически не изменяется, поскольку, несмотря на хаотичность ударов молекул о стенки сосудов, число ударов исключительно велико, а сила единичных

ударов очень мала. При сжатии газы нагреваются, а при расширении охлаждаются.

Азот - химический элемент V группы периодической системы Менделеева, атомный номер 7, атомная масса 14,0067. Азот состоит из двухатомных молекул (N² ) с молекулярной массой 28,016. Представляет собой бесцветный газ без запаха и вкуса. Плотность равна 1,2505 г/л, плотность по отношению к воздуху 0,9673. Температура плавления -210,0 -С, температура кипения -195,8 -С. Коэффициент растворимости атмосферного азота (вместе с аргоном и другими инертными газами) в воде при 20 -С составляет 0,016665, а при 38 -С он равен 0,0139. Растворимость азота в крови при 38 –С составляет 0,01253. По химическим свойствам азот весьма индифферентен (является в обычных условиях метаболически индифферентным газом). По прочности молекула азота почти не имеет себе равных. Чтобы разорвать ее на отдельные атомы, нужно затратить очень большую энергию.

Кислород - химический элемент IV группы, атомный номер 8, атомная масса 15,9994. В свободном виде встречается в виде двух модификаций: О² ("обычный" кислород) и О³ (озон). О² - бесцветный газ без запаха и вкуса с молекулярной массой 32,000. Плотность равна 1,42895 г/л, плотность по отношению к воздуху 1,033.

Температура плавления -218,7 -С, температура кипения -182,9 -С. Коэффициент растворимости в воде при 20 -С равен 0,03329, а в плазме крови при 37 -С = 0,022. Химически самый активный (после фтора) неметалл, проявляет сильные окислительные свойства. В условиях обычной или высокой температуры кислород поддерживает горение горючих веществ, непосредственно взаимодействует при окислении, горении, тлении и т.д. с большинством элементов, как правило, с выделением энергии. При повышении температуры скорость окисления возрастает и может начаться горение. Животные и растения получают необходимую для жизни энергию за счет биологического окисления различных веществ кислородом, поступающим в организм при дыхании. Свободный кислород атмосферы сохраняется благодаря фотосинтезу растений.

Для дыхания водолазов под водой обычно используется сжатый воздух, содержащийся в баллонах дыхательного аппарата или подаваемый от компрессора или водолазной помпы. Сжатый воздух оказывает на организм водолаза механическое и биологическое действие.

2. Механическое действие на организм сжатого воздуха

Механическое действие сжатого воздуха идентично механическому действию водной среды с той лишь разницей, что при этом существует только объемное сжатие организма без воздействия неравномерного по высоте давления, характерного для водной среды.

Разность давлений может создаваться в газовых полостях организма при изменении давления окружающей газовой среды, а также в случае прилегания тела к устройствам барокамеры, через которые происходит выпуск из нее газовой среды. Создающаяся при этом разность давлений может вызывать травматические поражения прилегающих тканей. Чем больше разность давлений и меньше механическая прочность тканей, тем раньше проявляются повреждения и тем сильнее они бывают выражены. Разница давления в 0,5 - 1 кгс/кв. см может привести к чрезвычайно сильным травматическим повреждениям.

В организме человека имеются полости, содержащие воздух (среднее ухо и придаточные пазухи носа, легкие, желудочно-кишечный тракт), которые при нормальных условиях сообщаются с окружающей воздушной средой.

Разность давления в этих полостях с окружающим давлением может приводить к баротравме уха и придаточных пазух носа, баротравме легких и баротравме внутренних органов.

При уменьшении объема воздуха в скафандре может возникнуть общий обжим верхней части тела, а также появляется вероятность падения водолаза на глубину, причем падение на малых глубинах представляет большую опасность в связи с большим перепадом давления, т.к. на этих глубинах объемные изменения газов более значительны, чем на больших глубинах.

В сжатом воздухе физические параметры воздуха, такие как плотность, теплоемкость, теплопроводность, скорость распространения звуковой волны и т.д., изменяются пропорционально величине давления. В процессе погружений под воду и тренировочных спусков в барокамере развивается тот или иной уровень адаптации организма человека к этим необычным для существования человека условиям.

3. Насыщение и рассыщение организма азотом

При спусках водолазов под воду или в барокамере с использованием для дыхания воздуха парциальное давление содержащихся в них газов увеличивается пропорционально величине абсолютного давления. В табл. 2 представлены величины парциальных давлений азота и кислорода в сжатом воздухе на различных глубинах (при различных величинах повышенного давления в барокамере).

Таблица № 2.

ПАРЦИАЛЬНЫЕ ДАВЛЕНИЯ АЗОТА И КИСЛОРОДА (ОКРУГЛЕННО) В СЖАТОМ ВОЗДУХЕ НА РАЗЛИЧНЫХ ГЛУБИНАХ (ПРИ РАЗЛИЧНЫХ ВЕЛИЧИНАХ ПОВЫШЕННОГО ДАВЛЕНИЯ В БАРОКАМЕРЕ)

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Глубина спуска (метры) | Избыточное давление в барокамере, в кгс/кв см. | Парциальное давление в воздухе, кгс/ кв см. | |
| азота | кислорода |
| 0 | 0,0 | 0,79 | 0,21 |
| 10 | 1,0 | 1,58 | 0,42 |
| 20 | 2,0 | 2,37 | 0,63 |
| 30 | 3,0 | 3,16 | 0,84 |
| 40 | 4,0 | 3,95 | 1,05 |
| 50 | 5,0 | 4,74 | 1,26 |
| 60 | 6,0 | 5,53 | 1,47 |
| 70 | 7,0 | 6,32 | 1,68 |
| 80 | 8,0 | 7,11 | 1,89 |
| - | 9,0 | 7,90 | 2,10 |
| - | 10,0 | 8,69 | 2,31 |

Примечание. При расчете парциального давления азота воздуха обычно учитывается суммарное процентное содержание газов в воздухе за вычетом кислорода (100 - 20,9 приблизительно 79,0%).

В наземных условиях жидкости и ткани организма насыщены азотом, кислородом, диоксидом углерода (углекислым газом) и в меньшей степени другими газами. При нормальном атмосферном давлении во всех тканях организма человека со средней массой тела (70 кг) содержится около 1000 куб. см (1 л) растворенного азота. При повышении окружающего давления, сопровождающемся ростом парциального давления того или иного индифферентного газа (в частности, азота), этот газ начинает растворяться в жидких средах организма, а затем в различных тканях. Растворение газа, иначе называемое процессом насыщения, будет происходить до тех пор, пока не установится динамическое равновесие между парциальным давлением данного индифферентного газа в альвеолярном воздухе и напряжением этого газа в растворенном состоянии в тканях организма. Основу процесса насыщения составляют физические законы растворимости газа в жидкости, т.е. коэффициент растворимости, скорость диффузии, разность (или отношение) между величиной парциального давления данного газа над жидкостью и напряжением его в растворе, а также условия контакта газа с жидкостью.

Путь, который проделывают молекулы индифферентного газа из внешней среды в организм при компрессии, может быть разбит на следующие этапы: альвеолярный воздух -> кровь (капилляры и вены алого круга) > левое сердце > кровь (артерии и капилляры большого круга) -> межтканевая жидкость -> клеточные элементы. При декомпрессии этот процесс идет в обратном направлении: клеточные элементы -> межтканевая жидкость -> кровь (капилляры и вены большого круга) -> правое сердце -> кровь (артерии и капилляры малого круга) -> альвеолярный воздух.

Схематично процесс насыщения организма протекает в определенной последовательности. Вдыхаемый индифферентный газ, парциальное давление которого превышает его напряжение в тканях, поступает в легкие, диффундирует через стенки альвеол, растворяется в артериальной крови, транспортируется кровью к тканям и через капиллярную стенку диффундирует в ткань. Освобожденная от избыточно растворенного индифферентного газа кровь по венозной системе возвращается в легкие, где вновь насыщается индифферентным газом. Весь процесс насыщения идет путем диффузии индифферентного газа из зоны более высокого парциального давления в легких в зону более низкого напряжения в тканях. С каждым новым кругооборотом крови ткани сильнее насыщаются индифферентным газом, и постепенно их насыщение становится равным парциальному давлению индифферентного газа во вдыхаемой газовой смеси. Процесс насыщения организма индифферентным газом, как и обратный процесс рассыщения, весьма продолжителен. Считается, что сроки полного насыщения организма могут достигать 2 - 3 сут.

В целях предупреждения декомпрессионной болезни подъем водолазов с глубины на поверхность производится по специальным режимам декомпрессии.

При неадекватно быстрой декомпрессии в организме может возникнуть декомпрессионная болезнь - комплекс патологических процессов в результате образования свободного газа в тканях из-за их пересыщения индифферентными газами.

4. Насыщение организма кислородом

При спусках водолазов под воду или в барокамере с использованием для дыхания воздуха на организм водолаза помимо повышенного парциального давления азота действует также повышенное парциальное давление кислорода (см. табл. 2).

При водолазном спуске поступление кислорода в организм происходит не только с помощью оксигемоглобина, но также за счет значительного дополнительного физического растворения кислорода в плазме крови. Этот процесс осуществляется в зависимости от

величины парциального давления кислорода в альвеолярном воздухе (закон Генри - Дальтона). Таким образом, дополнительное поступление кислорода в организм в гипербарических условиях происходит так же, как и транспорт кровью индифферентных газов. Однако главным и весьма существенным отличием динамики распределения кислорода в организме является тот факт, что кислород постоянно потребляется в клеточных структурах организма и обратно из них в кровь не поступает (исключение из этого правила возможно в условиях снижения давления).

Процесс проникновения кислорода из внешней среды в организм человека физиологически организован посредством систем внешнего дыхания, кровообращения, крови и тканевого дыхания так, чтобы избежать кислородного голодания при возможных условиях и формах деятельности организма. Кислород под давлением 2 - 3 кгс/кв. см оказывает не только рефлекторное, но и прямое угнетающее влияние на дыхательный центр. В итоге всех воздействий снижается уровень функционирования внешнего дыхания (урежение и углубление дыхания, снижение легочной вентиляции), общей гемодинамики (брадикардия, снижение сердечного выброса, сужение сосудов, повышение периферического сопротивления, уменьшение скорости кровотока, депонирование крови), регионарной гемодинамики (сужение мозговых сосудов и замедление кровотока) и системы крови (эритропения, лимфопения). Все эти сдвиги, а также наступающая артериализация венозной крови приводят к затруднению выведения диоксида углерода, росту его напряжения, а также содержания водородных ионов в крови, тканях и органах, в том числе в дыхательном центре. Гиперкапния, в свою очередь, активизирует функцию внешнего дыхания и гемодинамики, способствуя частичному восстановлению этих функций.

Эту реакцию следует рассматривать как приспособительную, компенсаторную, направленную на то, чтобы уменьшить действие избыточно растворенного кислорода.

При водолазных спусках с использованием для дыхания воздуха патологическая реакция организма при действии повышенного парциального давления кислорода, как правило, не наступает.

Заболевание может возникнуть в барокамере при дыхании сжатым воздухом, искусственной дыхательной газовой смесью или кислородом при его парциальном давлении более 0,5 кгс/кв. см. В водолазной практике отравление кислородом наиболее часто встречается при использовании для спусков под воду кислородного снаряжения.

5. Влияние сжатого воздуха на функции анализаторов и речеобразование

В гипербарической воздушной среде в связи с увеличением ее плотности изменяется скорость распространения звуковой волны. Кроме того, при изменении плотности среды происходит смещение звука по высоте.

Функции слухового анализатора, связанные с изменением акустических свойств гипербарической газовой среды, зависят в первую очередь от ее плотности и проявляются в форме обратимого повышения порогов воздушной проводимости. Эти пороги изменяются пропорционально величине давления. В воздушной среде при давлении 10 кгс/кв. см максимальное понижение слуха на средних частотах составляет 30 - 40 дБ. При спусках в вентилируемом снаряжении отрицательно сказывается на деятельности слухового анализатора также постоянный шум подаваемого в скафандр воздуха, что затрудняет речевое общение и может привести к хроническим заболеваниям. Большинство водолазов со значительным стажем работы в вентилируемом снаряжении в возрасте 35 - 40 лет страдают тугоухостью III степени и невритом слухового нерва.

Ухудшение слухового восприятия при пребывании человека в гипербарической среде может быть связано не только с изменением ее акустических свойств, но и с ощущением заложенности в ушах вследствие затрудненного выравнивания давления или катарального воспаления верхних дыхательных путей, включая отечность тканей в районе глоточных отверстий евстахиевых труб.

Изменение плотности и других свойств гипербарической газовой среды сказывается также на артикуляции. Разборчивость речевых сигналов по мере увеличения давления понижается на 50% на каждые 6 кгс/кв. см. Резонансная частота голосового тракта, равная в нормальных условиях 150 - 200 Гц, возрастает как корень квадратный из плотности газа, достигая 350 Гц при 5 кгс/кв. см и 500 - 600 Гц при 10 кгс/кв. см.

Сохранение речевого общения лиц, находящихся в условиях гипербарической газовой среды, требует функциональной перестройки работы речевого аппарата и определенных навыков. При пребывании в воздушной среде требуется овладеть артикуляцией с более активными движениями речевого аппарата для образования привычных звуков, их распространения и создания резонанса. Опытные водолазы стараются не употреблять лишних слов, четко их произносить, предпочтительно пользуясь стандартным набором команд и докладов. Функции зрительного анализатора не претерпевают выраженных изменений в гипербарической воздушной среде, а после двухнедельного пребывания под давлением отмечено существенное повышение порогов периферического зрения.

Отмечалось изменение вкусовых порогов: их повышение к сладкому и понижение к кислому. Отдельные случаи проявления угнетения обонятельного анализатора в гипербарической среде обычно связаны с гиперемией и воспалением слизистой оболочки носа.

6. Влияние сжатого воздуха на центральную нервную систему

Азот воздуха при повышенном давлении обладает наркотическим действием, клиническая картина которого определяется величиной его парциального давления и временем воздействия. Начальные изменения функций центральной нервной системы проявляются при давлении воздуха 3 - 4 кгс/кв. см, характеризуются слабовыраженной эйфорией и снижением внимания без существенного нарушения умственной и физической работоспособности. С увеличением давления воздуха до 6 кгс/кв. см наркотическое действие азота становится более выраженным, но водолазы обычно продолжают сохранять общее хорошее самочувствие и почти нормальную работоспособность. При более высоких величинах давления отмечаются значительное снижение объема и устойчивости внимания, увеличение времени сенсомоторных реакций и увеличение числа ошибочных действий, уменьшение количества точных ответов, снижение объема кратковременной и долговременной памяти, увеличение размашистости движений. Выраженность симптомов в значительной мере зависит также от индивидуальной чувствительности, тренированности к азотному наркозу, функционального состояния организма и т.д.

Учитывая то, что на глубинах до 60 м максимальное парциальное давление азота составляет 5,6 кгс/кв. см, при котором проявления азотного наркоза протекают у тренированных лиц в умеренно выраженной форме, эта глубина считается безопасной и является предельной глубиной для проведения рабочих водолазных спусков. С целью поддержания адаптации организма водолазов к наркотическому действию азота и готовности к работе под водой с использованием для дыхания сжатого воздуха должны проводиться тренировки в барокамере под давлением 80 м вод. ст. Лица, допущенные к медицинскому обеспечению водолазных спусков, для поддержания готовности к оказанию медицинской помощи в условиях повышенного давления проходят тренировки в барокамере под давлением до 100 м вод. ст.

7. Влияние сжатого воздуха на систему дыхания

Увеличение плотности сжатого воздуха оказывает повышенное сопротивление потоку газа в дыхательных путях. Перемещение в дыхательных путях необходимого для вентиляции

легких количества газа достигается созданием положительных и отрицательных градиентов окружающего барометрического давления и альвеолярного давления. Вентиляция легких может меняться от 6 - 8 до 120 л/мин. при очень тяжелой физической нагрузке.

При работе в условиях повышенного давления увеличивается сопротивление дыханию воздуха в основном за счет турбулентного потока, тогда как ламинарный и диффузионный потоки мало меняются в гипербарической среде. В результате сопротивление дыханию возрастает пропорционально повышению плотности с тенденцией к превышению сопротивления за счет перехода части потока из ламинарного движения в турбулентное.

В связи с повышением сопротивления дыханию в условиях повышенного давления воздуха в системе внешнего дыхания развиваются приспособительные реакции с переходом к функциональным нарушениям по следующей схеме: повышение плотности газовой среды > повышение сопротивления при перемещении газа в дыхательных путях > уменьшение вентиляции > задержка СО² в организме (повышение парциального давления СО² в альвеолах и напряжения СО² в артериальной крови) > возбуждение дыхательного центра > усиление работы дыхательных мышц > утомление дыхательной мускулатуры. Приспособительная реакция внешнего дыхания должна быть направлена на поддержание необходимого уровня вентиляции при минимальных затратах работы дыхания.

Практика водолазных спусков, а также многочисленные данные специальных исследований показывают, что при 5 - 6-кратном повышении сопротивления газовой среды люди переходят на ротовое дыхание, которое становится более редким и глубоким, а дыхательный цикл - более длительным и плавным. Тем самым система дыхания переходит на новый, более экономный режим функционирования. Путем такой адаптации дыхательная система организма получает возможность сохранять до определенных значений плотности необходимую вентиляцию легких в гипербарических условиях при возрастающем сопротивлении дыхательных смесей, затрачивая значительно меньше усилий на перемещение газа, чем это требовалось бы при отсутствии адаптации.

Патологическая реакция системы внешнего дыхания при работе в гипербарической газовой среде возникает в тех случаях, когда сопротивление плотной дыхательной смеси возрастает настолько, что превышает функциональные возможности дыхательной системы даже при запуске всех приспособительных реакций.

При выполнении очень тяжелой физической нагрузки в условиях повышенного давления может наступить обструкция ("функциональная закупорка") дыхательных путей. В результате этого во время физической работы под давлением 6 кгс/кв. см перестает функционировать до 50 % альвеол. Клиническим выражением процесса обструкции является тяжелое состояние, близкое к обмороку.

1. Влияние сжатого воздуха на сердечно-сосудистую систему

Наиболее частой реакцией сердечно-сосудистой системы на условия повышенного давления воздуха является урежение частоты сердечных сокращений, которое может сохраняться во время декомпрессии и после ее окончания. Обычно наблюдается снижение максимального артериального давления (АД) и повышение минимального АД, что приводит к уменьшению пульсового давления. С ростом величины давления газовой среды эти изменения становятся более выраженными. Часто возникает гипертоническая реакция на физическую нагрузку, что может свидетельствовать о недостаточном развитии компенсаторных реакций. Отмечаются также замедление скорости кровотока, уменьшение объема циркулирующей крови, ударного и особенно минутного объемов крови, что следует рассматривать как приспособительную реакцию на избыточное поступление кислорода.

Во время пребывания в гипербарической воздушной среде и после окончания спуска выявляются синусовая аритмия и изменения на ЭКГ. Полное восстановление изменений показателей сердечно-сосудистой системы обычно происходит в течение первых часов или первых двух суток после окончания спусков.

Многие исследователи считают, что профессия водолаза связана с повышенным риском "изнашивания" сердечно-сосудистой системы и развития раннего поражения миокарда в форме кардиосклероза. Данные освидетельствований водолазов показывают, что эти опасения небезосновательны, поскольку у водолазов заболевания сердечно-сосудистой системы встречаются значительно чаще, чем у лиц других профессий.

9. Влияние сжатого воздуха на систему крови

При нахождении в условиях гипербарической воздушной среды под действием повышенного напряжения кислорода в крови наступают приспособительные изменения, направленные на уменьшение влияния гипероксии. Основные изменения при гипербарии наблюдаются со стороны красной крови. У водолазов и кессонных рабочих, находившихся в гипербарической воздушной среде, уменьшаются количество эритроцитов и содержание гемоглобина, что можно связать главным образом с депонированием крови, а также со снижением продуцирования эритроцитов и ускорением их разрушения. В послеспусковой период отмечается увеличение скорости оседания эритроцитов (СОЭ), что может быть связано с увеличением количества физически растворенного кислорода в плазме и изменением соотношения белковых фракций крови.

Для картины белой крови после пребывания в условиях повышенного давления воздуха характерно появление лейкоцитоза. В условиях повышенного давления воздуха отмечается повышенная свертываемость крови. При кратковременном действии повышенного давления изменения показателей системы крови обычно нормализуются в течение 1 - 3 суток.

10. Влияние сжатого воздуха на систему пищеварения

В период пребывания под давлением водолазы часто предъявляют жалобы на сухость во рту, что связано с угнетением функций слюнных желез. Отмечается снижение секреторной функции желудка на пищевые раздражители при некотором возрастании кислотности желудочного сока. В связи с этим переваривание белков, жиров и углеводов в условиях гипербарии ухудшается, что отмечается также и после окончания декомпрессии. Угнетение секреторной деятельности и пищеварения связано главным образом с нарушением нервно- рефлекторной фазы секреции.

Наблюдается также снижение секреции кишечного сока, сопровождающееся некоторым увеличением его переваривающей силы. В условиях повышенного давления отмечается некоторое усиление моторной функции желудочно-кишечного тракта, что выражается повышением тонуса желудка и кишечника, а также усилением их опорожнения.

При проведении декомпрессии расширение газов в желудке и кишечнике вызывает усиление перистальтики, а также явления метеоризма. В связи с этим водолазам в период спусков не рекомендуется употреблять в пищу продукты, богатые клетчаткой и вызывающие усиленное газообразование (горох, фасоль, квашеную капусту и др.).

В условиях повышенного давления и после окончания спуска увеличивается спонтанное желчеотделение при некотором снижении концентрации желчи. Выраженность указанных изменений находится в зависимости от величины давления и продолжительности воздействия, а их нормализация, как правило, наступает в течение 2 - 3 сут. после спуска.

11. Влияние сжатого воздуха на выделительную систему

Практика водолазных спусков свидетельствует о том, что в период пребывания под повышенным давлением и некоторое время после окончания спуска отмечается усиление диуреза. При давлении 30 - 40 м вод. ст. диурез увеличивается на 20 – 30 %, что может объясняться повышением фильтрационной способности почек. Давление воздуха 40 - 50 м вод. ст. приводит к увеличению диуреза в 2,5 - 3 раза вследствие усиления почечной гемодинамики. Эта реакция рассматривается как компенсаторная в ответ на действие повышенного парциального давления кислорода, приводящая к изменению основных показателей функции почек. При давлении 70 - 90 м вод. ст. значительно снижается почечный кровоток, что ведет к снижению диуреза. Эта реакция признается компенсаторной в ответ на выраженную гипероксию. Отмечено положительное влияние повторных спусков на адаптацию выделительной системы к повышенному давлению.

12. Влияние сжатого воздуха на обмен веществ и энергии

Работа водолазов под водой сопровождается весьма высокими энерготратами. Однако в межспусковой период основной обмен у большинства водолазов снижен на 15 - 30% по сравнению со стандартами для данной категории лиц, что становится более выраженным с увеличением производственного стажа.

Основными причинами сдвигов обмена веществ в условиях повышенного давления воздуха являются изменения газообмена, дыхательной функции крови и кислотно-основного состояния. Снижение газообмена приводит к изменению транспорта газов кровью, уменьшению потребления кислорода тканями, замедлению выведения и накоплению СО² в организме. В свою очередь, это приводит к угнетению окислительно-восстановительных процессов и появлению в организме недоокисленных продуктов.

Со стороны углеводного обмена отмечаются умеренная гипергликемия, значительное увеличение содержания молочной кислоты и уменьшение пировиноградной кислоты. Изменения обмена белков проявляются некоторым повышением содержания общего белка крови в основном за счет глобулиновых фракций. Это может свидетельствовать о нарушении окисления белков.

Для водно-солевого обмена в условиях повышенного давления характерно некоторое уменьшение количества плазмы, концентрации калия, натрия и кальция в крови, а также увеличение их содержания в моче, что можно объяснить усилением почечного кровотока, клубочковой фильтрации и проницаемости капилляров. В условиях повышенного давления увеличивается расход витаминов в связи с усилением и качественным изменением различных биохимических процессов, что свидетельствует о необходимости профилактической витаминизации водолазного состава и медицинского персонала, подвергающихся воздействию повышенного давления.

Весьма чувствительными к действию гипербарических факторов оказались ферментативно-гормональные системы. После воздействия повышенного давления значительно возрастает концентрация катехоламинов и оксикортикостероидов в крови, а также кортикостероидов в моче. Изменения метаболизма ряда ферментов свидетельствуют о нарушении обменных процессов в миокарде и печени, нарушении тканевого дыхания и образовании в организме свободных окислов, радикалов и перекисных соединений под действием повышенного парциального давления кислорода. Большинство биохимических показателей возвращается к исходному уровню в течение 5 - 7 суток.

13. Влияние сжатого воздуха на тепловое состояние

В сжатом воздухе изменяется теплообмен в сравнении с теплообменом в условиях нормального давления. Тепловой поток "организм - внешняя среда" является смешанным, постоянные компоненты его составляют конвекция, включающая теплопроведение (30% от общих теплопотерь), тепловая радиация (45 %) и испарение жидкости (25 %). Конвекция, радиация и испарение с кожных покровов осуществляются непосредственно, а конвекция и испарение с воздухоносных путей и легких - через посредство акта дыхания. В обычных условиях дыхательный компонент потери тепла составляет 5 - 6% от общих теплопотерь организма и достигает 104 - 116 Вт.

Под давлением значительно возрастают конвекционные потери с кожных покровов. Даже при подогреве газовой среды, снижающем потери за счет радиации и испарения, общие теплопотери все же возрастают.

Особые соотношения создаются в дыхательной системе. Если в нормальной среде потери тепла за счет испарения приближаются к конвекционным теплопотерям, то в гипербарической среде начинают преобладать потери тепла конвекцией. Возрастает также общая доля теплопотерь с дыханием.

В ответ на охлаждение организма в гипербарической среде развиваются приспособительные реакции. Непосредственный физиологический ответ организма на охлаждение тела - сужение кожных сосудов. В результате этой реакции создается относительная тепловая изоляция организма от внешней среды. Механизмы тепловой изоляции развиты неравномерно в разных частях тела. Первыми реагируют сосуды конечностей. Сосуды туловища сужаются в меньшей степени, что обусловливает большую потерю тепла. Сосуды головы практически не сужаются, и относительная местная потеря тепла здесь самая большая. Однако, несмотря на глубокое охлаждение конечностей при определенных диапазонах температур внешней среды, центральная масса тела (сердцевина) остается теплой. Если же защитная сосудистая реакция оказывается недостаточной и температура головы и сердцевины туловища понижается, то организм может запустить второй приспособительный механизм - повышенный мышечный термогенез. Возрастает сократительная активность скелетных мышц, что проявляется в холодовом треморе (холодовой дрожи). Включение механизма термогенеза приводит к росту общей теплопродукции организма в 2 - 5 раз: от 45 - 70 до 115 - 175 Вт/кв. м -С. Развивающиеся процессы направлены на то, чтобы восстановить общий тепловой баланс организма, компенсируя возросшие теплопотери через кожные покровы и дыхательные пути.

14. Краткие сведения по физиолого-гигиеническим характеристикам гелийсодержащих дыхательных газовых смесей

Гелий - химический элемент VIII группы периодической системы Д.И. Менделеева, атомный номер 2, атомная масса 4,0026, относится к благородным (инертным или редким) газам. В обычных условиях гелий представляет собой бесцветный прозрачный газ, не обладающий запахом и не вызывающий вкусовых ощущений. Гелий сжижается труднее всех известных газов (при -268,93 -С) и является единственным веществом, которое не отвердевает при нормальном давлении, как бы глубоко его не охлаждали. Жидкий гелий - квантовая жидкость, обладающая сверхтекучестью при температуре ниже -270,98 -С. Плотность гелия (0,178 г/л) намного меньше плотности воздуха (1,2928 г/л), почти в 7 раз меньше плотности азота. В практике глубоководных водолазных спусков применяются кислородно-гелиевые и кислородно-азотно-гелиевые смеси и среды (КГС и КГСр). Данные смеси и среды обладают многообразным действием на организм человека. Наиболее характерными свойствами гелийсодержащих смесей и сред, отличающимися от свойств воздуха, являются:

- выраженное искажение речеобразования;

- охлаждающее действие;

- нервный синдром высоких давлений.

При нахождении в гипербарической КГСр или при дыхании КГС под давлением в связи с особыми физическими свойствами гелия и увеличением плотности происходит искажение произносимых звуков и их восприятия органами слуха. Вследствие замены азота воздуха гелием существенно повышается скорость распространения звука. Действие повышенного статического давления газа на организм и изменение скорости распространения звука приводят к искажениям произносимых звуков и к смещению всего речевого спектра в область высоких частот. Физиологические исследования показали, что при спуске на большие глубины с использованием КГС в работе речевых органов происходит ряд нарушений. Значительно меняется работа голосовых связок вследствие изменения тонуса мышц, напрягающих связки. Повышенная плотность среды вызывает гиперреакцию связок при произношении слов. Такое состояние голосового аппарата гортани искажает интенсивность речи, нарушает ее динамическую и мелодическую структуру. Увеличение плотности создает затруднение как для нормального вдоха, так и для нормального выдоха. Вследствие этого исчезает явление так называемой голосовой борьбы, необходимой для правильного образования согласных, носящих взрывной характер. Поэтому формирование смычных согласных в этих условиях затруднено, резко возрастает громкость речи (на 6 - 12 дБ по сравнению с уровнем в нормальных условиях). Описанные выше нарушения в работе голосового аппарата гортани и дыхания вызывают выраженные изменения в разборчивости речи. Увеличение громкости речи вызывает уменьшение слоговой разборчивости на 8 - 10% за счет изменения разборчивости согласных. Повышение плотности среды вызывает некоторое отвисание мягкого неба. Это определяет специфический тембр голоса водолаза, носящий характер открытой гнусоватости. Появлению гнусавого оттенка способствует также подъем гортани вверх, что изменяет обычные соотношения между резонатором носоглотки, гортани и носа. Регистрация движений языка и губ показала, что их состояние характеризуется большим, чем обычно, напряжением. Эти данные сказываются на процессе диссонанса звуковой энергии и тем самым изменяют спектр речи. Первые признаки нарушения речи, заметно ухудшающие разборчивость, появляются при дыхании КГС на глубине 50 - 60 м, затем они быстро возрастают, достигая максимума на 120 - 150 м и затем вновь несколько ослабляются. При дыхании воздухом нарушения разборчивости можно отметить уже начиная с глубины 8 - 12 м. Более позднее наступление изменений разборчивости речи при дыхании КГС объясняется тем, что гелий обладает меньшей по сравнению с азотом плотностью, и влияние увеличения плотности дыхательной среды сказывается лишь на глубинах больше 70 - 80 м. При дыхании КГС разборчивость становится более низкой, чем при дыхании воздухом на той же глубине. Это происходит потому, что сниженные компенсаторные возможности организма уже не могут возвратить смещенные области в исходное состояние.

Теплообмен организма человека в гипербарической кислородно-гелиевой среде существенно отличается от теплообмена в воздушной среде. Это отличие вызвано в основном теплофизическими свойствами КГСр, из которых наиболее важными являются в 6 раз более высокая теплопроводность и в 5 раз более высокая теплоемкость в сравнении с характеристиками воздуха. Теплопередача с поверхности кожи и с легких происходит по тем же законам теплопередачи, что и в воздушной среде, но потеря тепла организмом в КГСр происходит в несколько раз быстрее и в значительно больших количествах в единицу времени, чем в сжатом воздухе. Особые соотношения в потерях тепла между потерей с поверхности тела и через дыхательные пути, установленные в воздушной среде, сохраняются и в КГСр.

Респираторные потери тепла в КГСр особенно сильно отличаются от потерь тепла с поверхности тела вследствие того, что ни одна из терморегуляторных реакций организма не влияет на них, и эти потери происходят непосредственно из внутренних тканей, так как связаны с центральным кровотоком. Чем большее количество КГС участвует в дыхании, тем выше респираторные теплопотери. Последние возрастают, если вдыхаемая КГС имеет низкую влажность и низкую температуру. В гипербарических условиях при дыхании КГС в структуре респираторных потерь так же, как и при дыхании воздухом, начинает преобладать конвективный компонент. При абсолютном давлении 30 кгс/кв. см водолаз, который дышит газом при температуре 4 -С, теряет через дыхательные пути все метаболическое тепло независимо от мер, принятых для защиты поверхности его тела. Более того, поскольку минутный объем дыхания возрастает прямо пропорционально увеличению метаболизма (потреблению кислорода), физические упражнения для согревания не будут эффективными, так как теплопотери будут оставаться равными теплопродукции. Наиболее опасное действие холодной дыхательной газовой смеси состоит в интенсивной утечке тепла из организма и проявляется на глубине, где используемая водолазом дыхательная аппаратура принимает температуру, равную температуре окружающей воды. Предупреждение переохлаждения организма водолазов при пребывании их в барокамерах достигается путем повышения температуры газовой среды и строгого поддержания ее в пределах допустимых величин. Предотвращение опасного действия холода на организм в период пребывания водолазов под водой при использовании для дыхания КГС достигается использованием водообогреваемой или электрообогреваемой одежды и применением в водолазном снаряжении устройства для нагрева дыхательной смеси.

Действие высоких парциальных давлений гелия на центральную нервную систему проявляется тремором конечностей, изменениями электрической активности головного мозга (усилением тета-активности, снижение активности альфа-волн), психомоторным возбуждением и нарушениями сна. Эти изменения отличаются от наблюдаемых при воздействии азота, при котором отсутствует тремор и выраженное психомоторное возбуждение, изменения ЭЭГ носят иной характер. Было установлено, что причиной выявленных изменений при действии на организм высокого парциального давления гелия является не его наркотическое действие, а высокое механическое давление. Комплекс изменений, наступающих в организме в условиях высоких давлений КГС или КГСр, был назван нервным синдромом высоких давлений, описание которого приведено в Приложении 4.

Приложение 3

ФИЗИОЛОГО-ГИГИЕНИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ВОДОЛАЗНОГО СНАРЯЖЕНИЯ И БАРОКАМЕР

Для спусков водолазов под воду используется водолазная техника, которая состоит из водолазного снаряжения и средств обеспечения водолазных спусков, работы водолазов под водой, подъема их на поверхность или для обеспечения пребывания под повышенным давлением. К средствам обеспечения спусков относятся барокамеры.

1. Физиолого-гигиеническая характеристика водолазного снаряжения

Под водолазным снаряжением понимается комплект устройств и изделий, надеваемых и закрепляемых на водолазе, обеспечивающий его жизнедеятельность под давлением окружающей водной и газовой среды. При спусках под воду в мягком типе водолазного снаряжения нормальное дыхание возможно лишь при условии подачи водолазу воздуха, дыхательной газовой смеси (ДГС) или кислорода под давлением, равным давлению окружающей водной среды или несколько его превышающим. Поэтому подача сжатого воздуха и ДГС производится в шлемы, маски или полумаски по шлангам с поверхности или из баллонов снаряжения, а кислорода - из баллонов аппарата или от стационарной дыхательной системы барокамеры.

Водолазное снаряжение по способу поддержания требуемого состава дыхательной газовой смеси подразделяется на вентилируемое, с замкнутой, полузамкнутой и открытой схемами дыхания. Под вентилируемым водолазным снаряжением понимается такое снаряжение, в котором дыхание водолаза под водой обеспечивается непрерывной подачей с поверхности сжатого воздуха по шлангу в газовый объем снаряжения (подшлемное пространство), где воздух смешивается с продуктами дыхания водолаза и периодически вентилируется (вытравливается в воду). Стравливание излишка воздуха производится путем периодического открывания водолазом головного травящего клапана шлема. Длительность пребывания под водой в вентилируемом снаряжении зависит от запасов сжатого воздуха на борту плавсредства (на береговом водолазном посту), производительности средств воздухоснабжения, а также от температуры окружающей воды, которая может вызвать переохлаждение организма водолаза. Снаряжение имеет ряд конструктивных недостатков, которые снижают возможности перемещения и работоспособность водолазов, не исключая возможности возникновения у них некоторых специфических и неспецифических заболеваний.

Вентилируемое снаряжение требует от водолаза умения управлять своей плавучестью и остойчивостью. Сила плавучести водолаза может изменяться под водой в зависимости от изменения объема воздуха в скафандре. К числу наиболее серьезных недостатков указанного снаряжения относятся следующие:

- большой объем шлема и свободного воздуха в скафандре, что вызывает необходимость применения дополнительных грузов и тяжелых водолазных галош для погашения положительной плавучести. Большая масса и объем снаряжения, а также грубая ткань водолазной рубахи затрудняют передвижение водолаза под водой, создают неудобство при выполнении работы, вызывают большие дополнительные энерготраты и снижают производительность труда. Чем больше объем снаряжения, тем большее сопротивление оказывает вода движениям водолаза. Передвигаясь по грунту, водолаз должен принимать такие положения, при которых сопротивление будет наименьшим (передвижение боком вперед, плавательные движения руками, движения на коленях с помощью рук);

- поступление выдыхаемого водолазом воздуха непосредственно в подшлемное пространство снаряжения вызывает сравнительно быстрое накопление в нем диоксида углерода, для удаления которого требуется постоянная интенсивная вентиляция скафандра свежим воздухом 60 - 120 л/мин. в зависимости от тяжести работы. Первым признаком плохой циркуляции является запотевание иллюминатора шлема из-за повышенной влажности воздуха в скафандре, что косвенно указывает на накопление диоксида углерода;

- подача водолазу сжатого воздуха более 100 - 120 л/мин. затрудняет управление нормальной остойчивостью водолаза под водой, ускоряет наступление переохлаждения верхней половины тела водолаза, резко повышает и без того высокий уровень шума в шлеме, что является причиной снижения остроты слуха и разборчивости речи;

- большая подача воздуха в скафандр и сложность поддержания нормальной плавучести водолаза нередко являются причинами непроизвольного всплытия (выбрасывания) водолаза с грунта на поверхность. Непроизвольное всплытие возможно также при потере водолазом грузов или галош;

- ограниченная автономность снаряжения в случае отсутствия подачи воздуха по каким-либо причинам с поверхности (пережатие или разрыв шланга). Она обеспечивается только запасами воздуха, находящегося в подшлемном пространстве, и составляет всего несколько минут;

- тяжелая и грубая ткань водолазной рубахи при выполнении работы под водой затрудняет движение водолазов и нередко приводит к возникновению у них потертостей отдельных частей тела;

- при вертикальном положении водолаза под водой происходит неравномерное обжатие его тела за счет разности гидростатического давления. Наибольшее давление воды приходится на голени и стопы.

Неравномерное обжатие водой тела водолаза приводит к нарушению кровообращения в области ног, в результате чего может наступить онемение и охлаждение стоп и пальцев ног и замедление процессов рассыщения этих участков от азота в процессе декомпрессии;

- в шлеме вентилируемого снаряжения воздух имеет высокую влажность, низкую температуру и создает сильный шум, что может приводить к довольно быстрому утомлению водолаза, ухудшению общего самочувствия и появлению ранней тугоухости;

- необходимость периодического вытравливания головным клапаном воздуха из шлема головой создает большое неудобство для водолаза.

Воздушная подушка должна доходить примерно до нижнего края грудной клетки. Избыток воздуха в скафандре может привести к выбрасыванию водолаза на поверхность, что грозит развитием тяжелого декомпрессионного заболевания, баротравмы легких, а при разрыве фланца рубахи - утопления. Малый объем воздуха в скафандре может привести к отравлению диоксидом углерода, а при нарушении подачи воздуха или проваливании на глубину - к обжиму водолаза;

- металлический шлем при подводной сварке подвергается электролизу, а в случае прикосновения к шлему электрорезаком он может быть прорезан, что представляет опасность утопления водолаза;

- отсутствие активного обогрева в снаряжении при спусках в холодной воде может приводить к переохлаждению организма водолаза.

При обычно имеющемся в водолазной практике расходе сжатого воздуха на вентиляцию, равном 100 - 120 л/мин., концентрация диоксида углерода в подшлемном пространстве поддерживается около 1 %, приведенного к условиям нормального барометрического давления. Под водолазным снаряжением с замкнутой схемой дыхания понимается снаряжение, в составе которого имеется аппарат, обеспечивающий дыхание водолаза за счет непрерывной регенерации циркулирующего по замкнутому циклу выдыхаемого газа и обогащения кислородом за счет запаса кислорода или кислородно-азотной смеси в баллонах. Устройство аппаратов с полузамкнутой схемой дыхания напоминает устройство аппаратов с замкнутой схемой дыхания, основным принципом функционирования которых является поддержание необходимого парциального давления кислорода во вдыхаемой ДГС за счет непрерывного пополнения дыхательного мешка свежей дыхательной смесью с заданным процентным содержанием кислорода. Отличием является то, что в снаряжении с полузамкнутой схемой дыхания основное газоснабжение, как правило, осуществляется по шлангу с поверхности, а баллоны аппарата служат лишь резервным запасом ДГС. Вторым отличием является то, что в аппаратах с замкнутой схемой дыхания, как правило, для дыхания используется чистый кислород, а в аппаратах с полузамкнутой схемой применяются главным образом кислородно-азотная, кислородно-гелиевая, кислородно-азотно- гелиевая и другие дыхательные газовые смеси.

Водолазное снаряжение с замкнутой схемой дыхания является автономным и не связано газообеспечением с поверхностью. По сравнению с вентилируемым водолазным снаряжением снаряжения с замкнутой и полузамкнутой схемами дыхания обладают рядом преимуществ: обеспечивают экономный расход газовой смеси, имеют небольшие массогабаритные характеристики аппаратов, мало стесняют движения водолазов под водой. Снаряжение с замкнутой схемой дыхания обеспечивает также скрытность и бесшумность передвижений и выполнения водолазных работ.

К недостаткам снаряжений с замкнутой и полузамкнутой схемами дыхания следует отнести:

- достаточную сложность их устройства;

- необходимость высокой профессиональной подготовленности при их применении;

- возможность развития практически всех известных видов специфических и неспецифических заболеваний водолазов при использовании этих видов снаряжения.

Условием использования аппаратов с замкнутой и полузамкнутой схемами дыхания является необходимость плотного соединения узлов аппарата с дыхательными путями водолаза, что обеспечивается применением загубника или полумаски. Применение загубника под водой обеспечивает поступление кислорода или ДГС только в дыхательные пути, однако в случае применения загубника возможен подсос носом из газовой среды барокамеры или, напротив, вытравливание носом газа наружу из системы "аппарат-легкие".

Длительное дыхание в загубнике вызывает раздражение слизистых оболочек рта и губ, обильную саливацию, утомляет жевательную мускулатуру, исключает привычное дыхание носом и увеличивает дополнительное сопротивление дыханию. Полумаски лишены многих из этих недостатков, но при этом обычно страдает герметичность соединения аппарата с дыхательными путями, а длительное применение полумаски может вызвать выраженные болевые ощущения и "намины" в области переносицы или спинки носа. Направленная циркуляция газа в аппарате обеспечивается клапанами вдоха и выдоха, неисправность в работе которых увеличивает мертвое пространство, нарушает регенерацию и может быть в случае неисправности клапана вдоха причиной значительного накопления в дыхательном мешке диоксида углерода, что более вероятно и опасно в снаряжении с замкнутой схемой дыхания. Количество диоксида углерода в дыхательной смеси зависит также от качества поглотительного или регенеративного вещества, условий протекания реакций связывания CO² , частоты автоматических или ручных промывок и тяжести выполняемой водолазом работы.

Дыхательный мешок аппарата выполняет функцию резервуара для газовой смеси, откуда производится вдох, а также является редуцирующей емкостью, автоматически выравнивающей давление газа, поступающего из баллонов или по шлангу с поверхности, до величины давления окружающей среды. С помощью дыхательных трубок и загубника мешок непосредственно сообщается с верхними дыхательными путями и легкими водолаза, поэтому резкое нажатие на мешок, удары по нему или недостаточное содержание в нем дыхательной смеси могут привести к баротравме легких. Неисправности в работе газоподающих частей и травяще-предохранительного клапана обусловливают несоответствие давления и могут вызвать существенные изменения функций сердечно-сосудистой и дыхательной систем, барогипертензию и повреждение легочной ткани.

Замкнутая и полузамкнутая схемы дыхания требуют постоянной коррекции состава газовой смеси ввиду прогрессирующего снижения парциального давления кислорода и возрастания доли индифферентного газа. Поэтому неисправности системы подачи газа в аппарате с полузамкнутой схемой дыхания или нарушения правил проведения периодических промывок в аппаратах с замкнутой схемой дыхания могут вызвать как кислородное голодание, так и баротравму легких.

Наличие в аппарате регенеративного патрона, клапанной коробки, дыхательного автомата и дыхательных трубок вызывает дополнительное сопротивление дыханию, которое не должно превышать 40 мм вод. ст. При сопротивлении дыханию 80 - 100 мм рт. ст. изменяются частота и глубина дыхания, оно становится неправильным и человек быстро устает. При дыхании в аппарате под водой сопротивление дыханию возрастает в связи с увеличением легочной вентиляции и действием давления воды на дыхательный мешок. На сопротивление дыханию в значительной мере влияет объем дыхательного мешка, который должен обеспечивать полный вдох и полный выдох (т.е. объем должен быть не менее 6 л), а также расположение дыхательного мешка по отношению к грудной клетке. Правильным расположением аппарата на груди является такое, когда нижний край дыхательного мешка находится на уровне нижнего края грудной клетки. При более высоком расположении аппарата давление воды на дыхательный мешок будет меньше давления газа в легких, и вдох будет затруднен. При низко опущенном аппарате давление воды на дыхательный мешок будет больше, чем на грудную клетку, в результате чего вдох будет облегчен, а выдох затруднен.

При самопроизвольном всплытии (выбрасывании) с глубины на поверхность водолаза в дыхательном аппарате с закрытой крышкой травяще-предохранительного клапана и при наличии загубника во рту газ, находящийся в дыхательном мешке, расширяется, объем его увеличивается, а давление внутри дыхательного мешка повышается. Поскольку аппарат и легкие водолаза составляют единую систему, то при повышении давления в аппарате повысится давление и в легких водолаза. При всплытии водолаза с глубины 20 м избыток газа может достигать 15 - 18 л. В этом случае пропускная способность травящего клапана дыхательного мешка должна обеспечить стравливание этого газа в водную среду, причем давление в системе "аппарат - легкие" не должно превышать 10 - 15 мм рт. ст. В противном случае быстрое всплытие водолаза как с малых, так и с больших глубин может привести к образованию большой разницы между давлением в системе "аппарат - легкие" и окружающим давлением воды. При разнице давления в 80 - 100 мм рт. ст. может наступить разрыв легочной ткани.

Для предупреждения случаев разрыва легких при быстром всплытии водолаза с грунта на поверхность запрещается работа водолазов под водой при закрытом травящем клапане (кроме работы лежа на спине, когда травящий клапан должен быть закрыт во избежание вытравливания газа из дыхательного мешка). При вынужденном всплытии (выбрасывании) водолаза на поверхность он должен выбросить загубник изо рта и не задерживать дыхание, а по мере всплытия производить выдох в подмасочное пространство или в водную среду.

Использование в аппаратах для дыхания кислорода или ДГС вынуждает ограничивать глубину погружения водолазов (20 и 40 м соответственно), а также время пребывания под давлением. Необходимо рассчитывать время работы в аппаратах с замкнутой схемой дыхания, по расходу кислорода (ДГС) и токсическому действию кислорода.

Для включения на дыхание в аппарат с замкнутой схемой дыхания необходимо проводить пятикратную промывку системы "аппарат - легкие" кислородом для удаления из аппарата и легких излишка азота. Важным элементом эксплуатации аппарата является пополнение дыхательного мешка кислородом перед выдохом во избежание возникновения баротравмы легких при вдохе из пустого мешка. Вдох из пустого дыхательного мешка возможен при отсутствии пополнения дыхательного мешка по забывчивости водолаза, в случае потери сознания или вследствие неожиданно возникшей неисправности байпаса или дыхательного автомата. В случае применения аппарата с загубником в барокамере требуется применение носового зажима для исключения попадания воздуха в дыхательный мешок. В процессе дыхания кислородом при пребывании водолаза под водой или в барокамере он должен периодически делать однократные промывки.

При спусках под воду в снаряжении с замкнутой или полузамкнутой схемой дыхания под гидрокомбинезоном (гидрокостюмом) отсутствует воздушная подушка, которая является теплоизолятором в вентилируемом снаряжении. Отсутствие воздушной подушки приводит к более быстрому охлаждению водолаза по сравнению с вентилируемым снаряжением. Для предупреждения переохлаждения водолаз должен пользоваться шерстяным водолазным бельем, специальными утеплителями или водяным обогревом.

Снаряжение с открытой схемой дыхания является разновидностью водолазного снаряжения, в котором в качестве дыхательной газовой смеси обычно используется воздух, но может также применяться искусственная ДГС. Подача воздуха (ДГС) водолазу осуществляется пульсирующим потоком и только на вдох, а выдыхаемый газ отводится непосредственно в воду. Водолазное снаряжение с открытой схемой дыхания по сравнению с традиционным вентилируемым снаряжением имеет как некоторые преимущества, так и недостатки. Наиболее существенные преимущества этого снаряжения перед вентилируемым заключаются в следующем: более экономно расходуется воздух, исключается накопление во вдыхаемом воздухе и в подшлемном пространстве диоксида углерода, имеется резервный запас воздуха в заспинных баллонах аппарата, наряду с хождением по грунту возможно плавание, возможны спуски без одежды, не требуется сложных средств обеспечения спусков. Снаряжение с открытой схемой дыхания имеет ряд недостатков, связанных с его конструктивными особенностями:

-при использовании этого снаряжения в автономном варианте из-за ограниченного запаса воздуха в баллонах время работы водолаза на грунте ограничено в значительно большей степени по сравнению с вентилируемым снаряжением. Оно зависит от запасов воздуха в баллонах и глубины спуска;

-применение дыхательного автомата в аппарате вызывает по сравнению с дыханием в вентилируемом снаряжении дополнительное сопротивление, которое создается за счет механических, аэродинамических и гидростатических составляющих. Механическое сопротивление (и частично аэродинамическое) обусловлено конструктивными особенностями деталей дыхательного автомата (рычагов, пружин, мембран). Аэродинамический компонент сопротивления находится в прямой зависимости от интенсивности и характера дыхания, величины легочной вентиляции. Гидростатическое сопротивление зависит от места размещения дыхательного автомата на аппарате, размещения аппарата на водолазе и положения водолаза под водой. Оно определяется как разность гидростатического давления на мембрану дыхательного автомата и на центр грудной клетки. Таким образом, общее сопротивление дыханию в аппарате не бывает постоянным даже при использовании одного и того же аппарата. Оно изменяется в зависимости от условий спуска, характера выполняемой работы под водой и положения тела водолаза (вертикального, горизонтального, наклонного);

- нарушения в работе дыхательного автомата могут привести к барогипертензии (при большом сопротивлении дыханию), к баротравме легких (при непрерывной подаче воздуха или прекращении подачи воздуха вследствие засорения дюз) и утоплению (при разрыве мембраны автомата);

- использование сигнализатора минимального давления воздуха в баллонах, основанного на принципе постепенного увеличения сопротивления дыханию за счет перекрытия канала, по которому воздух поступает к дыхательному автомату, при форсированном дыхании во время работы под водой может привести к баротравме легких;

- наличие дыхательной полумаски или клапанной коробки и загубника увеличивает вредное пространство, которое не участвует в газообмене легких. Это оказывает особенно неблагоприятное действие при выполнении водолазом тяжелой работы и при плавании под водой;

- в отличие от вентилируемого снаряжения во многих образцах снаряжения с открытой схемой дыхания водолаз полностью окружен водой со всех сторон без воздушной подушки в верхней части гидрозащитной одежды. В связи с этим при вертикальном положении водолаза под водой имеется большее неравномерное давление на тело столба воды (гидростатическое давление). Если с каждым метром глубины погружения давление воды возрастает на 76 мм рт. ст., то для водолаза среднего роста в 175 см разность давления столба воды на верхние и на нижние участки тела составит более 130 см рт. ст.

При этом создаются различные условия для тока крови по сосудам. По артериям кровь легче течет в сторону верхних участков тела, чем в сторону нижних. Поэтому у человека в положении стоя нижние конечности будут снабжаться кровью хуже, приток крови к ним будет затруднен. Отток крови по венам из участков, лежащих выше сердца, будет затруднен, а от нижних конечностей будет облегчен, так как давлением воды кровь будет выжиматься по направлению к сердцу. Это приводит к переполнению кровью верхних участков тела и к частичному обескровливанию нижних отделов. Недостаточно снабжаемые кровью нижние конечности охлаждаются быстрее, чем верхние участки тела. При горизонтальном положении водолаза кровообращение восстанавливается;

- плотное прилегание к телу водолазных гидрокостюмов (гидрокомбинезонов), особенно их жестких частей, может приводить к обжатию тела, "наминам", потертостям, а при использовании гидрокостюмов "сухого" типа "Садко" без шлем-маски - также к местному обжиму в результате снижения давления воздуха под гидрокомбинезоном по отношению к окружающему давлению. Для ликвидации обжима должны использоваться специальные приспособления (трубочки, соединяющие подкостюмное пространство с одним из узлов подачи воздуха на дыхание);

- отсутствие воздушной подушки в верхней части гидрокомбинезона (гидрокостюма) и шлема во многих образцах снаряжения увеличивает опасность охлаждения головы и верхних конечностей, а также общего переохлаждения организма при выполнении подводных работ в холодной воде;

- наличие в некоторых образцах снаряжения загубников в дыхательных полумасках приводит к необходимости дыхания только ртом. Удержание загубника во рту вызывает усталость жевательных мышц и обильное слюнотечение. Применение загубника снижает разборчивость речи водолаза и затрудняет связь с ним руководителя спуска.

2. Физиолого-гигиеническая характеристика барокамер

Водолазная барокамера представляет собой прочную, герметичную емкость, предназначенную для размещения в ней людей под повышенным давлением газовой среды, снабженную средствами регулирования перепада давления между внутренними (обитаемыми) отсеками и окружающей средой, а также системой жизнеобеспечения и другими системами и устройствами.

Пребывание водолаза в барокамере сопровождается постепенным снижением содержания в газовой среде кислорода, накоплением двуокиси углерода и вредных веществ, повышением относительной влажности и изменениями температурного режима.

Снижение концентрации кислорода в барокамере при декомпрессии после спуска водолаза под воду и при проведении тренировочного спуска не представляет опасности в отношении развития кислородного голодания, хотя может оказать отрицательное влияние на ход декомпрессии. Повышение влажности также не является угрожающим. Основная опасность в условиях барокамеры связана с возможностью накопления в газовой среде диоксида углерода вплоть до токсических концентраций. Поддержание безопасной концентрации СО² в газовой среде барокамер обеспечивается путем вентиляции сжатым воздухом или использования системы аварийной регенерации с химическим поглотителем ХП-И и обогащением газовой среды кислородом.

При вентиляции одновременно повышается процентное содержание кислорода в барокамере, снижается относительная влажность и в зависимости от температуры подаваемого воздуха изменяется температурный режим (обычно температура понижается). Расчет вентиляции барокамер проводится с учетом содержания в газовой среде диоксида углерода, которое не должно превышать 1 %, приведенного к условиям нормального давления. Накопление СО² в барокамере зависит от ее объема и количества находящихся в ней людей. Температурный режим в барокамере может быть разнообразным. Он зависит от температуры окружающего воздуха, периода спуска в барокамере (компрессия, изопрессия, декомпрессия), скорости изменения давления в барокамере, частоты и продолжительности вентиляций, температуры подаваемого в камеру воздуха, а также от прямого нагрева солнечными лучами поверхности барокамеры при ее нахождении вне помещения. Барокамеры на судах, береговых базах и в учебных заведениях, как правило, должны устанавливаться в закрытых отапливаемых помещениях. В отдельных случаях допускается установка барокамер на открытых палубах судов или временная (на период выполнения водолазных работ) установка на открытых береговых площадках. Барокамеры, временно размещенные на открытом воздухе при выполнении сезонных работ в летний период или в климатических районах с соответствующими условиями, должны быть защищены от прямого воздействия солнечной радиации, атмосферных осадков, пыли и т.п. с помощью тентов, систем орошения корпуса камеры и других средств защиты. Барокамеры, размещенные на открытых площадках (палубах), в условиях пониженной температуры должны иметь теплоизоляционное покрытие и другие средства защиты от атмосферных осадков, пыли и т.п.

При повышении давления в барокамере температура воздуха в ней повышается в зависимости от скорости повышения давления. Например, при повышении давления со скоростью 4 кгс/кв. см в 1 мин.и температуре окружающего воздуха 20 -С к концу повышения давления до 10 кгс/кв. см температура воздуха внутри камеры может повыситься до 45 - 50 -С. После окончания повышения давления температура в барокамере довольно быстро (за 8 - 10 мин.) приходит к исходному уровню или остается выше его на 1 - 3 -С. В солнечную погоду летом при непосредственном нагреве стенок барокамеры солнечными лучами температура воздуха в ней может доходить до 30 - 35 -С и удерживаться в таких пределах длительное время. При такой температуре, особенно в сочетании с влажностью до 80 - 100%, у водолаза могут развиться явления перегревания. Для предупреждения перегревания необходимо устанавливать над барокамерой тенты для защиты от солнечных лучей, орошать водой наружные стенки, чаще вентилировать барокамеру свежим воздухом, обтирать кожу водолаза влажным полотенцем.

При быстром снижении давления во время декомпрессии происходит понижение температуры воздуха внутри барокамеры. При скорости снижения давления 3 - 4 кгс/кв. см в 1 мин. температура воздуха в барокамере падает на 5 - 6 -С, после чего постепенно (через 3 - 5 мин.) повышается до исходного уровня. Поскольку в условиях изопрессии температура воздуха в барокамере практически равняется температуре окружающего воздуха, в холодное время года возможно переохлаждение водолаза, находящегося в барокамере. Для предупреждения переохлаждения необходимо использовать средства теплоизоляции наружных поверхностей барокамер, средства обогрева барокамер, теплую одежду и горячее питье для находящихся в барокамере.

Габариты отсеков барокамер, применяемых для спусков с использованием для дыхания воздуха, позволяют водолазу находиться в них в положении лежа или сидя. Отсутствие достаточной двигательной активности и продолжительное нахождение в вынужденной позе приводят к нарушению нормального кровообращения подвергшихся сдавлению частей тела, что может способствовать возникновению декомпрессионной болезни. Поэтому в период декомпрессии водолазы должны чаще менять положение тела, а при лежании стараться принимать такое положение, чтобы не было давления на верхние конечности.

Отечественные барокамеры не имеют санитарно-фановой системы и системы кондиционирования. Поэтому обитаемость отсеков указанных барокамер не отвечает в полной мере современным санитарно- гигиеническим требованиям, особенно при продолжительном (более одних суток) пребывании в них водолазов и медицинского персонала в период проведения лечебной рекомпрессии. Наличие в зарубежных барокамерах санитарно-фановой системы снимает эту проблему, однако требует медицинского контроля чистоты санитарного блока, а также дезинфекции и дезодорации с использованием раствора марганцево-кислого калия раковины и унитаза в процессе их использования.

Приложение 4

КЛИНИЧЕСКИЕ ПРОЯВЛЕНИЯ ЗАБОЛЕВАНИЙ И ТРАВМ ВОДОЛАЗОВ

1. Декомпрессионная болезнь

Под декомпрессионной болезнью понимается комплекс патологических явлений в организме, связанных с наличием свободных газовых пузырьков в крови и тканях, которые вызывают раздражение интерорецепторного аппарата нервной системы, нарушение нормального кровообращения, а иногда и прямое механическое повреждение клеток органов и тканей. Декомпрессионная болезнь возникает после предшествующего насыщения организма метаболически индифферентным газом под повышенным давлением в результате неадекватной декомпрессии и является весьма распространенным специфическим заболеванием у людей, выполняющих работу в условиях повышенного давления. Болезнь называется декомпрессионной потому, что она возникает в процессе декомпрессии, т.е. в период перехода организма из среды с повышенным давлением в среду с более низким давлением. Характер болезненных явлений и тяжесть самого заболевания зависят от величины, количества и локализации газовых пузырьков. Декомпрессионная болезнь по степени тяжести условно делится на три формы: легкую, среднюю и тяжелую.

При легкой форме декомпрессионной болезни пострадавшие предъявляют жалобы на небольшую усталость, недомогание, боли в суставах, костях и мышцах. Боли возникают обычно постепенно и локализуются чаще всего в коленном, плечевом или локтевом суставах, на которые во время работы под водой приходилась наибольшая физическая нагрузка. В начале заболевания боль обычно носит тупой ноющий характер, затем постепенно становится сверлящей, рвущей. В области больного сустава иногда появляются покраснение кожи, сыпь, развивается припухлость. При этом функции пораженных суставов и мышц, как правило, существенно не нарушаются.

Частым проявлением декомпрессионной болезни в легкой форме является кожный зуд, возникающий в области рук и ног, живота и ягодиц. В некоторых случаях возникает подкожная эмфизема, при пальпации которой ощущается крепитация. Развивающиеся в коже и подкожной клетчатке нарушения кровообращения вызывают изменения цвета и его оттенков (от светло-красного до темно-синего). Кожа приобретает пестрый мраморный цвет. Могут иметь место незначительные отклонения в деятельности сердечно-сосудистой и дыхательной систем: легкая тахикардия, умеренная одышка.

При декомпрессионном заболевании средней тяжести пострадавшие предъявляют жалобы на сильные суставные, костные и мышечные боли, чувство стеснения и боли в груди, одышку, неприятные ощущения в области сердца, головокружение, резкую слабость и др. Для этой формы заболевания наряду с клинически четкими и интенсивными местными нарушениями отмечаются достаточно выраженные сдвиги в общем состоянии пострадавшего. Суставные, костные и мышечные боли возникают обычно внезапно и усиливаются при движениях в суставах. Функция пораженного сустава заметно нарушается. Отмечается ослабление мышечной силы. К характерным признакам в клинике декомпрессионной болезни средней тяжести относится появление отчетливых признаков нарушения деятельности сердечно-сосудистой системы, проходящих по типу правожелудочковой недостаточности. У больного выражен цианоз кожи и видимых слизистых оболочек, отмечается частый пульс, нередко аритмичный. Перкуторно определяется расширение границ сердца вправо, тоны сердца приглушены. Появляется кашель с выделением мокроты, нередко с прожилками крови, частое поверхностное дыхание. В легких прослушиваются ослабленное дыхание и влажные крепитирующие хрипы.

К заболеваниям средней тяжести относятся также случаи, при которых определяется поражение органов брюшной полости. Пострадавшие предъявляют жалобы на боли в эпигастральной области и в правом подреберье, тошноту, рвоту, метеоризм, жидкий стул. При осмотре могут обнаруживаться симптомы раздражения брюшины. При тяжелой форме декомпрессионной болезни определяются весьма выраженные нарушения деятельности кардиореспираторной системы и поражения функции центральной нервной системы.

Тяжелое состояние больного определяется в основном циркуляторными нарушениями. При осмотре больного отмечаются резкая адинамия, бледность кожных покровов, холодный и липкий пот. Сознание может быть сохранено или помрачено. Больной апатичен, с трудом отвечает на вопросы, пульс частый, слабый и аритмичный. Границы сердца расширены вправо, тоны сердца глухие. Артериальное давление понижено. Дыхание частое, поверхностное, иногда типа Чейна - Стокса. Кашель сопровождается кровохарканьем. В случае значительного пересыщения тканей организма и массивного газообразования в крови (например, при выбрасывании водолаза с грунта на поверхность) быстро развивается блокада кровообращения, которая при отсутствии лечебной рекомпрессии может привести к смерти через несколько минут.

При тяжелой форме декомпрессионной болезни довольно часто наблюдается поражение спинного мозга, сопровождающееся вначале резкой адинамией, чувством онемения, а затем развитием парезов и параличей, чаще всего нижних конечностей. У пострадавших обнаруживаются понижение тонуса мышц, значительное угнетение или утрата рефлексов. В итоге развиваются параличи или параплегии вялого или спастического типа. Значительно реже наблюдаются параличи верхних конечностей. Кроме нарушений в двигательной сфере обычно отмечаются грубые расстройства чувствительности (болевой и

температурной). Поражения спинного мозга нередко сопровождаются нарушением функций органов таза - расстройствами мочеиспускания и дефекации. При отсутствии своевременного радикального лечения симптомы поражения спинного мозга нарастают очень быстро. Поражения головного мозга благодаря хорошему кровоснабжению встречаются нечасто. Различная локализация аэроэмболов в головном мозгу, мозговых оболочках и ликворных путях приводит к разнообразию симптоматики поражений.

После короткого латентного периода у больного развиваются сильная общая слабость, головная боль, головокружение, тошнота и рвота. Возможны различные степени нарушения сознания. Могут быть очаговые поражения головного мозга, сопровождающиеся появлением парестезии, ослаблением мышечной силы, затруднениями речи, расстройствами походки, тремором головы и конечностей. В случае поражения стволового отдела мозга у больных могут возникать нарушения черепно-мозговой иннервации, проявляющиеся в асимметрии лица, косоглазии, снижении или полной двусторонней потере слуха и зрения, девиации языка.

Нарушения мозгового кровообращения могут приводить к психозам, которые выражаются в психомоторном возбуждении или подавленности, нарушении критической оценки действительности. Массивная аэроэмболия головного мозга может привести к резким вегетативным реакциям, судорогам, коматозному состоянию и коллапсу. Возможно быстрое наступление смерти от паралича дыхательного центра и остановки сердечной деятельности. Иногда тяжелая форма декомпрессионного заболевания проявляется в виде синдрома Меньера. Причиной этой формы болезни являются газовые пузырьки, образующиеся в эндолимфе внутреннего уха и в сосудах лабиринта. Как правило, заболевание развивается остро и начинается с сильной головной боли, тошноты и рвоты. Затем появляются резкая общая слабость и головокружение, шум в голове, звон в ушах, ослабление или потеря слуха. У пострадавшего создается впечатление, что все окружающие предметы вращаются с большой скоростью вокруг него или он сам вращается вокруг них.

Вследствие раздражения пузырьками вестибулярного аппарата нарушается тонус мышц, сохраняющих осанку и равновесие тела. Походка больного изменяется, при движении он постоянно отклоняется в сторону пораженного уха. В очень тяжелых случаях больной не в состоянии удержаться в вертикальном положении и падает. При осмотре определяются горизонтальный нистагм глаз и выраженные вегетативные реакции (резкая бледность, сильное потоотделение, замедление пульса, нарушение дыхания).

Осложнения декомпрессионной болезни обычно возникают в результате поздно начатой или неправильно проведенной лечебной рекомпрессии. При тяжелых формах декомпрессионной болезни частыми осложнениями являются парезы и параличи конечностей, стойкие расстройства кожной чувствительности, атрофии отдельных мышечных групп, а также нарушения актов мочеиспускания и дефекации. В результате травматического действия внесосудистых газовых пузырьков и аэроэмболии кровеносных сосудов наступают органические поражения участков тканей головного мозга и гибель нервных клеток в очагах ишемии. Во внутренних органах могут возникнуть некротические очаги, абсцессы, инфаркты и другие тяжелые поражения. Недолеченные легкие формы заболевания могут привести к асептическим некрозам костей, ограничению функций суставов и развитию неспецифических артрозов. Декомпрессионные заболевания средней и тяжелой степеней могут иметь серьезные последствия: инфаркты миокарда и легкого, кардиосклероз, пневмонии, абсцессы и ателектазы легких, плеврит и др.

При дифференциальном диагнозе декомпрессионную болезнь следует отличать от других водолазных заболеваний, имеющих сходные признаки: потерю сознания (при баротравме легких, кислородном голодании, отравлении кислородом и диоксидом углерода), парезы и параличи (при баротравме легких). При этом следует также учитывать тип водолазного снаряжения, конкретные условия спуска (глубину погружения, экспозицию на грунте, тяжесть выполняемой работы, нарушение режима декомпрессии) и динамику развития заболевания. С целью повышения объективности диагностики целесообразно использовать ультразвуковую аппаратуру для определения степени декомпрессионного газообразования в организме.

Декомпрессионная болезнь, как правило, не возникает при спусках на глубины менее 12 м. Для нее характерно постепенное развитие симптомов (ухудшение общего состояния, нарастание болей в суставах, мышечных группах и связках, ухудшение функций сердечно- сосудистой системы, развитие парезов и параличей), а для других водолазных заболеваний характерно внезапное начало с быстрым развитием симптомов.

2. Синдром изобарической противодиффузии индифферентных газов

Под синдромом изобарической противодиффузии индифферентных газов понимают патологическое состояние организма, возникающее вследствие образования в организме пузырьков газа при встречной диффузии через ткани двух индифферентных газов, обладающих различными диффузионными свойствами и растворимостью в тканях.

В отличие от декомпрессионной болезни газовые пузырьки образуются в результате пересыщения организма не в ходе декомпрессии, а при неизменном давлении.

По характеру проявления различают встречную диффузию в поверхностных тканях и встречную диффузию в глубоких тканях организма. Изобарическая противодиффузия индифферентных газов проявляется в поверхностных и глубоких тканях.

Начальные проявления поверхностной противодиффузии газов выражаются кожным зудом на открытых участках кожи (шея, лицо, ушные раковины, грудь), который постепенно нарастает и в итоге становится нестерпимым. Начало появления зуда может не сопровождаться видимыми изменениями кожных покровов, но по истечении некоторого времени в местах его локализации появляются гиперемия и возвышающиеся над поверхностью кожные высыпания белого цвета диаметром 0,3 - 0,5 мм, которые постепенно сливаются, образуя обширные конгломераты плотной консистенции диаметром до 50 - 80 мм. Указанные конгломераты возникают в клетчатке кожи, постепенно нарастают и, растягивая ее поверхностные слои, приближаются к поверхности. После перехода на дыхание из газовой среды барокамеры, в которой отсутствует азот, кожный зуд и отечность, некоторое время остаются без изменений, а затем постепенно проходят и через 40 - 60 мин. полностью исчезают.

Однако при этом появляется мигрирующий зуд по всему телу с преимущественной локализацией на внутренних поверхностях верхних и нижних конечностей. Этот зуд может появиться через 10 - 25 мин. после перехода на дыхание из газовой среды барокамеры, оставаться на неизменном уровне в течение 1,0 - 1,5 ч, а затем постепенно уменьшаться и через 4 - 5 ч полностью исчезнуть. Мигрирующий зуд быстро проходит при повышении давления в барокамере. При дыхании КАС в условиях полного насыщения организма гелием проявления симптомов изобарической противодиффузии индифферентных газов могут возникать при давлении в барокамере не менее 5 - 6 кгс/кв. см. Скорость пересыщения тканей организма индифферентными газами при сменной подаче определяется не только прямым их градиентом между содержанием в тканях и во вдыхаемой газовой смеси, но и содержанием его в окружающей газовой среде. Появление мигрирующего зуда после перехода на дыхание из газовой среды барокамеры можно объяснить наличием газовых пузырьков, образующихся в капиллярной сети за счет обратной миграции азота из тканей, насыщенных им, в капилляры, содержащие только гелий.

Помимо кожных явлений встречная диффузия индифферентных газов через покровные ткани может вызвать расстройство зрения, вестибулярные нарушения в виде головокружения, тошноты, изменения в координации движений и другие симптомы, связанные с газовой эмболией. В основе механизма вестибулярных расстройств лежит изобарическая противодиффузия индифферентных газов через круглое окно между средним и внутренним ухом, в результате чего газовые пузырьки образуются в эндолимфе внутреннего уха. Время возникновения этих симптомов составляет 15 - 20 мин. от начала дыхания газовой смесью с тяжелым индифферентным газом.

Следует иметь в виду, что возникшее пересыщение глубоких тканей организма в условиях изопрессии, даже если оно по своей абсолютной величине недостаточно для появления в организме газовых пузырьков, создает повышенную опасность газообразования при снижении давления и должно учитываться при разработке режимов декомпрессии.

3. Баротравма легких

Под баротравмой легких понимается комплекс патологических явлений, возникающих в результате разрыва или перерастяжения легочной ткани вследствие резкого повышения или понижения внутрилегочного давления. При этом у водолаза могут возникнуть явления плевропульмонального шока и происходит проникновение воздуха в кровеносное русло с последующей эмболизацией сосудов жизненно важных органов.

Баротравма легких обычно возникает внезапно и требует немедленного проведения специфического лечения. Без проведения лечебной рекомпрессии пострадавший, не выходя из бессознательного состояния, может погибнуть от тяжелых сердечно-сосудистых расстройств и нарушений функции дыхания.

Симптомы баротравмы легких чрезвычайно разнообразны. Они зависят от степени повреждения легочной ткани, наличия воздуха в плевральной полости и кровеносных сосудах, а также от величины, количества и локализация газовых пузырьков. Частота возникновения симптомов в порядке их убывания: потеря сознания, кровохаркание, боли в области груди и шеи, одышка, цианоз кожных покровов и слизистых оболочек, нарушение сердечного ритма, отсутствие пульса и дыхания, эмфизема средостения и подкожной клетчатки, параличи, судороги, головная боль и рвота.

Клинически выделяют три формы баротравмы легких: баротравматическую эмфизему, баротравматический пневмоторакс и баротравматическую газовую эмболию.

Баротравматическая эмфизема может проявиться в следующих разновидностях: интерстициальная, подкожная и медиастинальная. Для баротравматической интерстициальной эмфиземы характерно ограниченное повреждение легочной ткани с нерезко выраженными симптомами. Самочувствие и общее состояние пострадавших в большинстве случаев вначале остаются вполне удовлетворительными. Поэтому они, как правило, не сразу обращаются за помощью. Пострадавшие предъявляют жалобы на легкие боли в груди, усиливающиеся при вдохе, головокружение, небольшую слабость. Кашель бывает не всегда. Дыхание ослаблено, подвижность грудной клетки ограничена из-за болей, могут выслушиваться влажные хрипы разного калибра на отдельных участках легких. Пульс обычно учащен, артериальное давление несколько понижено. Диагноз заболевания основывается на тщательном анамнезе и учете допущенных ошибок при использовании снаряжения.

Подкожная и медиастинальная разновидности баротравматической эмфиземы обычно сочетаются. Они характеризуются наличием газа в соединительнотканых образованиях средостения, под кожей груди, яремной и подключичной ямок, шеи и лица. Воздух в эти области проникает по претрахеальной клетчатке в результате нарушения целостности легких в области корня. Состояние пострадавшего зависит от количества воздуха, скопившегося в медиастинальной области и под кожей. При небольшом скоплении воздуха в средостении самочувствие пострадавшего остается вначале удовлетворительным, но по мере накопления газа его самочувствие прогрессивно ухудшается.

Отмечаются боли и неприятные ощущения за грудиной, затрудненное дыхание, неустойчивый пульс. При значительном скоплении газа в средостении состояние больного резко ухудшается, так как при этом происходит смещение органов средостения, сдавливание крупных вен и раздражение перикарда. Наличие газа в подкожной клетчатке определяется по характерной крепитации, измененной форме шеи и черт лица и свидетельствует о значительном количестве свободного газа в организме. Перкуторное и рентгенологическое обследования подтверждают наличие у таких больных свободного газа в средостении и под кожей шеи. Баротравматическая эмфизема легких может осложняться газовой эмболией, в результате чего развиваются характерные симптомы газовой эмболии. Состояние больного прогрессивно ухудшается, нарастает слабость, усиливаются боли в груди, появляются одышка, приступообразный кашель с выделением мокроты с прожилками крови.

Пульс частый, нитевидный, тоны сердца глухие, артериальное давление понижено. Могут отмечаться очаговые поражения центральной нервной системы.

Баротравматический пневмоторакс наступает у пострадавшего в результате нарушения целостности плевры и поступления воздуха в плевральную полость. В результате пневмоторакса у пострадавшего развиваются расстройства деятельности систем дыхания и кровообращения, появляются резкая одышка и холодный липкий пот. При осмотре грудной клетки больная сторона расширена, межреберные промежутки сглажены, голосовое дрожание ослаблено. При перкуссии определяется легочный звук с тимпаническим оттенком, при аускультации - резко ослабленное дыхание с наличием в легких мелкопузырчатых хрипов. Особенно тяжело протекает заболевание в случае возникновения клапанного пневмоторакса. Он характеризуется резкой болью в груди, сильной одышкой, упадком сердечной деятельности и развитием плевропульмонального шока. Пострадавший адинамичен, лицо бледное или синюшное, дыхание частое и поверхностное. Дыхательные шумы на пораженной стороне отсутствуют.

Сердечная тупость смещена в здоровую сторону. При поступлении газа в брюшную полость появляется баротравматический пневмоперитонит с клиническими признаками асептического перитонита. Баротравматическая газовая эмболия развивается в результате попадания воздуха в кровь через поврежденные сосуды легких. При этой форме баротравмы пострадавшие находятся в тяжелом состоянии, сознание у них затемнено или полностью отсутствует. Пострадавшие, находящиеся в сознании, предъявляют жалобы на боли в груди, слабость, одышку, головокружение. При осмотре отмечаются частое поверхностное дыхание, мучительный кашель с выделением кровянистой мокроты, цианоз кожи лица и конечностей, адинамия, ограниченная подвижность грудной клетки, частый пульс слабого наполнения и напряжения, пониженное артериальное давление. При аускультации легких определяется жесткое дыхание с обильными крепитирующими звуками. Прослушиваются глухие тоны сердца и шум на верхушке.

Наряду с этим могут отмечаться явления энцефалопатии (парестезии, неравномерность рефлексов, понижение тонуса мышц и нарушение координации движений), изменения со стороны зрительного анализатора, судороги эпилептиформного характера, развитие парезов и параличей. Встречается смешанная форма баротравмы легких, при которой сочетаются симптомы баротравматической эмфиземы, газовой эмболии и пневмоторакса.

При дифференциальной диагностике баротравмы легких с другими заболеваниями (декомпрессионная болезнь, барогипертензионный синдром, отравление кислородом, обжим водолаза, отравление диоксидом углерода, кислородное голодание), имеющими сходные симптомы, необходимо учитывать условия спуска, динамику развития симптомов, техническое состояние применявшегося водолазного снаряжения и характерные признаки сопоставляемых заболеваний.

При осмотре дыхательного аппарата пострадавшего, получившего баротравму легких, могут быть выявлены следующие неисправности: отсутствует воздух в баллонах, закрыт вентиль воздушного баллона, неисправен дыхательный автомат или редуктор.

Наиболее характерными симптомами баротравмы легких являются быстрая потеря сознания вскоре после подъема на поверхность, кашель с выделением пенистой кровянистой мокроты, боли в груди, усиливающиеся при вдохе, частое поверхностное дыхание, резкая бледность или синюшность кожных покровов, подкожная эмфизема, частый пульс, низкое артериальное давление и прогрессирующее ухудшение состояния пострадавшего. Для кислородного голодания, отравления кислородом или диоксидом углерода эти симптомы не характерны, а общее состояние после извлечения из воды постепенно улучшается или длительный период времени остается без выраженных изменений. Декомпрессионная болезнь, как правило, возникает при спусках водолазов на глубины более 12 м, в то время как баротравма легких часто встречается при спусках на малые глубины (при всплытии с 10 до 0 м и с 50 до 20 м происходит одинаковый двукратный перепад давления).

4. Барогипертензионный синдром

Барогипертензионный синдром - патологическое состояние, для которого характерно чрезмерное повышение венозного давления в грудной полости и внутричерепного давления вследствие дыхания человека при избыточном давлении в воздухоносных путях. Появление заболевания за счет механических, аэродинамических и гидростатических факторов возможно при использовании различных образцов водолазного снаряжения или при выравнивании давления в полости среднего уха и придаточных пазухах носа с окружающим давлением.

Барогипертензия проявляется в двух клинических формах: легкой (сосудистой) и тяжелой (церебральной) гипертензии. Сосудистая барогипертензия характеризуется легкой головной болью, чувством першения в горле, появлением темно-красной крови в выделениях из верхних дыхательных путей. На задней стенке глотки и полости носа наблюдаются усиленный рисунок расширенных вен, кровоизлияния под слизистую оболочку, необильное кровотечение и свежие сгустки крови темного цвета. Общее состояние пострадавшего остается, как правило, вполне удовлетворительным. Через 2 - 4 ч после выхода из-под давления или выключения из аппарата могут появиться петехиальные высыпания на коже шеи и груди, сопровождающиеся легким зудом.

Церебральная форма барогипертензии в водолазной практике встречается относительно редко и проявляется в трех стадиях. Начальная стадия представляет собой первую реакцию организма на повышение давления в легких. Она проявляется в затрудненном дыхании, появлении чувства расширения и неприятного ощущения в груди. Дыхание становится редким, поверхностным и аритмичным. Может наступить рефлекторная задержка дыхания. Стадия относительной компенсации церебральной гипертензии характеризуется развитием приспособительных реакций организма на действие повышенного давления в легких. Дыхание постепенно становится ритмичным и глубоким, увеличиваются его минутный объем и легочная вентиляция, при этом ощущается повышенное сопротивление выдоху, пульс учащается, несколько повышается артериальное давление. При дальнейшем дыхании с наличием повышенного сопротивления появляются слабость, шум в голове, чувство жара и одышка, усиливающаяся при физических нагрузках. Постепенно нарастают явления венозного застоя и недостаточности сердечной деятельности.

В стадии декомпенсации в лобных и затылочных областях появляются мучительные головные боли, усиливающиеся при кашле и чихании. Пострадавшие предъявляют жалобы на тошноту, иногда рвоту, одышку, неприятные опущения в области сердца. Лицо бледного цвета, слизистые синюшны. Отчетливо отмечается психическая подавленность. Пострадавшие заторможены, апатичны, с трудом понимают обращаемые к ним вопросы, говорят медленно и невнятно. Отмечается ухудшение памяти и внимания. Могут наблюдаться менингеальные явления и судорожные приступы эпилептиформного характера. Снижается острота зрения, уменьшаются поля зрения. При офтальмоскопии обнаруживается застойный сосок зрительного нерва. При кровоизлияниях в мозг могут возникать очаговые симптомы поражения головного мозга.

Течение церебральной барогипертензии может быть достаточно бурным, с быстрым нарастанием симптомов сдавления головного мозга и декомпенсации сердечной деятельности. Таких пострадавших следует рассматривать как тяжелобольных. При дифференциальной диагностике барогипертензии следует иметь в виду прежде всего баротравму легких. Отсутствие крови в мокроте легких позволяет исключить баротравму легких при возникновении сосудистой барогипертензии. Следует также учитывать характерные признаки баротравмы легких, такие как очень острое начало заболевания на фоне нормального состояния, наличие признаков поступления газа в сосудистую систему, средостение и другие участки тела, неуклонное прогрессирование симптомов после выключения из аппарата.

5. Обжатие грудной клетки

Обжатие грудной клетки - это патологические состояние, появляющееся вследствие уменьшения объема газа в легких менее остаточного объема и присасывающего эффекта грудной полости под воздействием гидростатического давления, которое чаще возникает при нырянии на глубину без использования дыхательного аппарата и характеризуется переполнением кровью сосудов малого круга кровообращения.

Проявления обжатия легких зависят от степени уменьшения объема газа в легких и сжатия грудной клетки. Различают легкую и тяжелую степени заболевания. При легкой степени появляются общая слабость, небольшая одышка, чувство стеснения в груди и незначительные боли, следы крови в мокроте. При объективном обследовании может определяться напряженный пульс, несколько повышенное артериальное давление, рассеянные хрипы в легких. При тяжелой степени заболевания эти признаки становятся более отчетливыми. Отмечаются бледность или синюшность кожных покровов, резкая одышка, клокочущее дыхание, заметная примесь крови в мокроте. В легких выслушиваются обильные разнокалиберные влажные хрипы, может определяться укорочение перкуторного звука в легких, особенно в нижних отделах. При газовой эмболии возникают симптомы, характерные для баротравмы легких. Дифференциальная диагностика обжатия грудной клетки от баротравмы легких, барогипертензионного синдрома и обжима водолаза основывается на правильно собранном анамнезе, направленном на выяснение непосредственных причин и обстоятельств возникновения патологии, а также на клинических проявлениях и тяжести симптомов.

6. Обжим водолаза

Под обжимом водолаза понимается патологическое состояние, возникающее в результате уменьшения объема воздушной подушки в водолазной рубахе или в других случаях неравенства давлений с обеих сторон жестких узлов водолазного снаряжения или оборудования, соприкасающихся с частями тела водолаза. В водолазной практике обжим может произойти при спуске в любом виде водолазного снаряжения и в барокамере. В легких случаях общего обжима у пострадавших появляются затрудненный вдох, прилив крови к голове, шум в ушах, мелькание перед глазами, легкое головокружение. У пострадавшего отмечаются нарушение деятельности кардиореспираторной системы, кровоснабжения мозга, ухудшение самочувствия и снижение работоспособности.

В тяжелых случаях обжима у пострадавшего наступает переполнение кровеносных сосудов головы и шеи, повышение венозного и артериального давления, множественные кровоизлияния в ткани, кровотечения из верхних дыхательных путей, носа и ушей. При осмотре пострадавшего отмечаются большая отечность и багрово-синюшный цвет лица. Определяются недостаточность и перенапряжение правого желудочка сердца, аритмия пульса, картина ЭКГ, напоминающая инфаркт. Следствиями обжима могут быть отек легких и мозга, а также шок.

В случае большой разницы между давлением внутри шлема и наружным давлением, возникающим при падении на грунт водолаза в вентилируемом снаряжении без подачи воздуха, происходит вдавливание внешним давлением верхней части тела в полость шлема, в результате чего могут возникать переломы шейного отдела позвоночника, ключиц, костей черепа, деформация грудной клетки, разрывы спинного мозга, значительное увеличение объема головы. Подобные травматические повреждения приводят к смертельному исходу. Летальный исход вследствие переломов ребер и позвоночника, а также разрывов внутренних органов возможен также при общем обжиме водолаза в случае втягивания тела водолаза в медицинский шлюз барокамеры. Местный обжим характеризуется болями в области глаз, кровоизлияниями в оболочки глазных яблок, локальной гиперемией и отечностью лица. Иногда отмечаются кровотечения из носа и верхних дыхательных путей.

7. Баротравма уха и придаточных пазух носа

Под баротравмой уха понимается перерастяжение или разрыв барабанной перепонки вследствие разности давления газовой смеси на нее со стороны наружного слухового прохода и изнутри барабанной полости. Баротравма придаточных пазух носа возникает при повреждении слизистой оболочки каналов гайморовой и лобной пазух, а также ячеек решетчатой кости вследствие разности давления со стороны входного отверстия канала и изнутри полости. Баротравма уха и придаточных пазух носа может возникать как в процессе погружения (при повышении окружающего давления), так и при подъеме с глубины на поверхность (при снижении окружающего давления).

В клинической картине выделяют три степени тяжести баротравмы среднего уха: легкую, среднюю и тяжелую. При легкой степени заболевания у пострадавшего появляются заложенность в ушах, неприятные ощущения "надавливания" на барабанную перепонку, потеря остроты слуха. Баротравма уха средней степени тяжести характеризуется острой, иногда сильной болью в ухе, которая может иррадиировать в височную область или в околоушную железу. У пострадавшего резко снижаются звукопроведение и звуковосприятие, появляется посторонний шум в ушах.

При тяжелой форме баротравмы уха наступает разрыв барабанной перепонки, давление внутри полости среднего уха выравнивается с окружающим, после чего острая боль стихает и появляется ощущение тепла в пораженном ухе вследствие наступившего кровоизлияния. В наружном слуховом проходе обнаруживается небольшое количество крови.

Отоскопически различают 4 степени баротравмы уха:

I степень - втянутость барабанной перепонки, гиперемия по ее периферии и вдоль рукоятки молоточка;

II степень - разлитая гиперемия барабанной перепонки;

III степень - наличие выпота или крови в барабанной полости, мелкоочаговые кровоизлияния в барабанной перепонке;

IV степень - перфорация барабанной перепонки с кровотечением из наружного слухового прохода, иногда бывает отрыв барабанной перепонки от места ее прикрепления, чаще в передненижнем отделе.

Баротравма внутреннего уха характеризуется развитием меньероподобного синдрома, наступающего вследствие раздражения лабиринтного аппарата. Появляются сильное головокружение, тошнота и рвота, шум в ушах и нарушение равновесия. Наблюдаются также ухудшение слуха, выраженные вегетативные реакции (сильное потоотделение, побледнение кожных покровов и др.), нистагм глазных яблок. Дифференциальная диагностика меньероподобного синдрома при баротравме уха от подобного синдрома при декомпрессионной болезни проводится исходя из условий спуска (при баротравме уха он возникает при компрессии и чаще на малых глубинах, а при декомпрессионной болезни - в процессе декомпрессии).

Баротравма лобной, гайморовой пазух и ячеек решетчатой кости сопровождается сильными локальными болями. Боли из области надбровий могут иррадиировать в височные и лобные области. При нарушении проходимости канала гайморовой пазухи иногда возникают сильные зубные боли на соответствующей стороне верхней челюсти.

8. Травма подводной взрывной волной

Травма подводной взрывной волной - это патологическое состояние, возникшее вследствие воздействия на водолаза подводного взрыва. Клиническая картина травмы подводной взрывной волной зависит от степени ее тяжести. При легкой степени поражения взрывной волной пострадавшие предъявляют жалобы на общую оглушенность, головную боль, шум, звон и боль в ушах. У пострадавших определяются понижение остроты слуха, носовое кровотечение. В тяжелых случаях повреждения происходят травмы органов головного мозга, грудной клетки, брюшной полости и переломы костей.

При повреждениях легких отмечаются боли в груди, частое поверхностное дыхание с резко затрудненным выдохом, кашель с пенистой кровянистой мокротой, частый слабый пульс, падение артериального давления. Возможна остановка дыхания продолжительностью от нескольких секунд до минуты в результате раздражения блуждающего нерва. При повреждении кишечника имеются сильные боли в животе, тошнота, бледность кожных покровов, сухость языка, частый пульс, низкое артериальное давление, напряжение брюшной стенки, болезненность при прощупывании живота, вздутие тонкого кишечника и отсутствие его перистальтики.

При переломах костей конечностей, позвоночника и таза отмечаются характерный болевой синдром, деформации и кровоизлияния в области поражения. Возможно развитие травматического шока и парезов или параличей. В очень тяжелых случаях дыхание не восстанавливается и наступает смерть от удушья. При этом нарушения деятельности сердечно-сосудистой и центральной нервной систем носят вторичный характер и обусловлены повреждением легких и газовой эмболией. Циркуляторные нарушения проявляются брадикардией вплоть до временной остановки сердца. Расстройства центральной нервной системы проявляются головной болью, заторможенностью, нарушением деятельности анализаторов. Они вызываются расстройством кровообращения и эмболией мозговых сосудов. Гибель пострадавшего может быть следствием остановки дыхания, но в большинстве случаев является результатом циркуляторных нарушений, артериальной газовой эмболии или развившейся как осложнение бронхопневмонии.

9. Наркотическое действие индифферентных газов (азотный наркоз)

Под наркотическим действием индифферентных газов понимается патологическая реакция организма на воздействие повышенных парциальных давлений индифферентных газов (азота, аргона, водорода и неона) в газовой среде или дыхательной газовой смеси, характеризующаяся изменением функций ЦНС. Наиболее изучено биологическое действие на организм азота при использовании для спусков под воду и в барокамере сжатого воздуха. Биологическое действие повышенных парциальных давлений индифферентных газов обычно квалифицируется как наркотическое, поскольку не происходит изменений не только химической структуры газов, но и химической структуры подвергающихся их действию тканей, а при снижении давления этот эффект является обратимым. С учетом особенностей некоторых патогенетических звеньев биологического действия индифферентных газов ряд исследователей определяет его как токсическое, что вряд ли целесообразно с точки зрения как науки, так и практики.

Выраженное наркотическое действие азота в водолазной практике встречается при использовании для дыхания сжатого воздуха на глубинах более 60 м или кислородно-азотно-гелиевых смесей с парциальным давлением азота более 5 кгс/кв. см. Первые клинические проявления азотного наркоза обнаруживаются при давлении воздуха около 4 кгс/кв. см (глубине спуска 40 м) и выражаются в появлении у человека состояния, сходного с легким алкогольным опьянением (приподнятое настроение, беспричинная веселость, излишняя болтливость, неуверенность в движениях и т.д.). При психологических исследованиях уже при 2 кгс/кв. см несколько уменьшается скрытый период реакции на световой и звуковой сигналы, а при 4 кгс/кв. см незначительно уменьшается время простоя сенсомоторной реакции. Электроэнцефалограмма до 2 кгс/кв. см не изменяется, а до 4 кгс/кв. см изменяется незначительно. На электромиограмме при 4 кгс/кв. см отмечается увеличение амплитуды мышечных потенциалов и длительности реакций.

При окружающем давлении воздуха 6 кгс/кв. см эти явления становятся более отчетливыми, но большинство водолазов еще продолжают сохранять общее хорошее самочувствие и почти нормальную работоспособность. При давлениях воздуха порядка 8 кгс/кв. см чувство опьянения становится весьма сильным: появляется отчетливое нарушение координации движений (движения становятся неточными, неуверенными). Нарушается общая ориентировка, снижается сообразительность и сознательный контроль за своими действиями. Некоторые водолазы при этом давлении воздуха под водой становятся практически неработоспособными - неточно выполняют задания, а иногда и вовсе не осознают, что они делают. В ряде случаев водолаз перестает правильно выполнять действия по использованию водолазного снаряжения, в результате чего с ним может произойти авария (запутывание, выбрасывание на поверхность и т.п.).

При давлении воздуха 10 кгс/кв. см наркотическое действие азота становится настолько сильным, что большинство водолазов не в состоянии выполнять целенаправленную работу под водой. Как правило, у нетренированных к воздействию повышенного давления азота людей на глубине 100 м развивается глубокое расстройство координации движений, полностью нарушается ориентировка по месту и времени, утрачивается сообразительность, появляются зрительные и слуховые галлюцинации.

При давлении воздуха более 10 кгс/кв. см азотный наркоз проявляется потерей сознания и глубоким сном. По мере повышения давления воздуха от 6 до 10 кгс/кв. см отмечается прогрессивное ухудшение показателей кратковременной, долговременной и оперативной памяти, умственной работоспособности и координации движений. На ЭЭГ при увеличении давления от 4 до 8 кгс/кв. см отмечается снижение индекса и амплитуды альфа-волн с постепенным замещением их бета-колебаниями, а при давлении 10 кгс/кв. см наступают депрессия основного ритма ЭЭГ и замещение его низкоамплитудными медленными колебаниями.

При декомпрессии явления наркотического действия азота быстро уменьшаются и полностью проходят без остаточных явлений при отсутствии каких-либо лечебных мероприятий. Наркотическое действие азота не требует специального лечения, так как оно не представляет опасности для здоровья человека ни в период его проявления, ни в более отдаленные сроки. Опасность для водолаза представляют аварийные действия, которые он может совершать, находясь в наркотическом состоянии.

10. Нервный синдром высоких давлений

Под нервным синдромом высоких давлений (НСВД) понимается изменение функционального состояния центральной нервной системы, являющееся патологической реакцией на воздействие комплекса экстремальных факторов глубоководного водолазного спуска, из которых ведущими являются высокое парциальное давление гелия и его механическое давление. Основные симптомы НСВД - постуральный и интенционный тремор с частотой около 1 - 10 Гц, наблюдаемый в покое, снижение самоконтроля и внимания, короткие периоды сонливости (микросон), уменьшение общей активности ЭЭГ с наиболее выраженным увеличением сигма- и тета-частот и уменьшением альфа- и бета-частот. Проявления НСВД препятствуют эффективной работе водолазов на больших глубинах.

Клиника НСВД характеризуется двигательными и в меньшей степени психическими нарушениями, и изменениями электрической активности головного мозга. Можно различить 4 стадии НСВД. Самым ранним проявлением первой стадии НСВД является тремор, возникающий со стороны верхних, реже нижних конечностей при давлении КГС (КГСр) около 200 м вод. ст. Различают тремор покоя, а также тремор, связанный с мышечной деятельностью и обнаруживаемый при активном сохранении положения тела (постуральный тремор) или произвольных движений (интенционное дрожание). Тремор при НСВД имеет максимальную амплитуду в диапазоне частот 6 - 10 Гц. Вторая стадия НСВД возникает при быстрой компрессии при давлении КГС (КГСр) от 200 до 300 м вод. ст. Для этой стадии характерно помимо тремора появление у людей миоклонии (неритмичных, непроизвольных движений), проявляющихся в виде короткого вздрагивания мышц или пучков волокон. С увеличением давления миоклоний усиливаются.

Психические изменения проявляются сонливостью, возникающей при давлениях 300 - 350 м вод. ст. При давлении 360 м вод. ст. наблюдается постоянная сонливость, особенно мучительная по утрам. Могут наступать потери сознания (микросон) и более продолжительные периоды (до 60 мин.) потери памяти. Умственная работоспособность снижена. Возникают головокружение и тошнота. При давлении 430 м вод. ст. и более наряду с сонливостью появляются затруднения засыпания и частые пробуждения. Во сне наблюдаются нарушения дыхания.

Начальные изменения ЭЭГ регистрируются при давлении 130 - 150 м вод. ст. и постепенно усиливаются. Они характеризуются появлением дельта-волн (2 - 4 Гц) и тета-волн (4 - 7 Гц) при угнетении альфа- и бета-волн (8 - 30 Гц). Увеличение дельта - и тета-активности связано со скоростью компрессии. С увеличением давления нарастает подавление быстрых волн. Третья стадия НСВД характеризуется появлением судорог (установлена только в экспериментах на животных). При дальнейшем увеличении давления КГС (КГСр) стадия судорог сменяется четвертой стадией, характеризующейся угнетением двигательной активности, двигательным параличом и наступлением смерти.

Порог первой и второй стадий НСВД до определенных величин давления можно увеличить путем применения медленной компрессии с остановками на промежуточных глубинах для адаптации организма, добавлением в газовую среду примеси азота или водорода в донаркотических парциальных давлениях, а также использованием средств фармакологической профилактики.

11. Отравление кислородом

Отравление кислородом представляет собой патологическое состояние организма, развивающееся в результате воздействия на него повышенного парциального давления кислорода и проявляющееся в нарушении функций центральной нервной системы, эндокринной, дыхательной и сердечно-сосудистой систем. Отравление кислородом может проявляться в судорожной, легочной или сосудистой форме. Судорожная форма отравления кислородом протекает в трех последовательных стадиях:

- стадия предвестников (предсудорожная);

- стадия судорог;

- стадия терминального состояния.

Стадия предвестников является наименее стабильным периодом в развитии судорожной формы отравления кислородом. Характерным для предсудорожной стадии является понижение чувствительности и онемение кончиков пальцев рук и ног, а иногда верхней губы и других участков тела. Отмечается подергивание мышц губ, век и шеи. По мере усиления токсического действия кислорода появляются звон в ушах, тяжесть в голове. Определяются сужение полей зрения ("туннель зрения"), учащение пульса и дыхания, повышение артериального давления. Непосредственно перед судорожным приступом можно заметить бледность лица, наличие холодного пота и непроизвольных сокращений отдельных мышц мимической мускулатуры. Стадия предвестников продолжается от нескольких минут до получаса и более. Длительность этого периода зависит от величины давления кислорода, индивидуальной чувствительности человека к гипероксии и его функционального состояния. Чем больше давление кислорода, тем короче эта стадия. На ЭЭГ отмечаются увеличение доли периодических составляющих, усиление изоритмичности, сужение спектра частот и повышение интенсивности низких частот.

Судорожная стадия характеризуется потерей сознания и внезапным наступлением судорог по типу классической эпилепсии. Судорожный припадок происходит на фоне синдрома судорожной готовности предыдущей стадии и сопровождается тахикардией, гипервентиляцией и другими признаками расстройств вегетативных систем организма. Судорожные подергивания обычно начинаются с активно функционирующих мышечных групп. Первый приступ судорог носит клонический характер и продолжается 1 - 2 мин. Затем наступает пауза, после которой появляется новый приступ судорог. При продолжающемся действии кислорода приступы судорог становятся более продолжительными, а промежутки покоя - более короткими. Клонические судороги переходят в тонические, и наступает опистотонус. Прекращение очередного судорожного припадка происходит так же внезапно, как и его начало. В межсудорожные периоды могут появиться частое и глубокое дыхание, обильное слюноотделение, рвотные движения и рвота, выпячивание глазных яблок, расширение или сужение зрачков, брадикардия, усиленная перистальтика кишечника, непроизвольные дефекация и мочеиспускание. Повторные судорожные припадки могут возникать как во время дыхания кислородом, так и в период декомпрессии, а иногда в течение первых часов или даже суток после перехода на дыхание воздухом под атмосферным давлением. Электрофизиологически судорожная стадия характеризуется глобальной генерализацией судорожной активности (пики, комплексы пик-волны и др.), охватывающей все отделы мозга. В основе этой генерализации лежит явление местной и дистанционной синхронизации биопотенциалов мозга.

Для третьей (терминальной) стадии судорожной формы кислородного отравления характерно ослабление судорожной реакции и появление расстройств дыхания в виде прогрессирующего замедления и удлинения вдоха вследствие спазма мускулатуры бронхов, после чего наступает остановка дыхания. Если в стадии кислородных судорог пострадавшего водолаза переключить на дыхание вместо кислорода воздухом или газовой смесью с низким парциальным давлением кислорода, то у него могут быть еще 1 - 2 приступа судорог, после чего он погружается в глубокий сон, который продолжается от 40 до 90 мин.

Отдельные исследователи выделяют еще одну, начальную (компенсаторную) стадию, которая предшествует стадии предвестников. Для начальной стадии характерно развитие многочисленных, главным образом приспособительных, реакций на кислород на всех уровнях. Вследствие этого в рамках начальной стадии поддерживается гомеостаз основных физиологических функций и сохраняется работоспособность организма. Электрофизиологические исследования в этот период показали волнообразный характер изменений биоэлектрической активности всех отделов мозга: периодическое уменьшение интенсивности низкочастотных и повышение высокочастотных составляющих, расширение частотного спектра и снижение связи между биопотенциалами различных структур мозга. Иногда поднятый на поверхность вследствие отравления кислородом водолаз находится в состоянии обморока или сильного нервного возбуждения. Он не может спокойно лежать или сидеть, стремится вырваться из рук людей, оказывающих ему помощь, вступает с ними в драку, а затем постепенно успокаивается и засыпает.

Следует заметить, что наличие в дыхательной газовой смеси повышенного содержания диоксида углерода, а также тяжелая работа, переохлаждение и перегревание приводят к сокращению сроков наступления судорожной формы отравления кислородом.

При легочной форме отравления кислородом начальные признаки характеризуются ощущением загрудинных болей, усиливающихся при глубоком дыхании, и появлением сухого кашля. Наряду с этим отмечаются спазм периферических сосудов и онемение кончиков пальцев рук и ног, носа. В дальнейшем постепенно развивается воспалительный процесс в легких. Он сопровождается явлениями гипоксии, которые возникают в результате отека легких и выключения их в той или иной степени из участия в нормальном цикле газообмена. Появляются также инфекционные осложнения первичного "асептического" поражения легких. При выраженном отеке легких переход пострадавшего в среду с нормальным парциальным давлением кислорода может привести к развитию острого кислородного голодания. Основной причиной гибели является развитие острой дыхательной недостаточности, которая обусловлена тяжелым отеком легких, приводящим к существенному снижению в них газообмена.

Острая форма поражения легких характеризуется последовательным развитием экссудативных, пролиферативных и фибринозных изменений. При первично-хронической форме патологический процесс с самого начала носит пролиферативный характер: легочные капилляры переполняются кровью, альвеолы и просвет бронхов заполняет геморрагический экссудат, определяется перерождение альвеолярного эпителия и альвеолярных мембран, отмечаются гипертрофия и гиперплазия легочного эпителия, утолщение и гиалинизация стенок кровеносных сосудов.

При длительном воздействии гипероксии наряду с экссудативными и пролиферативными изменениями могут развиться уплотнение и опеченение легочной ткани, а также инфекционное осложнение первичного асептического поражения участков легочной ткани - пневмония. Для сосудистой формы отравления кислородом характерно то, что при парциальном давлении кислорода 1,0 - 2,5 кгс/кв. см симптомы развиваются постепенно и проявляются в основном понижением кожной чувствительности и онемением кончиков пальцев. При давлении более 2,5 кгс/кв. см могут появиться мелькание в глазах, снижение остроты зрения и сужение полей зрения, головная боль, головокружение, звон в ушах, мелькание в глазах, затрудненное дыхание, общая слабость и резкое падение артериального давления, в результате чего может наступить потеря сознания. При объективном обследовании можно отметить побледнение или, напротив, гиперемию кожных покровов, кровоизлияния в кожу и слизистые. Возможны кровоизлияния во внутренние органы. При указанных величинах парциального давления кислорода и экспозиции 2,5 - 3 ч возможно также сочетание легочной и сосудистой форм отравления, проявляющихся в разной степени. При парциальном давлении 5 кгс/кв. см и более развивается молниеносное отравление, при котором без предвестников наступают внезапная потеря сознания и смерть.

12. Кислородное голодание

Под кислородным голоданием понимается патологическое состояние организма, наступающее вследствие низкого напряжения кислорода в клетках и тканях организма или отсутствия способности тканей потреблять кислород. Различают кислородное голодание как нозологическую форму и как патогенетическое следствие многих заболеваний, при которых кислородное голодание возникает вторично в отдельных органах или частях тела (местная гипоксия) или всем организме в целом (общая гипоксия). В водолазной практике причиной кислородного голодания у водолазов является пониженное парциальное давление кислорода во вдыхаемой газовой смеси (гипоксическая гипоксия) и очень редко - гемическая гипоксия в результате инактивации гемоглобина оксидом углерода.

В водолазной практике при снижении парциального давления кислорода ниже нормы возникает гипоксическая гипоксия, течение которой можно условно разделить на четыре последовательных стадии. При интенсивной физической нагрузке, переохлаждении и других факторах, способствующих повышенному потреблению кислорода, возможен более быстрый переход состояния организма в более тяжелую стадию. Для первой стадии гипоксии, проявляющейся при парциальном давлении кислорода во вдыхаемой смеси 140 - 90 мм рт. ст. (18,5 - 12 об., %), характерны ощущение тяжести в голове и во все теле, невозможность сосредоточить волевые усилия на выполнении умственной и физической работы, нарушение координации движений, особенно тонких двигательных актов, замедление темпа речи, снижение умственной работоспособности. В коре больших полушарий определяются нарушение всех видов внутреннего торможения, возрастание латентных периодов условно-рефлекторных реакций и растормаживание дифференцировок. На этой стадии организм в состоянии покоя достаточно легко справляется с гипоксией за счет ряда компенсаторных реакций. Со стороны сердечно-сосудистой системы определяется повышение артериального давления, увеличение частоты пульса на 6 - 30 ударов в минуту. Дыхание незначительно учащается, на 20 - 80% увеличивается минутный объем дыхания (МОД).

Вторая стадия гипоксии проявляется при парциальном давлении кислорода во вдыхаемой смеси 90 - 70 мм рт. ст. (12 - 9,2%). В этой стадии гипоксемии компенсаторные реакции организма становятся недостаточными, вследствие чего наступают нарушения функции центральной нервной системы и деятельности циркуляторной системы. Сознание у пострадавшего сохраняется, но исчезает способность к реальной оценке текущих событий, появляется стремление к выполнению намеченной цели без учета реальной обстановки и опасности. Появляется шаткая походка, резко снижается чувствительность, в силу чего пострадавший не замечает ушибов травматических повреждений кожных покровов. В центральной нервной системе преобладают процессы торможения, возникает предобморочное состояние, побледнение кожных покровов. МОД увеличивается в 2 раза и более, частота сердечных сокращений может превышать исходную на 40 % (до 120 сокращений в минуту в покое). Мышечные усилия быстро вызывают сердечную декомпенсацию.

Третья стадия гипоксии проявляется при парциальном давлении кислорода во вдыхаемой смеси 70 - 55 мм рт. ст. (9,2 - 7,2 %). Происходит резкое нарушение функций центральной нервной системы, появляется спутанность мышления, даже незначительное физическое усилие приводит к потере сознания, при этом наступает церебральная кома с "ригидными стеклянными глазами". Иногда возникают гипоксемические судороги, непроизвольные мочеиспускание и дефекация, периодическое дыхание: 3 - 6 дыхательных движений, за которыми следует пауза. МОД существенно уменьшается по сравнению с предыдущей степенью гипоксии, но может быть несколько больше, чем при нормальном давлении. Частота сердечных сокращений уменьшается по сравнению с выраженной гипоксией с наступающей декомпенсацией. При резком ухудшении общего состояния организма возможна остановка сердца.

Четвертая стадия гипоксии возникает при парциальном давлении кислорода во вдыхаемой смеси ниже 55 мм рт. ст. (7,2 об., %). Для этой стадии характерны агональное состояние, смена периодического дыхания очень редким дыханием (1 - 3 в 1 мин.), синюшный цвет видимых слизистых оболочек и кожных покровов (цианоз). После остановки дыхания возникает резкая декомпенсация кровообращения с падением артериального давления и опасностью остановки сердца, наступает клиническая смерть. Таким образом, характерными признаками острого кислородного голодания у человека при гипоксической гипоксии являются бледность кожи, синюшность кожных покровов и видимых слизистых оболочек, гипоксическая одышка, сменяющаяся при декомпенсации периодическим дыханием, учащение сердцебиения с последующей брадикардией, нарушение координации движений, существенные изменения психики вплоть до потери сознания и, наконец, при четвертой стадии гипоксии - клиническая смерть.

В водолазной практике при использовании снаряжения с замкнутой схемой дыхания, как правило, водолаз внезапно теряет сознание, не замечая предвестников, характерных для вышеприведенных стадий.

13. Отравление диоксидом углерода (углекислым газом)

Отравление диоксидом углерода представляет собой патологическое состояние, возникающее вследствие нарушения выведения диоксида углерода из организма и увеличения его напряжения в тканях. Отравление диоксидом углерода у водолазов возникает, как правило, в результате накопления его по разным причинам в дыхательной газовой смеси при использовании водолазного снаряжения или при нахождении в барокамере. В водолазной практике различают первичные гиперкапнии, а также вторичные, представляющие собой патогенетические звенья других специфических и неспецифических заболеваний водолазов. Клиническая картина отравления CO² зависит от его концентрации во вдыхаемом воздухе, скорости ее нарастания, времени действия и эффективности приспособительных механизмов. Отравление протекает в 3 формах - острой, подострой и хронической. В водолазной практике отравление CO² чаще встречается в острой форме, для которой характерно быстрое развитие компенсаторных реакций, а при более высоких концентрациях - патологических.

При отравлении CO² водолазы предъявляют жалобы на чувство жара, появляются одышка, сердцебиение, шум в ушах, потливость, слюнотечение, тошнота и рвота.

Если нарастание CO² во вдыхаемой газовой смеси происходит сравнительно медленно, то условно можно определить 4 последовательные стадии острого отравления: предвестников, одышки, судорог и наркоза.

1-я стадия - стадия предвестников (начальных проявлений) - наступает при содержании CO² во вдыхаемой газовой смеси в пределах 1,5 - 3%, приведенных к условиям нормального давления. Для этой стадии характерны чувство жара, умеренная эйфория, снижение внимания, легкое головокружение, головная боль, более глубокое дыхание, снижение физической работоспособности, потливость, усиление саливации, бронхиальной и желудочной секреции.

2-я стадия - стадия одышки - возникает при дыхании воздухом, содержащим 3 - 6% CO² при экспозиции 20 - 100 мин. Типичными симптомами для указанной стадии отравления CO² являются выраженное чувство жара, сильная одышка, головокружение, пульсирующая головная боль, сонливость. При осмотре определяются вначале бледность, а затем гиперемия кожных покровов, набухание подкожных вен. Отмечаются небольшая эйфория, повышенная потливость, гиперсаливация. Учащается пульс, как правило, повышается артериальное давление, в большей степени диастолическое. Тоны сердца приглушены. При электрокардиографии обнаруживаются увеличение вольтажа зубцов и уширение интервала P - Q, свидетельствующие о повышенной возбудимости миокарда и замедлении предсердно-желудочковой проводимости.

3-я стадия - стадия судорог - наступает при содержании CO² во вдыхаемой газовой смеси 6 - 10% при экспозиции 5 - 25 мин. Для указанной стадии характерно наличие декомпенсации с развитием патологических реакций организма. Ведущим симптомом являются судороги клонического характера мышц всего тела, сопровождающиеся затрудненным продолжительным выдохом. Кожные покровы цианотичны, зрачки сужены, артериальное давление снижено, частота сердечных сокращений уменьшена, тонус периферических сосудов ослаблен, вязкость крови увеличена, осмотическая стойкость эритроцитов понижена. Возможна потеря сознания.

4-я стадия - стадия наркоза - появляется при дыхании в течение нескольких минут газовой смесью с содержанием CO² более 10%. Быстро развивается общая заторможенность. Судороги ослабевают из-за истощения нервной системы. Отмечаются редкое дыхание, брадикардия, расширение зрачков. Наступает сон, переходящий в наркоз после кратковременного возбуждения. Возможно наступление смерти от паралича дыхательного и сосудодвигательного центров. При резком переходе на дыхание атмосферным воздухом (выведении пострадавшего из углекислотного наркоза) могут быть судороги как проявление "обратного действия" CO² .

Хроническая гиперкапния возникает при многомесячном пребывании человека в гиперкапнической среде с содержанием CO² 0,5 - 2%. В ее течении выделяют стадии компенсации, относительно устойчивой адаптации и дизадаптации.

В стадии относительно устойчивой адаптации хронической формы отравления CO² определяются умеренное повышение легочной вентиляции, увеличение щелочного резерва крови и небольшое снижение метаболизма в тканях организма. В этот период сохраняется работоспособность и остается достаточно высокий уровень физиологических резервов организма.

В стадии дизадаптации появляются дистонические реакции, отмечаются снижение щелочного резерва крови и сдвиг кислотно- основного состояния в сторону ацидоза. Это приводит к адренокортикальному истощению, нарушению электролитного баланса, астенизации и снижению работоспособности.

14. Отравление выхлопными газами

Отравление выхлопными газами представляет собой патологическое состояние, в основе которого лежит развитие острой гемической и дыхательной гипоксии, вызванной нарушением дыхательной функции гемоглобина, процессов газообмена в легких и в тканевых капиллярах. Отравление выхлопными газами в водолазной практике может возникнуть при использовании водолазного снаряжения, в котором для дыхания водолаза применяется сжатый воздух (вентилируемое снаряжение, снаряжение с открытой схемой дыхания, снаряжение с полузамкнутой схемой дыхания), а также в барокамерах в случае подачи в них воздуха, загрязненного выхлопными газами.

При легкой форме отравления выхлопными газами пострадавшие предъявляют жалобы на общую слабость, повышенную утомляемость даже при незначительных физических нагрузках, на головную боль, пульсацию в височных артериях, шум в ушах, мелькание перед глазами, сердцебиение, иногда тошноту и рвоту. При осмотре отмечаются легкий румянец кожи лица и цианоз слизистых, небольшое понижение мышечного тонуса, тремор век и пальцев вытянутых рук, повышение сухожильных рефлексов, одышка (нередко с кашлем), тахикардия. Определяются эритроцитоз, нейтрофильный лейкоцитоз, эозинопения. Выздоровление наступает через 1 - 2 сут. При отравлении средней тяжести вышеуказанные симптомы у пострадавшего более выражены. Отмечаются различные по продолжительности помрачение или потеря сознания. Наступают резкая мышечная слабость и адинамия, что исключает возможность самостоятельного передвижения. Наряду с этим появляются нарастающая сонливость, заторможенность, безразличие к окружающей обстановке, провалы памяти, немотивированные поступки. При осмотре определяются более выраженная окраска кожи и слизистых, одышка, частый пульс, снижение артериального давления, глухие тоны сердца.

По данным ЭКГ-исследований, определяются признаки выраженной гипоксии миокарда и участки некроза. Отмечаются увеличение количества эритроцитов, гемоглобина и замедление СОЭ. В ряде случаев наблюдается глюкозурия. Выздоровление наступает медленно, может длительное время сохраняться астеническое состояние.

При отравлении выхлопными газами в тяжелой степени кожа и видимые слизистые имеют ярко-красный цвет с цианотичным оттенком. Наряду с потерей сознания быстро прогрессирует коматозное состояние, заканчивающееся остановкой дыхания. Зрачки расширены, не реагируют на свет. Появляются клонические и тонические судороги. Артериальное давление понижено, тоны сердца глухие, на верхушке выслушивается систолический шум, пульс частый. Отмечается аритмия дыхания типа Чейна - Стокса.

Может наступить опасный для жизни отек легких, который приводит к синему или серому типу гипоксемии. Синий тип характеризуется резко выраженным цианозом кожных покровов, учащенным и клокочущим дыханием, кашлем с обильной пенистой мокротой, нередко с примесью крови. Пульс частый, удовлетворительного наполнения и напряжения, артериальное давление нормальное или немного повышено. Серый отек прогностически более опасен, так как он нередко осложняется коллапсом. Кожные покровы и видимые слизистые имеют бледно-серый цвет. Пульс частый, нитевидный, артериальное давление низкое. При замедленном течении тяжелого отравления угарным газом может развиваться асфиксическая или эйфорическая форма. Асфиксическая форма характеризуется развитием у пострадавшего асфиксии и комы, а затем появлением вялых параличей на фоне нарастающих расстройств функций центральной нервной системы. При эйфорической форме

отравления на первый план выступает речевое и двигательное возбуждение, напоминающее алкогольное опьянение.

Молниеносное течение отравления развивается в 2 формах: апоплексической и синкопальной. При апоплексической форме наступают быстрая потеря сознания, судороги и остановка дыхания. В случае синкопальной формы быстро наступает прогрессирующий коллапс. Молниеносные формы отравления выхлопными газами протекают неблагоприятно.

При тяжелой форме отравления выхлопными газами могут быть осложнения, проявляющиеся расстройствами функций центральной нервной системы, органов дыхания и кровообращения, а также трофическими поражениями кожи.

15. Отравление нефтепродуктами

Под отравлением нефтепродуктами понимаются патологические изменения в организме водолаза, наступающие в результате использования для дыхания сжатого воздуха с примесью природного газа или летучих продуктов нефти и других нефтепродуктов, а также вследствие контакта с жидкими и твердыми фракциями нефтепродуктов. Отравление нефтепродуктами у водолазов могут возникать при выполнении водолазных работ на загрязненной нефтепродуктами акватории, в районе проведения разведочного и эксплуатационного бурения, а также при ремонтных работах на подводных трубопроводах. При отравлении аэрозолями и парами углеводородов отмечается наркотический эффект, проявляющийся легкой эйфорией, головокружением, нарушением координации движений, возбуждением, которые затем сменяются состоянием апатии и вялости. Могут появиться головная боль, общая слабость, тошнота и рвота, а также потеря сознания.

Примесь сероводорода (его присутствие определяется по характерному запаху тухлых яиц) оказывает сильное раздражающее действие на слизистые оболочки глаз и верхних дыхательных путей, вызывает жжение и резь в глазах, слезотечение, светобоязнь, насморк и кашель. В более тяжелых случаях основные проявления отравления сероводородом связаны с поражением нервной системы и нарушением тканевого дыхания: появляются головная боль, головокружение, слабость, нарушения координации движений, возбужденное или обморочное состояние, тошнота и рвота, возможна потеря сознания.

Острое отравление нефтепродуктами по тяжести делится на 3 степени: легкую (без потери сознания), среднюю (с помрачением сознания) и тяжелую (с потерей сознания). В случае длительного и многократного воздействия на организм небольших доз летучих продуктов нефти и природного газа возникают функциональные нарушения центральной нервной, сердечно-сосудистой и дыхательной систем, а также желудочно-кишечного тракта. Изменения могут проявляться в виде астенического или неврастенического синдрома, артериальной гипотонии, понижения пульсового давления, замедления скорости кровотока. В отдельных случаях могут быть зарегистрированы очаговые и диффузные изменения миокарда.

Нарушения желудочно-кишечного тракта проявляются изменениями желудочной секреции и функции печени (гипербилирубинемия, снижение антитоксической функции). Изменения функции органов дыхания выражаются нарушениями бронхиальной проходимости и других функций внешнего дыхания. Иногда отмечаются случаи поражения слизистой оболочки носа и глотки с преобладанием атрофических форм, аносмий, а также хронического конъюнктивита.

Местные проявления при отравлении нефтепродуктами характеризуются раздражением кожи и слизистых на загрязненной поверхности тела, появлением дерматитов, фолликулитов, угрей, кератозов, бородавчатых разрастаний кожи, экземы. При диагностике заболевания необходимо учитывать признаки, характерные для отравления нефтепродуктами, и факт загрязнения нефтью воздушной или водной среды либо поверхностей водолазного поста, водолазного снаряжения и средств обеспечения спусков.

16. Химические ожоги и отравления поглотительными и регенеративными веществами

Химические ожоги и отравления поглотительными и регенеративными веществами представляют собой патологический процесс, обусловленный прижигающим действием щелочи на кожные покровы и слизистые оболочки глаз, желудочно-кишечного тракта и верхних дыхательных путей.

В водолазной практике химические ожоги и отравления возможны при применении аппаратов с замкнутой и полузамкнутой схемами дыхания, регенеративные патроны которых заряжены химическим поглотителем известковым (ХП-И) или регенеративным веществом. ХП- И может также применяться в системах регенерации барокамер. Поражения возможны при нахождении водолаза под водой и на поверхности. Признаки и степень тяжести ожогов и отравлений щелочами зависят от вида вещества (поглотительное или регенеративное), количества попавшего в организм или его покровы вещества, а также локализации и площади поражения кожи и слизистых. Диагностика ожогов и отравлений не представляет трудностей. По тяжести ожоги и отравления делятся на легкие и тяжелые.

При легких ожогах щелочью у пострадавших в областях поражений возникает чувство жжения при попадании в дыхательные пути - мучительный кашель, боли за грудиной, ощущение металлического привкуса во рту. Объективно отмечается гиперемия кожи и слизистых, в дальнейшем может появиться шелушение слизистой. В случае попадания пыли в глаза появляются жжение, зуд, слезотечение, покраснение конъюнктивы, снижение остроты зрения.

При тяжелых ожогах и отравлениях щелочами вышеперечисленные симптомы выражены в значительно большей степени, нарастают одышка и цианоз кожи и слизистых. Объективно помимо клинических проявлений этого состояния можно отметить химические ожоги кожи и слизистых оболочек, чаще в форме потеков. Экзотоксический шок, интоксикация и механическая асфиксия могут привести к летальному исходу в первые часы после отравления. Потеря сознания и утрата самоконтроля под водой могут привести к утоплению, а при нахождении на средних и больших глубинах - к отравлению кислородом в судорожной форме. Осложнения ожогов и отравлений щелочами возможны в виде снижения или потери зрения, рубцов и контрактур пораженных участков кожи, сужения пищевода, бронхитов и пневмоний.

17. Переохлаждение организма

Под переохлаждением понимается патологическое состояние организма в условиях низкой температуры окружающей среды при превышении теплоотдачи над теплообразованием в организме, сопровождающееся понижением температуры тела и нарушением физиологических и биохимических процессов. Переохлаждение организма водолаза может наступить как в период пребывания водолаза под водой, так и при нахождения в условиях барокамеры. Различают легкую, среднюю и тяжелую степени охлаждения. При легкой степени охлаждения, наступающего в случае незначительного падения температуры тела, пострадавшие ощущают слабость, головную боль, головокружение. Отмечаются "гусиная кожа" (вследствие сокращения пиломоторов - мышц, поднимающих волосы), цианоз губ, носа, ушных раковин, пальцев рук, мелкий тремор губ и нижней челюсти, эйфория, снижение ощущения реальной обстановки, общая адинамия, снижение тонуса мышц конечностей. Пострадавшие жалуются на озноб, мышечную дрожь, головную боль, головокружение, судороги икроножных мышц, но при этом еще сохраняют способность к самостоятельному передвижению.

При охлаждении средней степени, наступающем при падении ректальной температуры до 34 - 35 -С, у пострадавших отмечаются заторможенность, сонливость, которая может перейти в сопорозное состояние ("оцепенение" с отсутствием реакций на внешние раздражители), при этом возможны расстройства мышления, памяти и речи. Пострадавшие жалуются на боли в мышцах и суставах, утрачивают способность к самостоятельному передвижению. Пульс становится редким, слабого наполнения. Дыхание ослаблено и замедлено. Иногда пострадавшие внезапно теряют сознание после подъема из воды, что чаще всего обусловлено гипогликемической комой. Из осложнений возможны пневмония, ангина, отит. При отсутствии осложнений полное выздоровление наступает через 3 - 5 суток.

Тяжелая форма переохлаждения наблюдается при падении ректальной температуры ниже 34 -С. Характерны потеря сознания и наступление коматозного состояния. Отмечаются резкий цианоз кожных покровов и слизистых, своеобразный плотный отек кистей рук, стоп, губ и лица. Дыхание ослаблено и резко замедлено. Кровяное давление резко понижается, тоны сердца глухие, выслушиваются с трудом. Часто возникают разнообразные осложнения. При снижении ректальной температуры до 25 - 22 -С наступает смерть.

18. Перегревание организма

Под перегреванием понимается острое патологическое состояние организма в условиях высокой температуры окружающей среды при превышении теплообразования над теплоотдачей организма, сопровождающееся повышением температуры тела и расстройством функций жизненно важных систем организма, особенно центральной нервной системы. Перегревание в водолазной практике может наступить при одевании на открытой палубе в жаркие летние дни в случае задержки спуска под воду, при длительном нахождении в воде с температурой более 37 -С, в период пребывания в барокамерах, не оборудованных системой кондиционирования, а также при неправильном использовании водо- или электрообогреваемой одежды.

В зависимости от степени воздействия на организм температурного фактора перегревание может протекать в легкой, средней и тяжелой формах.

При легкой форме перегревания температура тела повышается до 37,5 - 38,9 -С. Пострадавшие предъявляют жалобы на общую слабость, недомогание, головокружение, тошноту, повышенную жажду. Кожа лица имеет красный цвет и покрывается испариной, отмечается учащение пульса и дыхания. Физическая нагрузка вызывает резкое ухудшение самочувствия и общего состояния. Явления легкой формы перегревания проходят в течение нескольких часов, если пострадавшего поместить в прохладное помещение.

При средней степени перегревания температура тела повышается до 39 - 40 -С. Пострадавшие апатичны, вялы. Нередко отмечаются изменения со стороны центральной нервной системы, проявляющиеся психомоторным возбуждением, расстройством речи, затемнением сознания и др. Пострадавшие обычно предъявляют жалобы на сильную головную боль, резкую мышечную слабость, мелькание в глазах, шум в ушах, боли в области сердца. Отмечаются выраженная гиперемия кожных покровов, цианоз губ, частый пульс (120 - 130 ударов в минуту), понижение артериального давления, частое и поверхностное дыхание. При своевременном выводе пострадавшего из зоны перегрева и применении необходимых лечебных мероприятий у него постепенно понижается температура тела и в течение 2 - 3 суток восстанавливаются функции организма.

Тяжелая форма перегревания характеризуется тепловым ударом. У пострадавшего наступает потеря сознания, температура тела поднимается выше 40 -С, пульс учащается до 140 и более ударов в минуту, артериальное давление понижается. Кожа у пострадавшего бледная, сухая и холодная, губы имеют резко цианотичный цвет. При аускультации определяются влажные хрипы в легких и глухие тоны сердца. В некоторых случаях могут быть эпилептиформные судороги, рвота, непроизвольное мочеиспускание.

Чаще всего после прекращения перегревания и проведения соответствующих лечебных мероприятий в полном объеме тепловой удар заканчивается выздоровлением. Иногда после выздоровления может наблюдаться повторное развитие некоторых клинических проявлений со стороны центральной нервной системы. При наличии гипертермии свыше 41 -С появляется дыхание типа Чейна - Стокса и развивается отек легких. Смерть наступает от паралича дыхательного и сосудодвигательного центров.

Перегревание может протекать в судорожной форме, причиной которой является резкое нарушение водно-солевого обмена и прогрессирующее обезвоживание тканей. Наступают клонические и тонические судороги в области конечностей и туловища. Пострадавшие после приступа судорог жалуются на резкую болезненность мышц.

19. Утопление

Под утоплением понимают такое патологическое состояние организма, в основе которого лежит механическая асфиксия, возникающая вследствие поступления воды в дыхательные пути или рефлекторного ларингоспазма и связанного с этим острого нарушения газообмена в легких. В водолазной практике утопление может произойти при спусках под воду в любом типе водолазного снаряжения.

При истинном утоплении начальный период (предагональное состояние) составляет промежуток от момента начала борьбы за жизнь до потери сознания. В этот период пострадавший производит много некоординированных движений, направленных на выход к месту, где имеется газовая среда для дыхания, или на попытку получить газовую смесь из баллонов с аварийной газовой смесью. При извлечении пострадавшего из воды в начальный период можно наблюдать психомоторное возбуждение или, наоборот, заторможенность. Иногда возможны неадекватные реакции на обстановку и затруднение контакта. Кожные покровы и видимые слизистые губ и конъюнктивы бледные, умеренно цианотичные. Дыхание частое, шумное, прерывается приступами кашля. Со стороны сердечно-сосудистой системы определяются тахикардия, повышение периферического артериального давления, в последующем сменяющиеся брадикардией, гипотонией и повышением венозного давления. Живот вздут, иногда наблюдается рвота желудочным содержимым, смешанным с проглоченной водой.

Во второй (агональный) период истинного утопления пострадавший находится в бессознательном состоянии. Кожные покровы холодные и резко синюшные (фиолетово-синие). Изо рта выделяется пенистая жидкость розовой или отчетливо геморрагической окраски. Челюсти плотно сжаты. Дыхание прерывистое, чаще - с редкими судорожными вдохами. Сердечная деятельность резко ослаблена. Пульс редкий, иногда аритмичный, определяется только на сонных и бедренных артериях. Зрачковый и роговичный рефлексы вялые. В состоянии клинической смерти у пострадавшего отсутствуют самостоятельное дыхание и сердечные сокращения. Исчезает роговичный рефлекс, зрачки расширены, появляется симптом "кошачьего глаза". Отсутствует реакция на прижигание кожи и кровотечение при ее разрезах. Как правило, период клинической смерти при истинном утоплении короткий. Если в этот период пострадавшему не будут оказываться лечебные мероприятия, то наступит биологическая смерть.

При асфиксическом утоплении начального периода нет или он очень короток. Спасенные в агональный период имеют синюшный цвет, но выраженный меньше, чем при истинном утоплении. Пострадавший находится в бессознательном состоянии, челюсти сжаты. Ларингоспазм преодолевается при интенсивном выдохе оказывающего помощь через нос пострадавшего. Пульсация периферических артерий ослаблена, крупные сосуды (сонная, бедренная) пульсируют отчетливо. По мере увеличения срока асфиксии сердечная деятельность угасает, дыхание останавливается, голосовая щель размыкается. При терминальном размыкании голосовой щели дыхательные пути, рот и нос пострадавшего могут быть заполнены пушистой, белой, иногда слабо-розовой пеной.

При синкопальном утоплении отсутствует начальный период, так как практически сразу же развивается клиническая смерть. У пострадавшего отмечается резкая бледность кожных покровов и слизистых вследствие генерализованного сосудистого спазма. Дыхание и сердцебиение отсутствуют, зрачки расширены, на свет не реагируют. Клиническая смерть может продолжаться до 10 - 12 мин. Исключительно важное значение имеет дифференциальная диагностика периодов клинической и биологической смерти. Значительное снижение температуры тела без наличия других безусловных признаков биологической смерти не является определяющим, так как водолаз может быть поднят из воды в состоянии переохлаждения. В данном случае переохлаждение полезно, поскольку оно может продлить состояние клинической смерти и повысить шансы на оживление.

20. Травмы и отравления, вызываемые опасными и ядовитыми морскими животными

Под травмами и отравлениями, вызываемыми опасными и ядовитыми морскими животными, понимаются повреждения различной степени тяжести, наносимые морскими хищниками (рыбами, млекопитающими), а также местные и общие проявления отравлений при контакте с ядовитыми рыбами, морскими змеями, кишечнополостными, моллюсками и иглокожими. К основным признакам поражения ядовитыми морскими животными относятся:

- быстрое появление сильной жгучей боли, покраснение и отек кожи в области поражения;

- возникновение на коже волдырей;

- наличие обломков ядовитых игл и шипов, оставшихся в ранах;

- длительно кровоточащие раны;

- появление непосредственно после поражения или через несколько минут головной боли, дрожи тела, головокружения, аллергических явлений, общей слабости, тошноты, рвоты, обморочного состояния, диареи;

- появление судорог, парезов и параличей конечностей;

- прогрессирующее нарастание расстройств дыхания и сердечной деятельности.

В территориальных водах России опасные для жизни акулы отсутствуют, за исключением Японского моря, где они могут встретиться в летнее время. В Черном море имеется 2 вида мелких акул: катран ("морская собака", "колючая акула") длиной до 1 - 1,5 м и маленькая (до 1 м) пятнистая акула «сциллиум». Укусить эти акулы могут лишь случайно при неосторожном поведении водолаза. Катран, изогнув тело дугой, может стремительно нанести порез и укол колючим шипом. Эти раны очень болезненны и долго заживают. Крупные акулы наносят наиболее тяжелые раны, которые в 50 - 80 % случаев приводят к гибели пострадавшего от кровотечения и шока. Несколькими укусами они могут расчленить тело человека на части. Жесткая шкура акулы может повредить мягкий гидрокомбинезон или гидрокостюм и сильно ободрать кожу. Крупные барракуды, длина которых может превышать 2 м, быстро плавают, могут внезапно и стремительно нападать, нанося человеку серьезные, трудноизлечимые раны своими острыми крупными зубами.

Парусник может сильно поранить человека ударом шпаги, которая выделяет слизь. На месте поражения образуется язва, склонная к нагноению. Опасны также мурены, которые своими зубами могут нанести глубокие болезненные раны. Описаны случаи гибели ныряльщиков, которые на смогли освободить руку от мертвой хватки мурены. Распространено мнение, что при укусе мурены вносят в рану яд. Однако ядовитость мурен достоверно не установлена, и большинство исследователей считают их неядовитыми. Опасность для человека могут представляют зубатые киты касатки, хотя достоверные сведения об их преднамеренном нападении на человека отсутствуют.

Некоторые рыбы могут поражать человека электрическим током. К ним относятся электрический сом, электрический угорь и несколько видов электрических скатов - морских лисиц, которые широко распространены в тропических и умеренных областях океанов. Встречаются в Черном, Японском и Баренцевом морях. Электрические угри и скаты способны давать разряды электрического тока напряжением от 8 до 350 В и более. При прикосновении к крупному электрическому скату разряд тока может быть настолько сильным, что сбивает человека с ног и вызывает сильную слабость, головокружение, нарушения сердечной деятельности и дыхания. Ток электрического угря довольно слаб (обычно доли ампера), но иногда возможно появление коротких разрядов тока частотой до 300 импульсов в секунду мощностью 1 кВт (500 В x 2 А).

При ранении шипами или лучами плавников ядовитых рыб в тяжелых случаях (особенно при отравлении ядом морского дракончика) непосредственно после укола возникает резкая жгучая боль, интенсивность которой бывает настолько велика, что пострадавший кричит и может потерять сознание. При действии некоторых видов яда болевая чувствительность вокруг раны может быть понижена или может отсутствовать. Болезненность постепенно распространяется на всю конечность. Бледность вокруг ранки сменяется гиперемией и синюшностью, затем пораженная область отекает. Боль продолжается в месте укола в течение нескольких часов и даже нескольких дней.

Иногда отмечаются кровоизлияния в ткани, воспаление лимфатических сосудов и узлов. Нередко присоединяется вторичная инфекция ран, в результате чего возникают абсцессы, флегмоны, лихорадочное состояние. Впоследствии может наступить некроз тканей в окружности раны, появиться гангрена, сепсис, столбняк. Возможен паралич пораженной конечности. Могут наблюдаться общие симптомы отравления: слабость, головокружение, тошнота, рвота, нарушение функций дыхания, снижение артериального давления, сердечная недостаточность, бред, боли в суставах и др. Возможно появление судорог, параличей и парезов, может наступить шок. Без лечения симптомы нарастают в течение 6 - 8 ч, возможен смертельный исход. Яды многих морских змей по силе своего действия во много раз превосходят токсины наиболее опасных наземных змей (может в 8 - 10 раз превосходить силу действия яда кобры). Одни смертельные исходы регистрируются лишь в 17 – 25 % случаев, так как доза вводимого яда, как правило, бывает незначительной, а поражение развивается более медленно. Укус морской змеи почти безболезнен, местная реакция на месте укуса не возникает. Через 0,5 - 1,5 ч или через несколько часов после укуса появляются рвота, нарушение функции двигательной мускулатуры, ноющая боль в мышцах, затруднения при движении конечностей. Отмечается спазм жевательной мускулатуры, птоз век. Нарушаются речь и глотание. Исчезают рефлексы, развивается паралич восходящего типа, который начинается с ног и постепенно захватывает другие группы мышц. Кожа больного становится холодной, влажной и синюшной. Края раны и окружающие ткани отекают. Пульс слабый и аритмичный, зрачки расширены, но на свет реагируют. Сознание в большинстве случаев сохраняется. При тяжелых интоксикациях смерть чаще наступает в течение первых 8 ч и, как правило, не позднее первых суток после укуса.

Небольшая (диаметром до 45 мм) прозрачная медуза морская оса считается самым опасным морским животным, от которого погибло людей больше, чем от акул. Яд морской осы близок по составу яду кобры, но превышает его по силе действия. Ужаленный морской осой человек может погибнуть через несколько минут. Яд медузы физалии обладает нервно-паралитическим действием, сходным с действием яда кобры. При поражении этим ядом возникает нестерпимая боль в месте залпа стрекательных нитей. Через несколько минут конечность может оказаться парализованной, щемящая боль распространяется на лимфатические узлы. Кожа в месте поражения синеет, вздувается или на ней появляются мелкие пузырьки, напоминающие ожог крапивой.

Возникают сильные боли в желудке и грудных мышцах, затруднение дыхания, приступы удушья и судороги. Пульс учащается и становится аритмичным. Боли могут приступообразно появляться и затухать, а через несколько часов исчезнуть. Однако описаны летальные исходы обширных ожогов у людей от воздействия стрекательного аппарата. Из медуз, встречающихся в дальневосточных водах России, тяжелые отравления может вызвать крестовичок, или гонионема. После прикосновения крестовичка появляется резкая боль, как при ожоге. Возникают гиперемия кожи и мелкие пузырьки. Вскоре после поражения или через 10 - 30 мин. появляются симптомы общей интоксикации: одышка, стеснение в груди, удушье (особенно затруднен выдох), сухой кашель, боли в пояснице и суставах, онемение пальцев рук и ног. Острый период продолжается 4 - 5 сут., после чего обычно происходит выздоровление без неблагоприятных последствий, хотя встречаются стойкие и продолжительные патологические изменения в печени. Еще более опасны повторные встречи с крестовичком вследствие анафилоксии. В состав яда медуз входят тетрамин, вызывающий паралич нервных окончаний; талассин, поражающий кровеносную систему; конгестин, имеющий анафилактическое действие, повышающий чувствительность организма к другим компонентам яда и влияющий на дыхательный центр; гипнотоксин, действующий на центральную нервную систему, вызывающий оцепенение и сонливость. Ожоги актиниями и кораллами болезненны. Их яд содержит тетрамин. Кораллы могут вызвать механические повреждения кожи острыми, как бритва, краями своего известкового скелета, в результате чего появляются длительно не заживающие язвы.

Среди моллюсков ядовитыми являются лишь представители рода конус класса брюхоногих, имеющие ярко окрашенную раковину конической формы. Конусы наносят укол острым, как игла, шипом, который высовывается из узкого хоботка раковины. Внутри шипа проходит проток ядовитой железы, по которому в ранку впрыскивается очень сильный яд. В момент укола ощущается резкая боль. Местная воспалительная реакция слабая. На месте введения шипа заметна красноватая точка на фоне побледневшей кожи. Появляется ощущение острой боли или жжения, может наступить онемение пораженной конечности. В тяжелых случаях отмечается затруднение речи, быстро развиваются вялые параличи, исчезают коленные рефлексы. Через несколько часов может наступить смерть. При легких отравлениях все симптомы исчезают в течение суток.

Представляет опасность, особенно для ныряльщика, самый большой в мире двустворчатый моллюск тридакна, длина которой достигает 1,5 м, а масса 250 - 300 кг. Попавшая по неосторожности в щель между приоткрытых створок конечность человека может быть, как тисками, зажата захлопнувшимися створками. Известны случаи, когда ныряльщики - ловцы губок в этом случае для спасения жизни отсекали себе конечность. Однако считается, что реальная опасность тридакн сильно преувеличена, поскольку они обычно легко заметны. При их наличии на грунте следует соблюдать осторожность, а в случае зажатия конечности необходимо разрезать ножом мускулы – замыкатели створок.

Крупные осьминоги могут задержать ныряльщика на глубине. На 8 щупальцах взрослого осьминога располагается примерно 2 тысячи присосок с держащей силой около 100 гс каждая, т.е. общая держащая сила крупного осьминога может превысить 150 кгс. Реальную опасность представляет укус осьминога при неосторожном с ним обращении. В ранку может быть введен секрет ядовитых слюнных желез. При этом ощущаются острая боль и зуд в области укуса. Возникают местная воспалительная реакция, обильное кровотечение из ранки вследствие замедления процесса свертывания крови. Обычно через 2 - 3 суток наступает выздоровление. В то же время известны случаи тяжелых отравлений, при которых возникают симптомы поражения центральной нервной системы.

Из класса иглокожих ядовитые виды известны среди морских ежей, морских звезд и офиур. Морские ежи имеют длинные иглы, которыми они могут наносить очень болезненные раны. В момент укола хрупкие иглы обламываются, и куски их остаются в ране. Кроме того, полые иглы некоторых ежей содержат яд, при попадании которого в ранку ощущается сильная боль и возникает местная воспалительная реакция.

В тяжелых случаях развиваются параличи двигательных нервов, происходит нарушение работы сердца. Боль обычно стихает в течение часа, остальные симптомы отравления исчезают через 2 - 4 ч. Более тяжелые отравления возникают при поражениях кожи педицилляриями морских ежей. Педициллярии представляют собой видоизмененные короткие иглы, заканчивающиеся небольшими щипчиками, у основания которых находятся ядовитые железы. При повреждениях кожи ядовитыми педицилляриями кроме жгучей боли и местной воспалительной реакции может возникнуть чувство онемения языка, губ, век и конечностей, головная боль, аллергические явления. Могут отмечаться нарушения деятельности желудочно-кишечного тракта: тошнота, рвота и диарея. Хотя при отравлении ядом педициллярий морских ежей описаны смертельные исходы, в большинстве случаев осложнений не бывает и через несколько часов наступает выздоровление. Некоторые виды морских звезд и офиур имеют на верхней поверхности тела ядовитые шипы, которые могут наносить ранки. При этом возникают тяжелые дерматиты, сопровождающиеся в некоторых случаях симптомами общего отравления (головокружением, рвотой). Болезнь может продолжаться до недели.

Приложение 5

ГИПЕРБАРИЧЕСКАЯ ФИЗИОЛОГИЯ И ВОДОЛАЗНАЯ МЕДИЦИНА

Гипербарическая физиология и водолазная медицина, опираясь на достижения физики, химии, физиологии, биохимии, гигиены, клинической медицины, профпатологии и водолазного дела, осуществляют свою деятельность в различных направлениях (см. табл).

Таблица

БАЗОВЫЕ НАУКИ И НАПРАВЛЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ И ПРАКТИЧЕСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ГИПЕРБАРИЧЕСКОЙ ФИЗИОЛОГИИ И ВОДОЛАЗНОЙ МЕДИЦИНЫ

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| физика | химия | физиология | биохимия | | гигиена | Клиническая медицина | | профпатология | Водолазное дело |
| ГИПЕРБАРИЧЕСКАЯ ФИЗИОЛОГИЯ И ВОДОЛАЗНАЯ МЕДИЦИНА | | | | | | | | | |
| Физиология труда работающих под давлением:  физиолого-гигиеническая характеристика рабочей деятельности, снаряжения и техники  разработка положений по медицинскому отбору и освидетельствованию  обоснование методов обучения и тренировки  обоснование режимов труда, отдыха и питания  обоснование мероприятий по обеспечению безопасности и повышению эффективности труда  разработка медико-технических и санитарно-гигиенических требований к водолазной технике | | Экологическая физиология:  исследование закономерностей реагирования организма на факторы повышенного давления газовой и водной среды  определение безопасных параметров газовой среды и микроклимата  обоснование мер, ослабляющих (предотвращающих) экстремальные состояния, обусловленные этими факторами | | Профпаталогия водолазная:  вскрытие патогенеза профессиональных заболеваний (паталогических состояний) у работающих под давлением  обоснование этиопатогенетических методов их профилактики и лечения  исследование условий возникновения и клинических проявлений заболеваний и травм водолазов, установление связи заболевания с профессиональной деятельностью  анализ и учет заболеваний и травм водолазов  разработка методов и средств их профилактики, лечения и реабилитации | | | Водолазная медицина:  медицинское обеспечение водолазных спусков (контроль за подготовкой и проверкой водолазной техники, анализ воздуха или ДГС, медицинский осмотр водолазов, контроль одевания водолазаи его состояния на всех этапах спуска, выбор и контроль соблюдения режимов компрессии и декомпрессии, оказание помощи при заболеваниях и травмах, контроль за режимами труда, отдыха и питания, реалибитация).  Медицинское обеспечение водолазов в межспусковой период (отбор и освидетельствование, периодические медосмотры, контроль за приготовлением ДГС, их анализ, контроль за режимами труда, отдыха и питания, за физической подготовкой, обеспечение тренировочных спусков, контроль комплектации медицинских укладок и аптечек, их пополнение, медицинская подготовка водолазов, контроль санитарно-гигиенического состояния водолазных станций, оказание помощи при обращениях) | | |

Как показано в таблице, гипербарическая физиология занимается исследованием функций организма человека, подвергающегося действию факторов повышенного давления, а также других условий водолазного труда и включает в себя такие разделы, как физиология труда работающих под давлением, экологическая физиология и профпатология водолазная.

Водолазная медицина имеет два направления практической деятельности - медицинское обеспечение водолазных спусков и водолазов в межспусковой период, а также занимается исследованием условий возникновения и клинических проявлений заболеваний и травм водолазов, установлением связи заболевания с профессиональной деятельностью, анализом и учетом заболеваний и травм водолазов, разработкой методов и средств их профилактики и лечения.