

Л.Г. Медведев¹, А.В. Стаценко¹, В.Я. Апчел¹,
Д.В. Бакланов², В.И. Дмитрук³, А.И. Лупанов¹

Механизм нарушений функций мозга при кислородном отравлении и азотном наркозе у водолазов и подводников

¹Военно-медицинская академия им. С.М. Кирова, Санкт-Петербург

²Медицинская служба Северного флота, Североморск

³Общество с ограниченной ответственностью «Научно-производственный комплекс «Оптим»», Санкт-Петербург

Резюме. Сформулирована и косвенно подтверждена концепция формирования механизмов сознания и памяти с элементом фактора времени, показатели которого задаются скоростью репликации дезоксирибонуклеиновой кислоты в ядрах нейронов, а их кодирование и распознавание осуществляется по голографическому принципу в молекулярных структурах нуклеотидов. Выявлено, что при кислородном отравлении и азотном наркозе снижается синтез аденозинтрифосфорной кислоты в дыхательной цепи, что приводит к замедлению скорости репликации дезоксирибонуклеиновой кислоты и ухудшению показателей сознания и памяти. Установлено, что при начальном токсическом действии кислорода и азота нарушаются функции межнейронных синапсов, что сопровождается снижением физической работоспособности, ряда психофизиологических показателей и памяти. При выраженном токсическом действии кислорода и азота нарушаются молекулярные механизмы сознания и памяти, о чем свидетельствуют галлюцинации, потеря сознания и амнезия.

Исследования проведены с участием водолазов и подводников в морских и лабораторных условиях на глубинах до 210 м.

Ключевые слова: водолаз, подводник, кислород, азот, компрессия, декомпрессия, потеря сознания, ретроградная амнезия.

Введение. Нарушения функций мозга в виде потери сознания и утраты памяти наблюдаются у водолазов и подводников при кислородном отравлении и азотном наркозе [3, 5]. Оба заболевания являются следствием токсического действия на организм повышенных парциальных давлений кислорода и азота, входящих в состав дыхательных газовых смесей (ДГС). В проведенных ранее исследованиях [4, 9] разработана электронная концепция механизмов реакции организма на кислород и индифферентные газы в условиях повышенного давления, суть которой состоит в том, что, растворяясь в тканях, молекулы и атомы газов образуют с π -электронами дыхательной цепи нестойкие ионы и, тем самым, поглощают их энергию в соответствии со сродством к электрону [1]. Блокада энергии дыхательной цепи приводит к снижению синтеза аденозинтрифосфорной кислоты (АТФ). Кроме того, при взаимодействии кислорода в высоких концентрациях с π -электронами образуется дополнительное количество свободных радикалов, оказывающих токсическое действие.

Механизмы сознания и памяти в настоящее время рассматриваются в виде различных гипотез и концепций: биохимических, биофизических, физиологических и даже теологических. [4, 9, 10, 11, 14]. Все гипотезы объединяются одним общим элементом: сознание и память, как функции мозга, поддерживаются на необходимом уровне за счет энергии макроэргических связей АТФ. Одна из гипотез базируется на

предположении, что сознание, будучи тождественным мышлению и речи, является свойством мозга реагировать на внешние сигналы, преобразовывать их в электромагнитные коды нейросети, запоминать и узнавать эти коды, трансформировать и синтезировать из них матрицы мышления [10]. Первая часть указанных свойств, а именно преобразование внешних сигналов в электромагнитные коды нейросети и их запоминание, образуется на уровне атомно-молекулярной системы нейронов. Вторая часть, включающая распознавание кодов и синтез из них матрицы мышления, образуется другой системой атомов и молекул. Обе системы формируются в процессе филогенеза по генетическим программам [10]. Высказано предположение, что генный уровень памяти реализуется самопроизвольно на молекулярно-клеточном уровне при синтезе ядерной дезоксирибонуклеиновой кислоты (ДНК), которая в свою очередь программирует рост и функции нейрона [10]. Установлено также, что репликация ДНК осуществляется ДНК-полимеразами. Субстратами и источниками для синтеза полимераз служат макроэргические соединения на основе АТФ [6–8]. Кодирующая наследственные свойства часть генома составляет 15–20% от всей ДНК [15, 16]. Частота вращения спиралей ДНК при репликации составляет 75–100 Гц [11, 15, 17]. Предполагается, что в этом процессе участвует от 20 до 100 различных ферментов [8]. Биофизические исследования в выбранном направлении единичны [3, 4].

Гипотезы и концепции, объясняющие механизмы нарушения сознания и памяти при профессиональной водолазной патологии на молекулярном уровне, разработаны недостаточно [4, 9].

Цель исследования. Выявить особенности механизмов нарушений основных функций мозга при кислородном отравлении и азотном наркозе.

Материалы и методы. Обследовано 24 ученика-водолаза, 28 курсантов-подводников и 6 водолазов-глубоководников. Возраст обследованных – 21–32 года. Перед спусками все обследуемые проходили медицинский осмотр в соответствии с требованиями правил водолазной службы [6]. Время погружения (компрессии) составляло на 1-м этапе – 1–2 мин, на 2-м – 8–10 мин, на 3-м – 10–15 мин. Глубина погружения 210 м была следствием ошибочных действий обеспечивающего водолаза. Содержание и объем исследований приведены в таблице 1.

Клинико-физиологические исследования учеников-водолазов проводились за 2–3 суток до 1-го спуска, перед первым спуском, после 1-го, 2-го, 3-го, 4-го спусков и через 3 суток после 4-го спуска. Исследования курсантов-подводников проводились за 2–4 суток до спуска, непосредственно после спуска и через сутки после спуска. Исследования учеников-водолазов и курсантов-подводников включали определение показателей статической тремометрии (СТ), латентного периода простой сенсомоторной реакции (ЛПСР), объема кратковременной зрительной памяти (КЗП) и дополнительно у водолазов физической работоспособности. При этом использовались стандартные приборные и бланковые методики. Физическая работоспособность определялась по расчетным показателям PWC 170 с помощью велоэргометра при нагрузках мощностью 300 и 600 Вт.

Обследование водолазов-глубоководников при спуске на глубину 210 м заключалось в опросе жалоб и визуальной оценке их состояния в период декомпрессии.

Расчет блокированной мощности дыхательной цепи проводится по формуле:

$$Q=V \cdot l \cdot n / t,$$

где Q – блокированная мощность, Вт; V – объем кислорода и азота, растворенных в организме под давлением, см³; L – число Лошмидта, 2,687×10¹⁹ молекул газа в 1 см³, n – сродство молекулы кислорода к π-электрону – 10,83×10⁻¹⁹ Дж и молекулы азота – 1,11×10⁻¹⁹ Дж [1], t – экспозиция на грунте, с.

Результаты и их обсуждение. Перед спусками у учеников-водолазов показатели физической работоспособности, СТ, ЛПСР и объемов КЗП соответствовали физиологической норме. Динамика перечисленных показателей за 2–3 суток до 1-го спуска, перед 1-м первым спуском, после 1-го, 2-го, 3-го, 4-го спусков и через 3-е суток после 4-го спуска приведена в таблице 2.

Из таблицы 2 следует, что значения показателей после каждого спуска ухудшались, а через 3-е суток возвращались к исходным значениям. После 4-го спуска физическая работоспособность уменьшилась на 18%, показатели СТ ухудшились на 428% (количество касаний) и 219% (время касаний). Показатель ЛПСР увеличился на 26,7%, а объем КЗП снизился на 34,8%.

Установлено, что у курсантов-подводников за сутки до спуска показатели СТ, ЛПСР и КЗП также соответствовали физиологической норме. Динамика СТ, ЛПСР и КЗП до спуска, после спуска и через одни сутки отдыха после спуска приведена в таблице 3. После спуска показатели СТ увеличились на 320% (количество касаний) и 263% (время касаний). Показатель КЗП уменьшился на 16%. Приведенные в таблицах 2 и 3 данные свидетельствовали о нарушении функций межнейронных синапсов.

Сведения о субъективных ощущениях водолазов-глубоководников и оценке их состояния обеспечивающим водолазом, находящимся снаружи барокамеры, при спуске на глубину 210 м приведены в таблице 4.

Таким образом, в состоянии водолазов-глубоководников при компрессии можно выделить периоды эйфории (80–120 м), зрительных и слуховых галлюцинаций (120–140 м) и потери сознания (140–210 м). При декомпрессии с глубины 210 м до 130 м водолазы были без сознания. С глубины 130–120 м

Таблица 1

Содержание и объем исследований

Этапы	Показатель	Глубина спуска, м	Экспозиция на грунте, мин	Парциальное давление газов в ДГС, г/см ²		Количество человеко-спусков
				кислород	азот	
1	Начальное токсическое действие кислорода	10–12	120	2,0–2,2	–	96 (по 4 спуска на 24 ученика-водолаза)
2	Начальное наркотическое действие азота	80	20	1,8	7,2	28 (по 1 спуску на 28 курсантов-подводников)
3	Токсическое действие азота и кислорода	210	2–3	4,4	17,6	6 (по 1 спуску на 6 водолазов-глубоководников)

Таблица 2

Динамика показателей физической работоспособности, СТ, ЛПСР и КЗП у учеников-водолазов

Показатель	За 2–3 суток до 1-го спуска	Перед 1-м спуском	После 1-го спуска	После 2-го спуска	После 3-го спуска	После 4-го спуска	Через 3 суток после 4-го спуска
Физическая работоспособность (PWC170), Вт	210±12	215±18	220±16	212±14	190±12* (-10)	172±12* (-18)	–
Статическая треметрия: касаний за 15 с	4,52±0,58	13,48±1,72* (+198)	14,32±1,6* (+216)	15,76±1,7* (+248)	18,7±1,8* (+313)	29,9±0,9* (+428)	5,08±0,52 (+12)
время касаний, с	0,38±0,12	1,06±0,08* (+152)	1,28±0,12* (+200)	1,32±0,18* (+214)	1,28±0,22* (+204)	1,34±0,18* (+219)	0,52±0,14* (+23)
Латентный период простой сенсомоторной реакции, мс	138,4±4,28	142,32±5,4	154,8±6,4* (+17)	162,2±6,8* (+18.8)	168,5±5,8* (+24)	176,6±4,22* (+26.2)	142,4±5,2
Объем кратковременной зрительной памяти, кол-во фигур	9,02±0,16	8,52±0,18* (-5)	7,88±0,24* (-12)	7,26±0,22* (-19)	6,58±0,27* (-26)	5,88±0,18* (-34.8)	9,58±0,24

Примечание: * – изменения показателя по сравнению с исходными значениями, $p < 0,05$; в скобках приведен % изменения показателя по сравнению с исходными значениями.

наблюдались восстановление сознания, но с утратой памяти. Память у водолазов восстанавливалась через 1–1,5 суток после окончания декомпрессии. У одного из пострадавших впоследствии развилась энцефалопатия. Расчетная блокированная мощность дыхательной цепи после спусков на 1-м этапе составила 5–6 Вт; на 2-м этапе – 7,2 Вт и на 3-м этапе 134 Вт, что составило 6,8, 16 и 148% соответственно от «мощности» основного обмена (90 Вт) [7].

Механизмы нарушения сознания и памяти в условиях повышенного давления при использовании для дыхания сжатых кислорода и воздуха могут быть представлены следующим образом.

В осуществлении основных функций мозга среди прочих элементов должен присутствовать временной фактор. В качестве такого фактора целесообразно

рассматривать ритм репликации молекул ДНК в хромосомах. В условиях атмосферного давления частота вращения спирали ДНК при репликации составляет 75–100 Гц, что соответствует гамма-ритму электроэнцефалограммы. Его можно рассматривать в качестве базового (реликтового) ритма, который появился у первых живых существ. В мозге ритм репликации ДНК трансформируется в ритмы других органов и систем в условных «преобразователях» – структурах мозга, модели которых логично описаны в работе А.С. Холманского [10]. Источником энергии репликации служит АТФ, синтезируемая в дыхательной цепи. Спирали ДНК можно рассматривать в качестве молекулярного генератора электромагнитного поля. Частота репликации является генетически детерминированным свойством нейронов.

Таблица 3

Динамика показателей СТ, ЛПСР и КЗП у курсантов-подводников

Показатель	За сутки до спуска	После спуска на глубину 80 м	Через сутки после спуска
Статическая треметрия: количество касаний за 15 с	4,8±0,8	20,2±0,8* (+320)	5,4±0,6 (+15,5)
время касаний, с	0,424±0,08	1,54±0,4* (+263)	0,44±0,18
ЛПСР, мс	142±3,3	178,4±6,0* (+25)	148,3±4,6
КЗП, количество фигур	6,74±0,16	5,62 ± 0,12* (-16)	6,82±1,4

Примечание: * – изменения показателя по сравнению с исходными значениями, $p < 0,05$; в скобках – % изменения показателя по сравнению с исходными значениями.

Субъективные ощущения водолазов-глубоководников и оценка их состояния

Глубина спуска, м	Парциальное давление		Субъективные ощущения водолазов в порядке их появления	Оценка состояния водолазов обеспечивающим водолазом
	кислорода	азота		
Компрессия				
80–120	1,6–2,6	7,2–10,4	Эйфория, слабость, головная боль	Резкое возбуждение (крики, стук)
170–140	2,6–3,0	10,4–12,0	Зрительные и слуховые галлюцинации	Торможение, лежачее положение
140–210	3,0–4,8	12,0–17,6	Утрата сознания	Бессознательное состояние
Декомпрессия				
210–130	4,2–2,8	17,6–11,2	–	Бессознательное состояние
130–120	2,8–2,6	11,2–10,4	Восстановление сознания	Восстановление сознания
120–0	2,6–0,2	10,4–0,8	Утрата памяти	Восстановление сознания

Наиболее вероятно, что «носителем», или местом «дислокации» кодов-реперов памяти и частоты репликации ДНК являются участки хромосомы, на которой не закодированы наследственные свойства организма. Реплицированная ДНК хромосомы передает через дочернюю ветвь не только наследственные характеристики, но и коды-реперы памяти, а также частоту репликации ДНК. В условиях основного обмена 20% энергозатрат связано с функционированием мозга, что составляет около 20 Вт или $12,4 \times 10^{19}$ эВ [7]. Известно, что в мозге человека содержится около 10–100 млрд нейронов, поэтому расчетная мощность одного молекулярного генератора при репликации ДНК составляет около $12,4 \times 10^{10}$ эВ, из них 23% расходуется на синтез белка и 13% на генерацию электромагнитного поля [7], что составляет примерно $1,61 \times 10^9$ эВ или $0,75 \times 10^{-8}$ Дж. Эта величина довольно значительна для микропроцессов, происходящих в организме. Такая энергия выделяется при гидролизе 5×10^{11} молекул АТФ, синтезируемых в дыхательной цепи [7].

Запись и считывание всей информации, поступающей от органов чувств в мозг, а также механизм осознания собственного «Я» осуществляется в ДНК хромосом по голографическому принципу [16]. Роль источника энергии голограммы выполняет электромагнитное поле, образующееся при транскрипции ДНК. В роли матрицы голограммы выступает молекулярный «скелет» нуклеотидов. Изменение «рисунка» голограммы происходит путем модуляции электромагнитного поля ДНК. Наложение и последующее сравнение голограмм создает эффект осознания собственного «Я». Уменьшение синтеза АТФ, и как следствие, энергообеспечения транскрипции ДНК, может привести к потере сознания вследствие гипонергизации организма и к нарушению механизмов извлечения элементов памяти из молекулярных структур нуклеотидов.

Основу организации сознания и памяти на клеточном уровне составляют главным образом си-

наптические связи нейронов, которые формируют процессы запоминания сенсомоторных компонентов функций мозга [13–16]. Полагаем что, при блокаде π -электронов дыхательной цепи повышенной концентрацией кислорода и азота её мощность снижается на 5–7%, что ведет к уменьшению эффективности функций межнейрональных синапсов и, как следствие к ухудшению когнитивных процессов. Так, достоверно снижаются показатели статической тремометрии, латентного периода простой сенсомоторной реакции и объема кратковременной зрительной памяти (см. табл. 1, 2). При «блокаде» 148% расчетной мощности дыхательной цепи нарушаются механизмы формирования сознания и памяти на уровне ядерной ДНК, о чем свидетельствуют потеря сознания и ретроградная амнезия.

Восстановление памяти у водолазов после спуска на глубину 210 м позволяет считать, что ведущим механизмом ретроградной амнезии при азотном наркозе являются не «стирание» следов (кодов) памяти в ДНК, а транзиторные нарушения процессов их извлечения и использования. В ранее проведенном исследовании [2] установлено, что у водолазов при дыхании под давлением газовыми смесями с повышенным парциальным давлением кислорода и индифферентных газов происходит частотный сдвиг электроэнцефалограммы в более низкую зону. Этот факт, по данным автора, мог свидетельствовать о том, что при гипонергизации организма замедляется ритм репликации ДНК. При этом у водолазов нарушались память, внимание и резко ухудшались психофизиологические показатели ЦНС.

После снижения концентрации молекул азота и кислорода в организме, в том числе в дыхательной цепи, восстанавливается синтез АТФ, что приводит к нормализации функций мозга. Можно также предположить, что кодирование элементов памяти связано с изменением электромагнитного поля каждого нейрона. Извлечение информации из долговременной

памяти осуществляется благодаря взаимодействию рибонуклеиновой кислотой (РНК) с ДНК, в результате чего изменяется электромагнитное поле, транслируемое на клеточный уровень. Не исключено, что подобным образом РНК выявляет и устраняет мутагенные дефекты генома.

Выводы

1. Основным механизмом нарушений функций мозга при кислородном отравлении и азотном наркозе является гипоэнергизация тканей вследствие блокады энергии π -электронов парциальным давлением кислорода более 2,2 кгс/см² и азота более 10,4 кгс/см².

2. Блокада 5–7% мощности дыхательной цепи повышенным парциальным давлением кислорода и азота приводит к нарушению функций межнейрональных синапсов, а блокада 148% мощности дыхательной цепи – извлечению кодов памяти на уровне ядерных ДНК.

Литература

- Куриленко, О.Д. Краткий справочник по химии / О.Д. Куриленко. – Киев: Наукова думка, 1974. – С. 16–23.
- Медведев, Л.Г. Физиологические основы бездекомпрессионных переходов при водолазных спусках: автореф. дис. ... канд. мед. наук / Л.Г. Медведев. – Л.: 1972. – 179 с.
- Медведев, Л.Г. Электронная концепция механизмов реакции организма на инертные газы и кислород в условиях повышенного давления / Л.Г. Медведев [и др.] // Вестн. Рос. воен.-мед. акад. – 2010. – № 1. – С. 113–116.
- Медведев, Л.Г. Механизм инициации и развития острого кислородного отравления у водолазов / Л.Г. Медведев [и др.] Вести. Рос. воен.-мед. акад. – 2011 – № 4 – С. 130–133.
- Правила водолазной службы Военно-морского флота (ПВС ВМФ) – 2002. – Ч. II. Медицинское обеспечение водолазов Военно-морского флота. – М., Воениздат, 2004. – С. 122–126, 128–130.
- Радченко, А.Н. Молекулярные механизмы памяти: управление консолидаций рецептивных кластеров / А.Н. Радченко // сб. научн. тр. – М.: Нейроинформатика, 2005. – С. 100.
- Самойлов, В.О. Медицинская биофизика / В.О. Самойлов. – СПб: Спецлит, 2004. – С. 216–217.
- Северин, Е.С. Биохимия для вузов / Е.С. Северин [и др.]. – М. – 2009. – 779 с.
- Стаценко, А.В. Гипербарический стресс при хронической кислородной интоксикации / А.В. Стаценко // Вестн. Рос. воен.-мед. акад. – 2008. – № 1 (21). – С. 116–119.
- Холманский, А.С. Моделирование физики мозга / А.С. Холманский // Квантовая магия. – Т. 3. – 2006. – С. 3126–3155.
- Стайлет, А. Биохимия / А. Стайлер: пер. с англ. – Т. 3. – М.: Мир, 1987. – 328 с.
- Николс, Дж. Г. От нейрона к мозгу / Дж. Г. Николс [и др.]. – М.: Едиторная УРСС, 2003. – 672 с.
- Oliviero, L. Early tagging of cortical networks is required for the formation of enduring associative memory / L. Oliviero // Science. – Vol. 331. – 18 February 2011. – P. 924–928.
- Роуз, С. Устройство памяти. От молекулы к сознанию / С. Роуз: пер. с англ. – М.: Мир, 1995. – 38 с.
- Стент, Г. Молекулярная генетика / Г. Стент [и др.]: пер. с англ. – М, 1981. – С. 499–520.
- Талболт, М. Голографическая вселенная / М. Талболт: пер. с англ. – М.: изд-во «София», 2004. – 368 с.

L.G. Medvedev, A.V. Statsenko, V.Ya. Anchel, D.V. Baklanov, V.I. Dmitryk, A.I. Lupanov

The mechanism of disorders of the brain in oxygen poisoning and nitrogen narcosis in divers and submariners

Abstract. The conception of forming of memory mechanisms and consciousness with elements of time factor which indicators are given by deoxyribonucleic acid in nucleus of neurons which coding and recognition carried out on the holographic principle in molecular structures of nucleotides was formulated and indirectly confirmed. While oxygen poisoning and nitrogen narcosis synthesis of adenosine triphosphate in the breathing chain is declining which leads to slowing the rate of deoxyribonucleic acid replication and deterioration of consciousness and memory indicators. It's stated that primary toxic effect of oxygen and nitrogen violated the function of interneuronal synapses. This is evidenced by a decline in physical working capacity, psycho-physiological indicators and memory. In marked toxic effect of oxygen and nitrogen violated the molecular mechanisms of consciousness and memory, as evidenced by hallucinations, loss of consciousness and amnesia.

The studies were conducted with the participation of divers and submariners at sea and in laboratory conditions at depths up to 210 m.

Key words: diver, submariner, oxygen, nitrogen, compression, decompression, loss of consciousness, retrograde amnesia.

Контактный телефон: 8-901-372-45-80; e-mail: statsenko-a@mail.ru