# **План**

1. Непрямое действие давления

* Наркоз закисью азота
* Декомпрессионная болезнь

2. Лечение пострадавших при погружении под воду

* Анамнез
* Дифференциальный диагноз
* Первая помощь
* Лечение с помощью гипербарической оксигенации

Литература

**1. НЕПРЯМОЕ ДЕЙСТВИЕ ДАВЛЕНИЯ**

Наркоз закисью азота и декомпрессионная болезнь могут иметь место в результате дыхания газами под давлением, превышающим нормальное атмосферное давление.

**Наркоз закисью азота**

Азот и другие жирорастворимые инертные газы при повышенном парциальном давлении обладают анестезирующим эффектом. Наркотические эффекты аналогичны наблюдаемым при алкогольном опьянении и становятся очевидными у большинства водолазов на глубине от 70 до 100 футов (21—30 м). Многие водолазы на глубине 200 футов (60 м) настолько плохо себя чувствуют, что теряют способность выполнять какую-либо полезную работу, а на глубине более 200 футов (90 м) теряют сознание. Хотя наркотические эффекты обратимы и исчезают по мере уменьшения Рш при всплытии, наркотическое состояние, вызванное азотом, нередко является провоцирующим фактором при несчастных случаях у водолазов; воздействие азота может ухудшить память и ориентацию, что приводит к различным инцидентам.

**Декомпрессионная болезнь**

Декомпрессионная болезнь (ДКБ) представляет собой нарушение функции многих систем организма вследствие высвобождения инертного газа с образованием пузырьков в сосудистом русле и тканях организма при уменьшении давления окружающей среды. Критическим фактором в патогенезе заболевания является повышение тканевой абсорбции инертного газа. В большинстве случаев подводного погружения таким газом является азот.

В то время как дышащий воздухом водолаз погружается под воду, давление окружающей среды возрастает и возникает положительный градиент между азотом альвеолярного воздуха и азотом крови и тканей. По истечении некоторого времени пребывания на глубине этот градиент уменьшается, постепенно приближаясь к нулевому значению по мере достижения нового равновесия. Время, затрачиваемое на достижение нового равновесия, зависит от альвеолярно-тканевого градиента инертного газа, величины кровотока в тканях и отношения растворимости инертного газа кровь — ткани. Следовательно, скорость, с которой водолаз достигает нового равновесия инертного газа, является экспоненциальной функцией диффузии и перфузии, характерных для различных тканей.

Увеличение тканевой абсорбции газов — первый шаг на пути к декомпрессионной болезни, однако это происходит только тогда, когда давление окружающей среды уменьшается столь быстро, приводя к диффузии инертного газа из тканей и, следовательно, к ДКБ.

Патофизиологические изменения при декомпрессионной болезни включают как механические, так и биофизические эффекты, вызываемые пузырьками газа. Основным механическим эффектом является окклюзия сосудов, и поскольку пузырьки газа образуются, прежде всего, в венозном русле, ухудшается венозный возврат к сердцу. Однако образование пузырьков газа при ДКБ может происходить повсюду, в том числе в лимфатических протоках, внутри клеток или вне сосудов. Застой лимфы, расширение и разрыв клеток, а также внутриклеточная дислокация способствуют окклюзии сосуда. Кроме того, венозные газовые эмболы могут вызывать парадоксальную артериальную эмболизацию через внутрилегочные и внутрисердечные шунты.

Пузырьки газа оказывают также различные биофизические воздействия вследствие их взаимодействия с кровью. В сущности, пузырьки воспринимаются иммунной системой как инородный материал, вызывающий воспалительную реакцию. Решающей фазой процесса является активация фактора Хагемана, который в свою очередь активирует внутренний механизм свертывания, кининовую систему и систему комплемента, что приводит к активации кровяных пластинок, агрегации тромбоцитов и эритроцитов, жировой эмболии, повышению проницаемости сосудов, интерстициальному отеку и образованию сгустков в мелких сосудах. Конечным результатом всех этих процессов является уменьшение тканевой перфузии и ишемические повреждения.

Клинические проявления декомпрессионной болезни многообразны (табл. 1), однако чаще всего поражаются суставы и спинной мозг. Технически термин "высотные боли" относится только к костно-мышечной форме ДКБ, но он часто используется для обозначения и других ее типов. Различные формы ДКБ также произвольно разделяются на типы I и II. К I типу относятся формы ДКБ средней тяжести (поражение кожи, лимфатической и костно-мышечной системы); II тип включает формы с неврологическими и другими серьезными поражениями. Хотя эта классификация ДКБ прочно закрепилась в литературе, клинически более значимым представляется выделение пострадавших систем организма.

Кожные проявления включают прурит, подкожную эмфизему и скарлатиноподобную или пятнистую сыпь. Обструкция лимфатических протоков может обусловить локализованное опухание или внешний вид кожи, напоминающий апельсиновую корку.

Характерна периартикулярная боль, описываемая как "глубокая и тупая", хотя она может быть пульсирующей или острой. Боль может не иметь определенной локализации, отмечается онемение или изменение чувствительности в области пораженного сустава. Движения в нем приводят к резкому усилению боли, а наложение давящей повязки — к ее стиханию. У ныряльщиков, использующих аппараты с замкнутым циклом газообмена, наиболее часто поражаются плечевые и локтевые суставы, хотя возможно вовлечение и любого другого сустава.

Неврологические поражения при ДКБ могут проявляться целым рядом симптомов. Классические неврологические расстройства связаны с поражением нижней части грудного отдела и поясничных отделов спинного мозга, что проявляется параплегией или парапарезом, парестезией нижних конечностей и дисфункцией мочевого пузыря. Задержка мочи всегда была наиболее частым проявлением поражения спинного мозга при ДКБ, поэтому уретральный катетер должен обязательно входить в стандартную экипировку водолаза. Недавно Hallenbeck и соавт. убедительно показали, что поражение спинного мозга при ДКБ обусловлено (по крайней мере, в ряде случаев) его инфарктом вследствие обструкции венозного оттока в эпидуральном венозном сплетении.

Повреждение легких при ДКБ обусловлено массивной воздушной эмболией вен и обычно не проявляется до тех пор, пока не произойдет окклюзия, по крайней мере, 10 % сосудистого русла легких. Признаки и симптомы включают загрудинную боль, кашель, диспноэ, шок и отек легких. Клиническое течение часто бывает фульминантным с быстрым ухудшением состояния.

У многих водолазов образование пузырьков газа в сосудистом русле происходит в отсутствие явных проявлений ДКБ; такие пузырьки называют "молчащими".

При ДКБ могут обнаруживаться различные отклонения лабораторных показателей, однако большинство из них имеет небольшое клиническое значение при лечении болезни в острый период.

Пострадавшие с баротравмой должны срочно направляться для проведения гипербарического лечения. Однако пациент должен быть обследован и с целью выявления жизнеугрожающих повреждений, не связанных с баротравмой; в случае их обнаружения проводится интенсивная терапия, а при необходимости — и реанимационные мероприятия.

Поскольку при тяжелых формах ДКБ часто наблюдаются значительное сокращение внутрисосудистого объема и гемоконцентрация, составной частью лечения в подобных случаях является заместительная терапия жидкостями.

Таблица 1. Формы декомпрессионной болезни

1. Кожная ("кожная кесонная болезнь")
2. Лимфатическая
3. Костно-мышечная ("кесонная болезнь" или только "высотные боли")
4. Неврологическая
5. Спинной мозг
6. Головной мозг
7. Мозжечок ("пошатывание")
8. Внутреннее ухо
9. Периферические нервы
10. Легочная ("приступы удушья")
11. Сердечно-сосудистая (декомпрессионный шок)
12. Висцеральная

**2. ЛЕЧЕНИЕ ПОСТРАДАВШИХ ПРИ ПОГРУЖЕНИИ ПОД**

**ВОДУ**

**Анамнез**

Для точной диагностики большинства осложнений, возникающих при погружении на большую глубину, бывает достаточно данных анамнеза и объективного исследования. Сбор специфического анамнеза в несчастных случаях у водолазов, аквалангистов, спортсменов и т.п. включает ряд основных вопросов.

**Тип погружения и используемое оснащение**. Некоторые способы погружения и определенные типы оснащения ассоциируются со специфическими осложнениями, например с гиперкарбией или интоксикацией кислородом при аппаратном дыхании с повторным использованием выдыхаемого воздуха. Необходимо удостовериться в том, что пострадавший дышал сжатым воздухом.

Число погружений, глубина, время пребывания на дне и на поверхности, интервал между повторными погружениями — для всех погружений, имевших место в пределах 48—72 часов, которые предшествовали появлению симптомов болезни. Даже если эта информация может показаться Вам не особенно значимой, ее получение облегчит общение с медицинским консультантом, который, возможно, захочет что-то уточнить или установить какие-либо недостающие звенья декомпрессии.

**Декомпрессия в воде**. Это опять-таки необходимо для определения вероятности поражения водолаза ДКБ.

**Рекомпрессия в воде**. Никогда не следует предпринимать попытки рекомпрессии сжатым воздухом, так как при этом водолаз почти всегда находится в более плохих условиях, чем в воде; к тому же такая рекомпрессия сопряжена с другими опасностями.

**Место погружения** (например, океан, озеро или карьер) и условия окружающей среды (например, температура воды, количество волн). Другие подобные обстоятельства. ДКБ более вероятна в случае погружения в холодную воду, однако осложнения, не относящиеся к баротравме, но связанные с окружающей средой (например, укачивание), должны быть исключены.

Степень активности при первом погружении (например, рыбная ловля копьем, фотосъемка). ДКБ более вероятна при погружении, связанном с физическим напряжением.

Наличие предрасполагающих факторов. Ряд факторов ассоциируется с развитием ДКБ, а именно: престарелый возраст (пониженная перфузия тканей); ожирение (повышенное всасывание инертного газа); обезвоживание; недавняя алкогольная интоксикация; холодная вода (уменьшение периферической перфузии); энергичная физическая работа под водой (повышенное поглощение газа); местные физические повреждения (уменьшение локальной перфузии); многократное погружение у неакклиматизированных индивидуумов (постепенное образование пузырьков инертного газа).

**Осложнения при погружении**. К ним относятся утечка воздуха, отравление при контакте с морскими животными, механическая травма или какое-либо другое неожиданное событие. Костно-мышечная боль может быть обусловлена чрезмерным напряжением или надрывом мышц, а онемение конечности скорее может быть результатом соприкосновения с медузой, нежели следствием ДКБ.

**Активность до и после погружения**. Определенная активность, например занятия йогой или полет на аэроплане, после погружения под воду может спровоцировать ДКБ. Аналогично этому тривиальные симптомы баротравмы могут стать тяжелыми после подобной физической нагрузки.

**Начало симптомов**. Возникновение некоторых состояний более вероятно в определенное время при данном профиле погружения, и дифференциальная схема может быть составлена на основании фиксирования времени появления симптоматики.

**Дифференциальный диагноз**

В погружении под воду со специальным дыхательным аппаратом можно выделить пять фаз, каждая из которых связана с характерными осложнениями.

Фаза непосредственно перед погружением

Эта фаза включает любую физическую активность до погружения и начало дыхания сжатым воздухом. Это часто предполагает продолжительное плавание на поверхности в месте предстоящего погружения. Наиболее частыми осложнениями, возникающими в этот период, являются укачивание, гипервентиляция, механическая травма, утопление и непреднамеренное столкновение с морскими животными.

Фаза погружения

Первыми осложнениями, связанными с погружением, являются синдром сдавливания и особенно слуховая баротравма, хотя возможно также возникновение ПЛС и ГИД. Кроме того, в раннюю фазу погружения могут иметь место отравление окисью углерода, гипоксия или другие осложнения, связанные с дыханием газовой смесью.

Фаза пребывания на глубине или на дне

Ряд проблем связан с пребыванием "на дне"; наиболее вероятны механические повреждения или столкновение с опасностями морских глубин. К несчастному случаю под водой может привести наркотическое действие азота. В это время могут впервые появиться симптомы, связанные с возникшими (в предыдущую фазу) перилимфатическими фистулами или действием газовой смеси.

Фаза подъема

Наиболее частым осложнением при подъеме является опять-таки баротравма, хотя в эту фазу она возникает гораздо реже, чем при спуске на глубину. Связь развития синдрома повышения давления (СПД), возникновения ГИД и ПЛС с фазой подъема уже обсуждались. Осложнения, связанные с дыханием газовой смесью, могут начать проявляться только на этой стадии. Иногда симптомы декомпрессионной болезни возникают еще до всплытия водолаза, что обычно представляет достаточно серьезную проблему.

Фаза после всплытия на поверхность

Эта фаза разделяется на немедленную (в течение 10 минут пребывания на поверхности) и отсроченную (по истечении 10 минут). Симптомы, возникающие непосредственно после всплытия, трактуются как воздушная эмболия до тех пор, пока не будет доказана иная патология. Любые симптомы, появляющиеся более чем через 10 мин после всплытия, должны рассматриваться как декомпрессионная болезнь до тех пор, пока не будет получено другое объяснение. Более чем у половины пациентов с ДКБ первые симптомы наблюдаются в первый же час после всплытия, а большинство остальных симптомов — в течение пребывания на поверхности. Очень немногие пациенты (1 — 2 %) отмечают появление первых симптомов через 24—48 часов после всплытия. Другие осложнения, возникновение которых может быть впервые отмечено в отсроченную фазу после всплытия, включают легкие формы СПД, последствия баротравмы, ПЛС, истощение, дерматозы и состояния, не связанные с баротравмой, но обусловленные физическим напряжением.

**Первая помощь**

Прежде всего, необходимо извлечь пострадавшего из воды и начать проведение поддерживающих мероприятий. Гипотермию у любого пострадавшего в результате несчастного случая на воде следует рассматривать как отягощающий фактор.

При подозрении на воздушную эмболию пострадавшего следует уложить с опущенной головой для предупреждения дополнительной газовой эмболии мозга вследствие перемещения; такое положение увеличивает венозное давление, что облегчает прохождение пузырьков воздуха в венозном русле и, следовательно, их возвращение в легкие, откуда они могут быть выведены наружу. Целесообразность данного положения, как и дополнительно предлагаемое позиционирование пострадавшего на левом боку пока не доказана. Во всяком случае (если только не осуществляется транспортировка пострадавшего в гипербарическую камеру) эти приемы, выполняемые в течение 30—60 минут, не должны причинить вреда. Однако положение с опущенной головой повышает внутричерепное давление и, следовательно, может вызвать (или усугубить) отек головного мозга. Кроме того, оно обусловливает определенное ухудшение вентиляции легких.

При первой же возможности осуществляется дополнительное введение 100 % кислорода (лучше всего через маску, 6—8 л/мин). Это облегчает выход пузырьков азота и улучшает оксигенацию пораженных тканей.

В зависимости от местных условий пациенты с подозрением на ДВЭ или ДКБ направляются непосредственно в рекомпрессионную камеру или в ОНП для проведения тех или иных неотложных мероприятий. В любом случае транспортировку необходимо осуществить как можно быстрее. Если для эвакуации используется воздушный транспорт, то следует обеспечить пациенту как можно более низкое давление во избежание дальнейшего расширения газа. Для такой транспортировки наиболее пригоден вертолет или аэроплан, способный летать на высоте 300 м или ниже. Альтернативным вариантом может быть перелет в самолете с герметичным устройством, обеспечивающим давление до 1 атм (например, учебный реактивный самолет или Геркулес С-130).

В соответствии с состоянием пострадавшего назначаются современные препараты для поддержания жизненно важных функций. У большинства пострадавших с ДКБ отмечается та или иная степень уменьшения объема циркулирующей жидкости, так что необходимо быстрое парентеральное и пероральное (у бодрствующих пациентов) введение жидкости, если только нет каких-либо противопоказаний для этого. Парентеральные кортикостероиды в больших дозах, по-видимому, оказывают самое благоприятное действие, поэтому их следует назначить как можно быстрее.

Если необходимость в рекомпрессии не определена или местонахождение ближайшего центра, располагающего оборудованием для гипербаротерапии, не установлено, то доступную помощь (круглосуточно) окажут специалисты национальной сети Diving Alert при университете Dukе.

Лечение с помощью гипербарической оксигенации

Повышенное давление и введение кислорода составляют основу терапии ДКБ и ДВЭ, которая проводится по соответствующим стандартным схемам. Для лечения могут использоваться различные типы барокамер.

Результаты рекомпрессии будут зависеть от тяжести болезни, сроков начала лечения и от исходного состояния здоровья пострадавшего. Лечение приводит к полному успеху в 80—90 % случаев, и хотя рекомпрессия оказывает наиболее благотворное действие при ее проведении вскоре после возникновения симптомов болезни, не следует отказываться от нее даже в тех случаях, когда пострадавший доставляется через 2 дня после происшествия; имеются сообщения о разительном выздоровлении пациентов, леченых через 10 (или более) дней после травмы. Заранее определить эффективность отсроченной рекомпрессии у того или иного пациента невозможно.

**ЛИТЕРАТУРА**

1. Неотложная медицинская помощь: Пер. с англ./Под ред. Дж.Э. Тинтиналли, Р.Л. Кроума, Э. Руиза. — М.: Медицина, 2001.
2. Внутренние болезни Елисеев, 1999 год