

8. Удинцев Н. А., Хлынин С. М. Влияние магнитных полей на семенники.— Томск: Изд-во Томск. ун-та,— 1980.— 125 с.
9. Ухов Ю. И., Астраханцев А. Ф. Морфометрические методы в оценке функционального состояния семенников // Арх. анатомии, гистологии и эмбриологии.— 1983.— 84, № 3.— С. 66—72.
10. Фролькис В. В. Регулирование, приспособление и старение.— Л.: Наука.— 1970.— 448 с.
11. Fogg I. C., Cowing R. T. The changes in cell morphology and histochemistry of the testis following irradiation and their relation to other induced testicular changes // Cancer Res.— 1951.— 11.— P. 23—28.

Науч.-исслед. ин-т биологии и биофизики
Том. ун-та М-ва высш. и сред. спец. образования РСФСР

Материал поступил
в редакцию 25.02.91

УДК 612.014.464

В. В. Довгуша, Т. А. Павлова

Гипербарическая оксигенация в комплексе реабилитационных мероприятий моряков после длительного плавания на морских судах

У моряков после длительного плавания оценивали эффективность ГБО в комплексе с бальнеологическими процедурами (финской баней) и витаминотерапией. Установлено, что 10 сеансов ГБО в комплексе с финской баней компенсирует относительную кислородную недостаточность и ускоряет окислительно-восстановительные реакции в организме моряков при переходе на новый уровень функционирования после длительных рейсов. Обсуждаются основные физиологические механизмы этих изменений. Полученные результаты позволяют сделать вывод о том, что ГБО может успешно использоваться в целях восстановления работоспособности и реадaptации экипажей судов.

Введение

После длительного плавания на морских судах выполнение различной работы по возвращении на берег является для моряков значительной физической нагрузкой. Это можно объяснить двумя обстоятельствами: детренированностью человека в период плавания и перестройкой органов и систем его организма на новый уровень функционирования. В связи с этим моряки в первые сутки после возвращения предъявляют жалобы на быструю утомляемость, одышку при физической работе, боли в мышцах ног при ходьбе [8, 11]. Иногда после плавания физическая нагрузка может оказаться неадекватной состоянию моряков и привести к более выраженным расстройствам некоторых функций организма. Это обстоятельство выдвигает задачу по реабилитации моряков после длительных рейсов в число одной из центральных в физиологии морского труда.

Методика

В качестве основного метода медицинской реабилитации использовалась гипербарическая оксигенация (ГБО). Каждый исследуемый в изолирующем его от внешней атмосферы аппарате дышал кислородом по замкнутому циклу. Такой аппарат представлял собой сухую рекомпрессионную камеру. Содержание кислорода в дыхательном мешке камеры составляло 95—97 %. Давление в камере поднимали в течение 4—5 мин сжатым воздухом до 0,15 МПа (абсолютное давление кисло-

© В. В. ДОВГУША, Т. А. ПАВЛОВА, 1991

рода — 0,25 МПа). Снижение давления до нормального производили в течение 5—6 мин. Общее время пребывания под избыточным давлением составляло 1 час.

Для определения комплекса мероприятий, которые вместе с ГБО наиболее эффективно способствовали восстановлению нарушенных функций, исследуемые были разделены на четыре группы. У исследуемых первой и второй групп изучали влияние ГБО в чистом виде (каждый из долгоплавающих получил 10 и 5 сеансов ГБО соответственно группе). В третьей группе исследуемые получили сеанс ГБО после 30-минутного пребывания в финской бане (промежуток между баней и ГБО — 15 мин), температура сухого пара в которой составляла 97—100 °С. Каждый из исследуемых этой группы всего получил по 10 сеансов бани и ГБО. Исследуемые четвертой группы получили 10 сеансов ГБО и параллельно принимали ежедневно в течение 10 сут комплекс витаминов следующего состава: аскорбиновая кислота — 0,25, тиамин бромат — 0,025, рибофлавин — 0,025, кислота никотиновая — 0,005 (по 1 порошку в сутки). Каждой опытной группе соответствовала контрольная, которая включала в себя исследуемых, занимавшихся в течение 10 сут обычной повседневной деятельностью и участвующих во всех судовых мероприятиях. Всего обследовано 80 человек в возрасте 22—26 лет.

Для оценки эффективности реабилитации высчитывали относительное (%) уменьшение физической работоспособности после плавания и относительное (%) ее восстановление после ГБО и комплекса реабилитационных мероприятий.

Для выяснения механизмов реадaptации мы изучали влияние ГБО на восстановление функциональных изменений сердечно-сосудистой и дыхательной систем у моряков в период реадaptации. Обследованию подвергались 40 человек в возрасте 23—26 лет за 3 сут до плавания, на 4-е сутки после возвращения из плавания и после 10 сеансов оксигенотерапии. Одну группу составили 22 человека, другую (контрольную) — 18. Подсчитывали частоту сердечных сокращений, измеряли АД крови, проводили пробы: ортостатическую, Штанге, Генча. Регистрировали ЭКГ в 12 общепринятых отведениях. Реоэнцефалографические исследования проводили при фронтотемпоральном расположении электродов. По результатам анализа реоэнцефалограмм (РЭГ) определяли тесно коррелирующую с интенсивностью мозгового кровотока максимальную амплитуду пульсовой волны А, которую выражали в омах. Результаты исследования микроциркуляции оценивали по относительному числу функционирующих капилляров (%) в сетчатке глаза и отношению диаметра артериол (А) к диаметру сопровождающих венул (В).

Статистическая обработка результатов исследований (вычисление и сравнение значений средних и ошибок, коэффициентов корреляции, t-критерия) производили по общепринятым методикам. Различия значений сравниваемых показателей считали достоверным при вероятности нулевой гипотезы менее 0,05 ($P < 0,05$). Для исключения воздействия случайных факторов на изучаемые показатели был применен метод «выравнивания динамических рядов», основанный на принципе наименьших квадратов и заключающийся в том, что сумма квадратов отклонений фактических значений функции от искомым теоретических ее значений должна быть наименьшей.

Результаты и их обсуждение

Основываясь на том, что ГБО должна компенсировать относительную кислородную недостаточность у человека, возникшую в результате длительного плавания, и ускорять окислительно-восстановительные реакции в его организме при переходе на новый уровень функционирования после плавания, одним из главных предназначений ГБО стано-

вится ее применение в профилактических целях. В связи с этим возникает необходимость разработки рациональных режимов кислородной компрессии организма. В этом плане основными слагаемыми режимов являются парциальное давление кислорода и сроки пребывания под воздействием кислородом, который выбирался, исходя не из индивидуально достаточного срока в каждом конкретном случае, а из возможности массового применения метода, исключающего токсическое действие кислорода и обеспечивающего оптимальное насыщение им организма [9].

Экипажи судов в период плавания адаптируются к гипоксии, которая возникает в результате действия на организм неблагоприятных факторов длительного плавания, в частности, малоподвижного образа жизни (гипокинезии), влекущего за собой снижение активности некоторых органов и систем (сердечно-сосудистой, пищеварительной, мышечной и т. д.), обменных реакций (окислительно-восстановительных и др.). В связи с этим судовые специалисты после плавания составляют патогенетически однородную группу и в этом случае вполне приемлемы однотипные режимы ГБО.

Выбор реабилитационного режима обуславливался следующими двумя известными фактами: нарушением центральной и периферической гемодинамики (возникает своего рода относительная гипоксия циркулирующей крови и тканей, для ускоренной ликвидации которой необходимо достаточно высокое парциальное давление кислорода в крови и тканях при одинаковом объеме кровотока [4, 5]); интенсивным насыщением кислородом тканей за счет диффузии физически растворенного O_2 из плазмы, в течение первого часа пребывания под повышенным давлением кислорода, которая затем снижается в последую-

Показатели гемодинамики и дыхательных проб ($M \pm m$) у моряков после гипербарической оксигенации

Показатель	Группа обследованных	Период		
		До плавания	После плавания	После 10 сеансов ГБО
Ортостатическая проба	I	$11 \pm 1,1$	$17 \pm 1,6$	$12 \pm 1,2$
	II	$10 \pm 1,2$	$18 \pm 1,4$	
Частота сердечных сокращений, Гц	I	$1,23 \pm 0,01$	$1,45 \pm 0,07$	$1,27 \pm 0,07$
	II	$1,27 \pm 0,07$	$1,48 \pm 0,07$	
Артериальное систолическое давление, кПа	I	$16,7 \pm 0,5$	$15,6 \pm 0,5$	$16,8 \pm 0,4$
	II	Нет свед.	Нет свед.	Нет свед.
Амплитуда зубца R в стандартных отведениях, мм	I	$25 \pm 1,6$	$20 \pm 1,4$	$27 \pm 1,3$
	II	$26 \pm 1,4$	$21 \pm 1,3$	Нет свед.
Амплитуда зубца T в стандартных отведениях, мм	I	$6,7 \pm 0,4$	$5,1 \pm 0,2$	$6,3 \pm 0,3$
	II	$6,3 \pm 0,3$	$4,8 \pm 0,2$	Нет свед.
Продолжительность электрической систолы, с	I	$0,32 \pm 0,099$	$0,36 \pm 0,01$	$0,31 \pm 0,008$
	II	$0,32 \pm 0,096$	$0,35 \pm 0,007$	Нет свед.
Систолический показатель, %	I	$42 \pm 0,7$	$45 \pm 0,5$	$42 \pm 0,5$
	II	$42 \pm 0,6$	$44 \pm 0,6$	Нет свед.
Проба Генча, с	I	$34 \pm 2,1$	$25 \pm 1,9$	$36 \pm 2,2$
	II	$36 \pm 1,8$	$24 \pm 1,7$	Нет свед.
Проба Штанге, с	I	$59 \pm 3,8$	$50 \pm 3,1$	$74 \pm 4,2$
	II	$58 \pm 3,4$	$51 \pm 3,0$	Нет свед.
Микроциркуляция, % функционирующих сосудов	I	100	75—80	90—95
	II	100	75—80	Нет свед.
РЭГ А, Ом	I	$0,124 \pm 0,005$	$0,109 \pm 0,003$	$0,117 \pm 0,006$
	II	$0,122 \pm 0,006$	$0,108 \pm 0,004$	Нет свед.
Ударный объем сердца, мл	I	$47,6 \pm 0,2$	$44,2 \pm 0,3$	$47,3 \pm 0,4$
	II	$47,3 \pm 0,1$	$43,8 \pm 0,1$	Нет свед.
Минутный объем кровообращения, л/мин	I	$3,40 \pm 0,05$	$3,94 \pm 0,02$	$3,36 \pm 0,04$
	II	$3,32 \pm 0,03$	$3,86 \pm 0,06$	Нет свед.
Коэффициент выносивости, усл. ед	I	$16,8 \pm 0,1$	$19,3 \pm 0,1$	$16,9 \pm 0,2$
	II	$17 \pm 0,1$	$19,6 \pm 0,2$	Нет свед.

шие часы (в течение периода сатурации в этих условиях не отмечается признаков токсического действия кислорода [6]).

Максимальная концентрация кислорода в крови при ГБО устанавливается в течение 5—30 мин. Кроме того, насыщение органов совершается в такой последовательности, которая по своей сути очень необходима организму моряков при переходе на новый уровень функционирования после плавания, а именно: головной мозг, спинной мозг, печень, почки, легкие, мышцы [1, 3]. Преимуществами ГБО перед вдыханием кислорода под обычным давлением после плавания являются быстрое увеличение содержания кислорода и его парциального давления в крови и тканях и возможность сократить расстояние эффективной диффузии кислорода в ткани, особенно при микроотеках, нарушении микроциркуляции. В вопросе о критериях обоснования продолжительности циклов ГБО и сроков завершения макровосстановительных процессов в организме (улучшения самочувствия, восстановления физической и умственной работоспособности, функций основных систем организма, уменьшения азотистых шлаков в выдыхаемом воздухе и т. д.). При этом учитывали, что при использовании данного метода как профилактического имела цель повысить pO_2 в тканях до таких значений, при которых газообмен будет осуществляться за счет окисленного до 100 % гемоглобина и растворенного в плазме кислорода. В результате такой сатурации значительно возрастает содержание кислорода («сверхнасыщение») в жидких средах организма, составляющих 70 % массы тела, превращая его в «резервный кислород» [7, 12]. Такое состояние можно достигнуть, когда весь гемоглобин венозной крови окисляется до оксигемоглобина. Критерием физиологической адекватности гипербарической оксигенации является повы-

КСИ код	генации (ГБО) исследования	Достоверность различий между периодами обследования			
		Сравниваемые пары	Значения достоверности	Сравниваемые пары	Значения достоверности
в	После 10 суток повседневной деятельности				
	16±1,3	1—2	0,01	2—3	0,05
		1—2	0,01	2—4	0,05
		1—2	0,05	2—3	0,05
	1,47±0,07	1—2	0,05	2—4	0,05
	Нет свед.	1—2	0,05	2—3	0,05
	Нет свед.				
	Нет свед.	1—2	0,01	2—3	0,01
	22±1,3	1—2	0,01	2—4	0,05
	Нет свед.	1—2	0,01	2—3	0,05
	4,9±0,24	1—2	0,01	2—4	0,05
	Нет свед.	1—2	0,05	2—3	0,05
	0,33±0,006	1—2	0,01	2—4	0,05
	Нет свед.	1—2	0,01	2—3	0,01
	44±0,5	1—2	0,05		
		1—2	0,01	2—3	0,01
	28±1,9	1—2	0,001	2—4	0,05
	Нет свед.	1—2	0,05	2—3	0,05
	53±3,2	1—2	0,05	2—4	0,05
	Нет свед.	1—2	0,05		
	80	1—2	0,05		
	Нет свед.	1—2	0,05	2—3	0,05
	0,116±0,005	1—2	0,05	2—4	0,05
	Нет свед.	1—2	0,01	2—3	0,05
	44,0±0,25	1—2	0,01	2—4	0,05
	Нет свед.	1—2	0,05	2—3	0,01
	3,8±0,07	1—2	0,05	2—4	0,05
	Нет свед.	1—2	0,05	2—3	0,05
	19,2±0,18	1—2	0,05	2—4	0,05

шение содержания кислорода в тканях до нормальных значений при гипоксических состояниях (в нашем случае — относительной гипоксии после плавания) и до значений, позволяющих создать в организме кислородный резерв для ускорения окислительно-восстановительных реакций в межгипербарические промежутки времени.

При сохраненной гемодинамике и нормальном содержании гемоглобина увеличение содержания растворенного кислорода при парциальном давлении 0,25 МПа позволяет повысить напряжение тканевого pO_2 и создать кислородные запасы в организме. При ГБО организм переходит в качественно новое состояние, характеризующееся экономичностью и стабильностью важнейших функций, при этом интактные функции тормозятся, поврежденные восстанавливаются и нормализуются или активируются и восстанавливаются [2].

Для оценки состояния организма моряков после плавания на морских судах мы использовали показатель физической работоспособности PWC_{170} . Анализ результатов его определения свидетельствует в пользу того, что уменьшение физической работоспособности после плавания происходит в пределах 15—20 %, причем 1/5 обследованных в момент нагрузки жаловалась на усталость и незначительные боли в нижних конечностях. После проведения 5-сеансного курса оксигенобаротерапии средние значения показателя физической работоспособности в первой группе составили 1060 ± 54 (93 % уровня перед плаванием), во второй группе — 1013 ± 39 (также 93 % уровня перед плаванием). Однако мы считаем, что 5 сеансов оксигенобаротерапии для полного восстановления физической работоспособности недостаточно, так как полученный эффект носил нестойкий характер. Хорошие результаты восстановления физической работоспособности после плавания получены при применении 5 сеансов ГБО в комплексе с финской баней (стойкое, 95 %-ное восстановление). ГБО в чистом виде оказывает наиболее благоприятное влияние на восстановление физической работоспособности моряков после 10 сеансов. Так, физическая работоспособность восстановилась до 93 % предрейсового уровня, тогда как при ГБО в комплексе с различными профилактическими мероприятиями физическая работоспособность восстанавливается до 90—95 % уровня до плавания, требуя при этом дополнительных организационных мероприятий и времени. Восстановительного эффекта от приема комплекса витаминов ни в контроле, ни в опытной группе не отмечено.

Повышение физической работоспособности после ГБО, по нашему мнению, обусловлено повышением экономичности сердечно-сосудистой и дыхательной систем. Поступающий в избытке в организм кислород способствует активации энергетического обмена. ГБО, создавая лучшие условия циркуляции крови в микрососудах, устраняет гипоксию в капиллярах вследствие изменения их проницаемости и «реологическую» гипоксию за счет уменьшения агрегации эритроцитов и увеличения числа функционирующих капилляров. Указанные механизмы способствуют нормализации функций основных органов и систем.

Результаты исследования механизмов реадaptации, представленные в таблице, показали, что у моряков после длительного плавания определяются умеренная тахикардия, снижение систолического и диастолического давления, увеличение значений показателя ортостатической пробы, снижение суммарного вольтажа зубцов R и T в стандартных отведениях, удлинение электрической систолы и увеличение значений систолического показателя. Анализируя данные, полученные после 10 сеансов ГБО, следует отметить, что у обследованных улучшились показатели гемодинамики (нормализовались частота сердечных сокращений, артериальное давление), ортостатической пробы, реполяризации в сердце (увеличился суммарный вольтаж зубцов T в стандартных отведениях), увеличились суммарный вольтаж зубцов комплекса QRS в стандартных отведениях, время задержки дыхания на вдохе и выдохе. Показатели РЭГ в этой группе, имели тенденцию к

нормализации ($P < 0,05$). В контрольной группе, обследованной после 10 сут обычной повседневной деятельности, показатели гемодинамики, дыхательные пробы, РЭГ фактически не изменились по сравнению с показателями, полученными при обследовании после длительного плавания.

В результате исследований, проведенных до плавания, установлено, что у моряков склера светлая, прозрачная. На этом фоне четко определялись функционирующие на различной глубине артериолы, прекапилляры, капилляры и вены. Диаметр артериол относился к диаметру сопровождающих венул в среднем, как $1/1,5$ и $1/2$. После плавания при конъюнктивальной биомикроскопии отмечалось побледнение склеры, диаметр артериол относился к диаметру венул, как $1/2$ и $1/2,5$. Кровоток в венулах был замедлен. Зарегистрировано выраженное (до 20—25 %) уменьшение числа функционирующих капилляров.

Нарушение микроциркуляции при замедлении кровотока, микроотеки значительно увеличивают путь диффузии кислорода из сосудистого русла в клетки тканей и создают условия для развития тканевой гипоксии. Развитие гипоксии в свою очередь приводит к ограничению реакций обмена веществ, накоплению продуктов неполного обмена. Сопоставление результатов, полученных при использовании этих методов, дает возможность более обоснованно судить о состоянии гемодинамики в сосудах бассейна внутренней сонной артерии.

После 10 сеансов ГБО отмечалось увеличение числа функционирующих капилляров, уменьшалась способность эритроцитов к агрегации, исчезало побледнение склеры, как $1/2$ относились диаметры артериол и сопровождающих венул, увеличилась скорость кровотока в венулах. В контрольной группе имелась только тенденция к указанным выше изменениям.

При кратковременном дыхании кислородом под повышенным давлением отмечался переход тканевой жидкости в кровь. Это, вероятно, способствовало ликвидации микроотечков у моряков с параллельным насыщением крови и тканей кислородом при проведении профилактической ГБО после плавания. При этом, после плавания у моряков исчезали боли в конечностях уже после 3 сеансов ГБО, а в контрольной группе — на 7-е—9-е сутки. Это согласуется с литературными данными [10], свидетельствующими, что при нарушении кровообращения кислородная терапия способствует нормализации измененных гипоксией сосудистых рефлексов.

Хороший эффект в наших исследованиях оказал комплекс ГБО в сочетании с финской баней, когда с помощью так называемой «капилляротерапии» — глубинного воздействия на капилляры путем их расширения бальнеологическими процедурами — уменьшался спазм артерий и капилляров при ГБО и обеспечивалась более быстрая ликвидация общей и местной гипоксии тканей. ГБО, создавая лучшие условия для циркуляции крови в микрососудах, устраняет тканевую гипоксию. Основными механизмами этого эффекта следует считать: улучшение кровообращения в капиллярах, увеличение количества кислорода, переносимого кровью, диффузию физически растворенного кислорода из плазмы в ткани, ликвидацию открытых отсеков, ускорение удаления (вымывания) продуктов метаболизма и неполностью окисленных продуктов обмена, улучшение реологических свойств крови. Во всех случаях ГБО позволяет значительно повысить напряжение кислорода в тканях еще до нормализации периферического кровообращения. Анализ заболеваемости в этот период в группах, принимавших сеансы ГБО, и не принимавших, не позволил вскрыть каких-либо ее особенностей. Следовательно, перестройка функций организма у моряков происходит в пределах физиологических параметров.

Полученные результаты позволяют сделать вывод о том, что ги-

пербарическая оксигенация может успешно использоваться в целях восстановления работоспособности и реадaptации моряков в период после длительного пребывания в плавании.

V. V. Dovgusha, T. A. Pavlova

HYPERBARIC OXYGENATION IN THE COMPLEX
OF REHABILITATION PROGRAMS FOR SEAMEN AFTER LONG SAILING

It is established that 10 sessions of hyperbaric oxygenation in complex with balneologic procedures (Finnish baths) compensate the relative oxygen insufficiency and stimulate the redox processes of the sailor organism when transferring to a new functional level after long voyages. It is concluded that hyperbaric oxygenation is worth-while to restore working capacity and to rehabilitate the crews in the period after long sailing.

Research Institute of Sea Transport Hygiene,
Ministry of Public Health of the USSR, Saint-Petersbourg

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Березин И. П. Гипербарическая оксигенация.— М., 1974.— 126 с.
2. Бураковский Б. И., Бокерия Л. А. Гипербарическая оксигенация в сердечно-сосудистой хирургии.— М., 1974.— 295 с.
3. Гипербарическая оксигенация // Тез. докл. 11-го Всесоюз. симп.— М., 1975.— 172 с.
4. Довгуша В. В. Некоторые особенности церебральной гемодинамики у операторов при длительном плавании // Воен.-мед. журн.— 1976.— N 8.— С. 62—63.
5. Довгуша В. В. Динамика кровенаполнения сосудов головного мозга и работоспособность моряков в период плавания // Воен.-мед. журн.— 1981.— N 10.— С. 53—54.
6. Жиронкин А. Г., Панин А. Ф., Сорокин П. А. Влияние повышенного парциального давления кислорода на организм человека и животных.— Л.: Медицина, 1965.— 187 с.
7. Материалы VII Международного конгресса по гипербарической оксигенации.— М.: Наука, 1971.— Т. 1.— 215 с.
8. Мацевич Л. М. Основные принципы охраны здоровья моряков // Совершенствование средств и методов охраны здоровья работников водного транспорта.— Л., 1985.— С. 2—5.
9. Петровский В. В., Ефун С. Н. Основы гипербарической оксигенации.— М., 1976.— 344 с.
10. Пушкарев А. Д. Сосудистые рефлексы при гипоксических состояниях // Терап. архив.— 1960.— 32, N 1.— С. 13—62.
11. Сапов И. А., Солодков А. С. Состояние функций организма и работоспособность моряков.— Л.: Медицина, 1980.— 190 с.
12. Сапов И. А. К вопросу о зависимости эффекта лечебного действия гипербарической оксигенации от состояния микроциркуляции организма // Тез. VIII Международ. конгр. по гипербарической медицине.— М., 1981.— С. 151.

Науч.-исслед. ин-т
гигиены морского транспорта
М-ва здравоохранения СССР, Санкт-Петербург

Материал поступил
в редакцию 29.12.90