



АЗОТНЫЙ НАРКОЗ

ВЛИЯНИЕ НА СОЗНАНИЕ ЧЕЛОВЕКА И ПРОФИЛАКТИКА

И.Р. Кленков, к.м.н., Д.П. Зверев, к.м.н.,
Военно-медицинская академия им. С.М. Кирова

Среди специфических водолазных заболеваний по степени витальной угрозы одно из ведущих мест занимает азотный наркоз. Уже на глубинах от 30 до 60 м при дыхании воздухом азотный наркоз проявляется эйфорией, а далее, с увеличением глубины погружения, появляются ослабление внимания, затруднение анализа окружающей обстановки, зрительные и слуховые галлюцинации, снижение кожной чувствительности, кратковременная потеря памяти и другие явления. Давайте подробно рассмотрим влияние азотного наркоза на деятельность водолаза.

Профессиональная работоспособность человека ухудшается за счет замедления скорости и уменьшения точности ответных реакций, нарушения аналитико-синтетической функции коры головного мозга и сокращения оперативной памяти. Увеличение глубины водолазного спуска до 110 м и более при дыхании воздухом приводит к помрачению сознания или к его потере.

Профилактика неблагоприятного действия азотного наркоза включает в себя несколько направлений:

- Ограничение глубины погружения с использованием для дыхания воздуха
- Создание искусственных дыхательных смесей, содержащих в качестве индифферентного газа менее наркотический газ, чем азот (гелий, водород, неон и др.)
- Разработка и совершенствование режимов компрессии, включающих остановки (ступенчатая компрессия)
- Отбор водолазов, устойчивых к азотному наркозу
- Обоснование и разработка способов, повышающих устойчивость организма к азотному наркозу



В соответствии с требованиями руководящих документов погружение под воду с использованием для дыхания воздуха проводятся на глубинах до 60 м. И только в аварийных ситуациях, связанных, прежде всего, со спасением людей, для высокоустойчивых к азотному наркозу водолазов глубина спуска может быть увеличена до 80 м. Такое ограничение обусловлено отрицательным действием повышенного парциального давления азота на организм человека, прогрессирующим с увеличением глубины погружения и приводящим к потере способности ориентироваться во времени и пространстве.

Определение устойчивости организма к азотному наркозу считается одним из основных мероприятий в системе медицинского обеспечения. Под устойчивостью понимают способность организма приспосабливаться к изменившимся условиям существования или действию повреждающих факторов окружающей среды. Применительно к азотному наркозу устойчивость человека характеризуется его индивидуальной ответной реакцией на действие парциального давления азота (pN_2) в условиях повышенного давления.

Так как различные ткани, органы и системы организма обладают неодинаковой чувствительностью к азоту, то и их ответная реакция будет определяться порогами их чувствительности. Чем выше чувствительность той или иной структуры организма, тем бо-

лее выраженной будет ее ответная реакция на одну и ту же интенсивность воздействия pN_2 и тем меньше будет ее устойчивость повреждающему действию этого фактора. Поэтому в настоящее время чувствительность к токсическому действию азота в условиях повышенного давления является основной характеристикой устойчивости организма водолаза.

В настоящее время для исследования чувствительности к азотному наркозу используется повышенное давление воздуха в барокамере, равное 70 м вод. ст. ($pN_2 = 0,64$ МПа). Проведение этих обследований возлагается на водолазных врачей.

Для выполнения погружений под повышенным давлением водолазы должны поддерживать физиологическую натрениро-





ванность фактическим объемом подводных работ, в случае же их отсутствия проходить тренировочные «спуски» в барокамере на глубины 80 и 100 м. Для врачей по водолазной медицине данные спуски являются единственным регламентированным способом поддержания физиологической натренированности.

Доказано, что даже при полном соблюдении требований режима декомпрессии у некоторого количества водолазов после выхода из барокамеры методом акустической доплеровской эхолокации выявляется внутрисосудистое декомпрессионное газообразование. Известно, что при систематическом поражении газовыми пузырьками тканей организма может развиваться хроническая декомпрессионная болезнь, которая уменьшает профессиональное долголетие водолазов и оборачивается большим, скрытым во времени, ущербом для их здоровья.

На наш взгляд, совершенно оправдано использование неспецифических способов для повышения устойчивости организма к азотному наркозу, так как специфические способы могут привести к декомпрессионной болезни и, следовательно, к уменьшению человеческого долголетия.

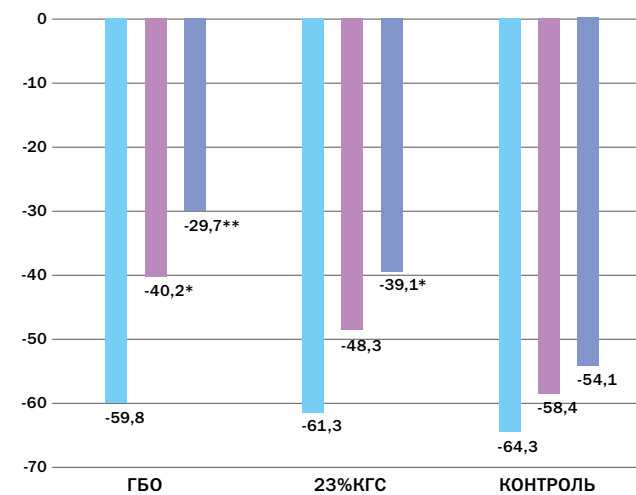
Необходимость использования неспецифических способов обусловлена рядом обстоятельств. Во-

первых, сами тренировки в барокамере не безразличны для организма, и дополнительное количество погружений может привести к ситуации, когда положительный эффект будет нивелирован расстройствами здоровья, проявляющимися через некоторое время хронической декомпрессионной болезнью. Во-вторых, для водолазов поддержание физиологической натренированности фактическим объемом подводных работ является нормальной практикой, и неспецифические способы повысят уже имеющийся уровень устойчивости организма.

При выборе неспецифических способов для повышения устойчивости организма к азотному наркозу мы исходили из практических соображений, а именно рассматривались те способы, которые наиболее доступны для водолазных врачей. Первым способом была выбрана гипербарическая оксигенация (ГБО), вторым способом — дыхание кислородно-гелиевой смесью при нормальном атмосферном давлении (дыхания 23% КГС).

Исследование (рис. 1 и 2) по оценке эффективности ГБО и дыхания 23% КГС показало, что после ГБО происходило улучшение функционирования ЦНС при азотном наркозе: после курсового применения ГБО — на 19,6% ($p < 0,05$), после курсового применения дыхания 23% КГС — на 13,0%, в контрольной группе —

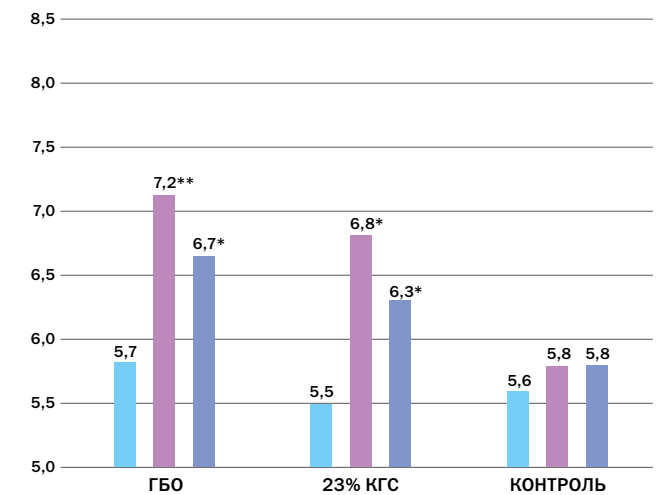
РИС. 1
ДИНАМИКА ПОКАЗАТЕЛЯ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ЦНС ПРИ АЗОТНОМ НАРКОЗЕ



* — $P < 0,05$; ** — $P < 0,01$

Исходное функционирование ЦНС при азотном наркозе
Функционирование ЦНС при азотном наркозе после курсовых применений (через 7 дней)
Функционирование ЦНС при азотном наркозе спустя 10 дней после курсовых применений (через 17 дней)

РИС. 2
ДИНАМИКА ИНТЕГРАЛЬНОГО ПОКАЗАТЕЛЯ ФИЗИЧЕСКОЙ РАБОТОСПОСОБНОСТИ (В УСЛ. ЕД.)



* — $P < 0,05$; ** — $P < 0,01$

Исходный уровень физической работоспособности
Уровень физической работоспособности после курсовых применений (через 7 дней)
Уровень физической работоспособности спустя 10 дней после курсовых применений (через 17 дней)

на 5,9%; а на 10 сутки: после ГБО — на 30,1% ($p < 0,01$), после дыхания 23% КГС — на 22,2% ($p < 0,05$) и в контрольной группе — на 10,2% по сравнению с исходными данными (см. рис. 1). Эти данные свидетельствуют о разной выраженности эффектов: при курсовом применении ГБО в 3 раза, при курсовом применении дыхания 23% КГС в 2 раза улучшался показатель функционирования ЦНС при азотном наркозе по сравнению с контролем.

Уровень физической работоспособности повышался как после ГБО на 25,4%, так и после 23% КГС на 22,7%, на 10 сутки уровень снижался, но все равно был выше исходного: после ГБО на 17,5%, а после дыхания 23% КГС на 14,7% (см. рис. 2).

Итак, приведенные данные свидетельствуют о выраженном и длительном (не менее 10 суток) повышении устойчивости организма к азотному наркозу двумя неспецифическими способами. Однако степень их выраженности различная, что, вероятно, связано с различными механизмами действия.

По-видимому, влияние ГБО на состояние тканевой микроциркуляции является одним из ведущих патогенетических механизмов ее профилактического и лечебного эффекта. Кислород под повышенным давлением ликвидирует гипоксию органов и тканей, пе-

реводя анаэробный тип окисления в аэробный. При этом улучшаются условия микроциркуляции.

Сапов И.А. и сотрудники сформулировали следующий механизм действия гипербарического кислорода на систему микроциркуляции: ГБО, создавая лучшие условия циркуляции крови в микрососудах, устраняет как «капиллярную» гипоксию, вследствие измене-





ния проницаемости и прочности стенки капилляра, так и «реологическую» гипоксию, за счет уменьшения агрегации эритроцитов и увеличения количества функционирующих капилляров.

В отличие от кислорода, широко используемого в гипербарической медицине, возможности воздействия кислородно-гелиевых дыхательных смесей для защиты организма от комплекса неблагоприятных факторов гипербарии практически не исследованы. Коэффициент диффузии кислорода и диоксида углерода в гелии больше, чем в азоте, поэтому снижается диффузионное сопротивление легких и возрастает эффективность внешнего дыхания. Эта



эффективность сохраняется даже после возврата к дыханию атмосферным воздухом, что свидетельствует об улучшении легочного кровотока, о повышении вентиляционно-перфузионного соотношения и коэффициента диффузии метаболически активных газов в дыхательной смеси.

Второй немаловажный эффект при дыхании кислородно-гелиевой смесью состоит в уменьшении сопротивления дыханию за счет снижения плотности дыхательной смеси. Благодаря низкой плотности гелия сравнительно с азотом (0,7 и 1,25 г/л соответственно) при неизменной линейной скорости движения дыхательного потока в кислородно-гелиевой среде значительно уменьшается число Рейнольдса, поэтому становится меньше турбулентных потоков в дыхательных путях.

Гелий не влияет на метаболизм, тогда как важен кислород и диоксид углерода. Однако гелий как газ-разбавитель позволяет сохранить вентиляцию неактивных сегментов легких, которые при нормальных условиях не функционируют, а в экстремальных становятся активными. На выдохе для обеспечения необходимого потока гелия необходим градиент давления в 1,8–2 раза меньше, чем для азота, что понижает сопротивление дыхательных путей, приводит к уменьшению формирования «воздушных ловушек» и оптимизации энергетической цены дыхания.



Оба физических эффекта — снижение плотности дыхательной газовой смеси и повышение диффузионного транспорта кислорода при дыхании кислородно-гелиевой смесью — оказывает благотворное действие не только на газообмен, но и, меняя газовую среду организма, позволяет ускорять метаболические процессы и повышать адаптационные возможности организма с помощью воздействия на дыхательную и сердечно-сосудистую системы. Помимо этого гелий может быть «проводником биологического действия гипербарии как таковой» и использоваться для предотвращения азотного наркоза.

Таким образом, коллективом кафедры физиологии подводного плавания Военно-медицинской академии обосновано использование двух неспецифических способов повышения устойчивости организма к азотному наркозу: курсовое применение ГБО ($pO_2=0,2$ МПа, изопрессия 45 минут, по 1 сеансу в день в течение 5 суток) и курсовое применение дыхания 23% КГС (23% кислорода и 77% гелия, один цикл состоит из дыханий: 23% КГС — 5 минут и атмосферным воздухом — 5 минут, в сеансе 4 цикла, продолжительность сеанса — 40 минут, по 1 сеансу в день в течение 5 суток) в условиях нормального атмосферного давления, поскольку приведенные данные свидетельствуют о сохранении нормального функционирования ЦНС при азотном наркозе после их

применения. Кроме этого увеличивался уровень физической работоспособности, который необходим при погружении в виду возникающего утомления под водой.

Вывод: Повышение устойчивости организма к азотному наркозу неспецифическими способами, т.е. не связанными с погружениями под воду или в барокамере, является перспективным, так как повышение устойчивости происходит за счёт расширения резервных возможностей и, что важно, без негативного воздействия на организм. Перед погружением под воду целесообразно проводить курсовое применение гипербарической оксигенации или курсовое применение дыхания 23% кислородно-гелиевой смесью при нормальном атмосферном давлении.

