

© Группа авторов, 2002

***Влияние гипербарической оксигенации на активность
репаративного костеобразования при лечении переломов
по Илизарову у пожилых людей***

**В.И. Шевцов, А.А. Свешников, Ю.М. Сысенко, Е.В. Николайчук, Т.А. Ларионова,
Л.А. Смотрова**

***The effect of hyperbaric oxygenation on reparative osteogenesis
activity during fracture treatment according to Ilizarov in elderly
subjects***

**V.I. Shevtsov, A.A. Sveshnikov, Y.M. Sysenko, E.V. Nickolaichouck, T.A. Larionova,
L.A. Smotrova**

Государственное учреждение науки

Российский научный центр "Восстановительная травматология и ортопедия" им. академика Г. А. Илизарова, г. Курган
(генеральный директор — заслуженный деятель науки РФ, член-корреспондент РАМН, д.м.н., профессор В.И. Шевцов)

Исследования проведены на 23 мужчинах и женщинах в возрасте 60-70 лет, имевших диафизарные переломы длинных костей нижних конечностей. Чрескостный остеосинтез осуществляли по методу Г.А. Илизарова. Контролем служила группа больных аналогичного возраста, но не проходившая курс ГБО. О состоянии кровообращения и костеобразования судили по результатам обследования с ^{99m}Tc-технефором на гамма-камере. До начала и после окончания курса ГБО-терапии исследовали состояние гипофизарно-надпочечниковой и симпатoadренальной систем. Устанавливали коэффициенты — НА/А и цАМФ/цГМФ. Определяли вегетативные индексы. Установлено, что под влиянием ГБО улучшается течение репаративного процесса.

Ключевые слова: переломы, гипербарическая оксигенация, вегетативная нервная система.

23 male and female patients at the age of 60-70 years with shaft fractures of lower limb long bones were used for observation. Transosseous osteosynthesis was performed according to G.A. Ilizarov method. A group of patients of similar age, which was not subjected to HBO course, was a control one. Circulation and osteogenesis conditions were determined by the results of examination with ^{99m}Tc-technephor using gamma camera. The condition of the adrenolohypophysial system and sympathoadrenal one was studied before starting of HBO-therapy course and after its completion. Noradrenaline/adrenaline coefficients and those of cyclic nucleotides () were established. Vegetative indices were determined. It was revealed that reparative process improved under the influence of HBO.

Keywords: fractures, hyperbaric oxygenation, vegetative nervous system.

Вопрос о механизме действия гипербарической оксигенации (ГБО) до сих пор остается до конца не изученным, хотя и имеется ряд основополагающих работ [1-5]. Безусловно, она является сильным стресс-фактором. Ведущая роль в происходящих изменениях принадлежит специфическим и неспецифическим адаптационным реакциям организма [2, 3]. В большей мере изучены прямые влияния на здоровый и боль-

ной организм. Неспецифические реакции обусловлены деятельностью симпатoadренальной системы (САС) [4, 5].

Цель данной работы состояла в выяснении механизма действия ГБО на регенерацию костной ткани в условиях чрескостного остеосинтеза путем изучения состояния гипофизарно-надпочечниковой и симпатoadренальной систем.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Исследования проведены на 23 мужчинах и женщинах 60-70 лет, имевших переломы длинных костей нижних конечностей. Чрескостный остеосинтез осуществляли по методу Г.А. Илизарова. Остеосцинтиграфия проведена у 14 больных, вегетативные индексы рассчита-

ны у 11, концентрация гормонов определена у 8. Контролем служили группы больных (применительно к каждому возрасту), которые не проходили курс ГБО.

ГБО-терапия проводилась в барокамере БЛКС-303МК один раз в сутки под давлением

1,4-1,8 Ата. Продолжительность сеанса 60 минут, время изопреции – 40 минут.

Общее количество сеансов – 10. ГБО назначалась обычно на 3-5 дни после перелома тем больным, у которых был повышен исходный уровень адреналина.

О состоянии кровообращения и костеобразования судили по времени поступления ^{99m}Tc -технефора в место перелома и последующего сращения, объеме циркулирующей крови и величине поглощения в регенерате данного меченого соединения. Больных обследовали на эмиссионном фотонном компьютерном томографе фирмы «Siemens».

До начала и после окончания курса ГБО-терапии исследовали состояние гипоталамо-надпочечниковой и симпатoadреналовой систем. С этой целью определяли концентрацию гормонов стресс-группы (АКТГ, альдостерон, кортизол), катехоламинов - адреналина (А) и норадреналина (НА), а также остеотропных гормонов (паратирин, кальцитонин, остеокальцин), соматотропина и циклических нуклеотидов (цАМФ и цГМФ). Устанавливали коэффициенты – НА/А и цАМФ/цГМФ.

Концентрацию гормонов определяли методом радиоиммунологического анализа на гамма-счетчике с помощью наборов (китов), поставлявшихся фирмой «ЦИС» (Франция). Исследования НА и А проводили спектрофотометрическими методами на анализаторе «ЕРАК 6140» фирмы «Erpendorf», используя стандартные наборы реактивов фирмы «Raichem».

Для оценки вегетативного тонуса использовали комплекс традиционных показателей: частоту сердечных сокращений (ЧСС), дыхания (ЧД), систолическое (САД) и диастолическое (ДАД) артериальное давление по методу Н.С. Короткова в мм. рт. ст., индексы внутри - и межсистемных рассогласований, а также данные вариационной пульсометрии.

Индекс Кердо $[(\text{ВИК}, (1-\text{ДАД}/\text{ЧСС}) \times 100)]$ указывает на преобладание влияния симпатической или парасимпатической регуляций. Коэффициент Хильденбрандта (КХ, ЧСС/ЧД) - на сбалансированность взаимодействий сердечно-сосудистой и дыхательной систем. Индекс Аллговера (ИА, ЧСС/САД) отражает состояние систолического выброса – главного прогностического показателя кровообращения. Двойное произведение (ДП, ЧСС $\times$ САД/100) - работу сердечной мышцы. Коэффициент выносливости (КВ, ЧСС/САД-ДАД) свидетельствует о функциональных возможностях ССС. Коэффициент экономичности кровообращения $[(\text{КЭК}, (\text{САД}-\text{ДАД} \times \text{ЧСС}))]$ отражает затраты организма на передвижение крови в сосудистом русле.

На наличие вегетативной дисрегуляции указывали также высокий ВИК, выявляемая тенденция к снижению ЧСС и ЧД, повышенный КХ. Отличительная их особенность в том, что они доказывают наличие у обследуемых как внутрисистемного (симпатико-парасимпатического), так и межсистемного вегетативного дисбаланса (рассогласования деятельности дыхательной и сердечно-сосудистой систем), что отражает состояние перенапряжения систем регуляции.

Сопряженность гормонального и медиаторного звеньев САС оценивали по отношению НА/А. Определялись среднеквадратичное отклонение ритма сердца (ΔS) и индекс напряжения (ИН).

При расчетах использовался также стандартный пакет обработки биологических и медицинских данных BMDP для ИБС РС. Это позволило выявить зависимость между функциональным состоянием САС и результативностью оксигенотерапии (ОБТ), что в свою очередь дало возможность прогнозировать с большой долей вероятности как ожидаемый лечебный эффект, так и оптимальные сроки проведения повторных курсов баротерапии.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

АКТГ. В ближайшие часы после травмы концентрация гормона была увеличена в 10 раз. Перед началом сеанса ГБО (3-5 дни после травмы) – в 8 раз. После первого сеанса содержание гормона вновь увеличивалось до 11 раз, а после третьего - снижалось. После 10-го концентрация гормона была увеличена в 3,8 раза (у больных, которые не проходили курс баротерапии, – в 6 раз). Через 20 дней после окончания ГБО она выше нормы в 1,3 раза (у непроходивших – в 1,9 раза) (табл. 1).

Кортизол. В ближайшие часы после травмы концентрация увеличивалась в 2,9 раза. На 3-й день содержание было увеличено в 2,3 раза. По-

сле 3-го сеанса ГБО концентрация увеличилась до 2,5 раз (у больных без ГБО – в 1,9 раза). После 10-го сеанса она была выше нормальных значений в 1,3 раза (без ГБО – в 1,6 раза). Через 20 дней после окончания терапии – не отличалась от нормы (у непроходивших курс она была больше в 1,13 раза).

Альдостерон. Концентрация после травмы была увеличена в 4,0 раза. Перед началом сеансов ГБО – в 3 раза. После 3-го сеанса вновь возросла до 3,4 раза. После окончания курса (10 сеансов) была повышена в 1,3 раза (у непроходивших курс баротерапии – в 1,7 раза). Через 20 дней находилась в пределах нормы (табл. 1).

Таблица 1.

Влияние ГБО на концентрацию гормонов, характеризующих состояние гипоталамико-надпочечниковой и симпатoad-реналовой систем, остеотропных гормонов и циклических нуклеотидов у больных 60-70 лет с переломами нижних конечностей ($M \pm m$)

Гормоны	Норма	Травма, 3-й день	После 3-го сеанса ГБО	После 10 сеансов ГБО	Через 20 дней после ГБО
АКТГ (пг/мл)	36,8 $\pm$ 1,44	293,0 $\pm$ 10,86	341 $\pm$ 12,42	138,6 $\pm$ 8,6	48,1 $\pm$ 2,4
Кортизол (пг/мл)	158,0 $\pm$ 3,65	359,0 $\pm$ 19,13	396 $\pm$ 15,23	203,7 $\pm$ 13,5	165,6 $\pm$ 3,5
Альдостерон (пг/мл)	62,1 $\pm$ 2,84	187,9 $\pm$ 3,66	212 $\pm$ 14,17	77,3 $\pm$ 4,30	69,4 $\pm$ 2,7
Норадреналин (нг/мл)	147,8 $\pm$ 9,71	221,7 $\pm$ 12,40	243,9 $\pm$ 19,7	186,9 $\pm$ 12,7	167,0 $\pm$ 7,8
Адреналин (нг/мл)	30,6 $\pm$ 4,34	76,5 $\pm$ 7,32	127,8 $\pm$ 9,17	58,4 $\pm$ 3,30	37,1 $\pm$ 3,2
Коэффициент НА/А	4,8 $\pm$ 0,30	2,9 $\pm$ 0,20	1,9 $\pm$ 0,10	3,2 $\pm$ 0,12	4,5 $\pm$ 0,11
Паратирин (нг/мл)	0,7 $\pm$ 0,03	6,86 $\pm$ 0,49	6,04 $\pm$ 0,23	5,7 $\pm$ 0,42	0,84 $\pm$ 0,29
Соматотропин (нг/мл)	1,22 $\pm$ 0,07	2,74 $\pm$ 0,11	4,63 $\pm$ 0,12	7,01 $\pm$ 0,27	9,04 $\pm$ 1,7
Кальцитонин (пг/мл)	108,6 $\pm$ 2,92	141,18 $\pm$ 6,24	173,8 $\pm$ 9,12	239,0 $\pm$ 12,8	270 $\pm$ 10,7
Остеокальцин (нг/мл)	5,3 $\pm$ 0,4	6,8 $\pm$ 0,3	18,7 $\pm$ 0,91	29,6 $\pm$ 1,3	41,7 $\pm$ 2,4
цАМФ (пм/мл)	14,2 $\pm$ 1,24	34,28 $\pm$ 4,32	26,03 $\pm$ 1,62	19,3 $\pm$ 2,6	14,8 $\pm$ 2,12
цГМФ (пм/мл)	1,63 $\pm$ 0,09	3,18 $\pm$ 0,14	3,47 $\pm$ 0,24	4,2 $\pm$ 0,32	1,8 $\pm$ 0,21
цАМФ/цГМФ	8,7 $\pm$ 0,42	10,8 $\pm$ 0,79	7,5 $\pm$ 0,62	4,6 $\pm$ 0,48	8,2 $\pm$ 0,52

Таким образом, травма привела к усилению деятельности гипоталамико-надпочечниковой системы. В силу этого, на третий день концентрация АКТГ, кортизола и альдостерона была увеличена в несколько раз. ГБО также вначале приводила к увеличению этих гормонов, но в последующем происходила быстрая нормализация.

Норадреналин и адреналин (НА/А). Симпатoad-реналовая система реагировала увеличением концентрации главным образом адреналина (в 2,5 раза) и в несколько меньшей мере (1,5 раза) норадреналина. Поэтому коэффициент НА/А уменьшался с 4,8 у здоровых людей до 2,9 после травмы. Эти данные указывали на то, что у больных наблюдалась диссоциация в гормональном (адреналин) и медиаторном (норадреналин) звеньях САС. На этом фоне мы и начинали курс гипербарической оксигенации.

После 3-го сеанса ГБО концентрация норадреналина возросла очень незначительно (10%), а адреналина – на 67% (по отношению к 3-му дню после травмы). В силу этого коэффициент НА/А уменьшился до 1,9.

После 10 сеансов в наибольшей мере снижена концентрация адреналина и в несколько меньшей мере норадреналина. Коэффициент НА/А возрос до 3,2 (до начала терапии он составлял 2,3), что указывало на улучшение сбалансированности звеньев симпатoad-реналовой системы.

Через 20 дней после окончания ГБО концентрация норадреналина была выше нормальных значений на 13%, а адреналина – на 21%. Отношение НА/А близко к норме – 4,5.

Паратирин. Через сутки после травмы содержание гормона было увеличено в 6,5 раз, на 3-и сутки – в 9,8 раза. В последующие дни без баротерапии концентрация продолжала увеличиваться до 14-го дня, а затем снижалась. Под влиянием баротерапии время максимального

увеличения концентрации отмечено на 3-й день, а абсолютное содержание гормона превышало нормальные значения в 8,6 раза, в то время как без ГБО эта величина составляла 14,3 раза. Через 20 дней после окончания курса баротерапии концентрация была увеличена в 1,2 раза, а у больных, не прошедших курс ГБО, – в 2 раза.

Соматотропин. Концентрация этого гормона после травмы возрастала довольно медленно: на 1-е сутки – в 1,3 раза, на 3-и – в 2,3 раза. После 3-го сеанса ГБО содержание гормона возросло в 1,2 раза по сравнению с теми больными, которые не проходили курс ГБО. На 10-й день прирост содержания гормона по сравнению с непроходившими курс ГБО был в 1,4 раза. На 20-й день после окончания курса ГБО прирост концентрации был в 1,7 раза больше. Эти результаты указывают на то, что под влиянием ГБО более активно происходит процесс синтеза органической основы.

Кальцитонин. В первые три дня после травмы концентрация увеличивалась односторонне с соматотропином, но абсолютные значения прироста были меньшими (интенсивному приросту препятствовала высокая концентрация паратирин): на 1-е сутки она увеличилась в 1,1 раза, на 3-и сутки – в 1,3 раза. После 3-го сеанса ГБО концентрация увеличилась в 1,6 раза (у тех, кто не проходил баротерапию, – в 1,4 раза). По окончании 10-го сеанса – в 2,2 раза (у непроходивших – в 1,9). Через 20 дней после курса ГБО увеличена в 3,0 (у непроходивших – в 2,5 раза).

Остеокальцин. Концентрация на 3-й день после травмы (до ГБО) была выше нормальных значений на 28%. На 3-й день применения гипербарической оксигенации – выше в 3,5 раза (без ГБО – в 2,5 раза). После 10-го сеанса содержание остеокальцина увеличено в 5,6 раза (без ГБО – в 4,2 раза). Через 20 дней после окончания курса – в 7,9 раза (без ГБО – в 5,9). Следовательно, ГБО повышает концентрацию

специфического костного маркера - остеокальцина, показателя остеобластической активности (костного формирования). Концентрация в сыворотке отражает процесс его синтеза остеобластами. Он связан с процессами минерализации и является специфическим маркером костеобразования.

ЦАМФ, цГМФ и их отношение (цАМФ/цГМФ). Определение концентрации циклических нуклеотидов необходимо для суждения об активности репаративного процесса. Взаимоотношение между этими нуклеотидами всегда реципрокные. Как только коэффициент становится меньше нормальных показателей, так начинается активное клеточное деление в месте травмы [8, 9].

Самая высокая концентрация цАМФ наблюдается всегда через 4-5 часов после травмы. К концу первых суток происходило медленное снижение [9]. На 3-й день после травмы концентрация была выше нормы в 2,4 раза. Содержание цГМФ в первые два дня не изменялось и лишь на 3-й день было увеличено в 2 раза. Коэффициент составляло 10,8 (в норме $8,7 \pm 0,42$, $P < 0,05$). При такой концентрации клеточное деление еще не происходит [8, 9].

После трех сеансов ГБО произошло более значительное снижение концентрации цАМФ и большее, чем без ГБО, увеличение концентрации цГМФ, в силу чего коэффициент снизился до 7,5, и это указывало на начавшееся клеточное деление. Наиболее низким (4,6) коэффициент был после 10 сеанса ГБО (13 дней от момента травмы), а без ГБО наиболее активное клеточное деление происходило на 14-21 дни после травмы.

Данные о циклических нуклеотидах и их коэффициенте были близки к нормальным значениям через 20 дней после окончания курса ГБО (23 дня от момента травмы), в то время как без ГБО - на 26-й день.

После первого сеанса ГБО снижалась внутренняя напряженность, а после 5-7 — спадала отечность тканей.

В табл. 1 представлены сведения о том, как реагировали на травму и ГБО разные системы организма у пожилых людей в возрасте 60-70 лет.

Изменение вегетативных индексов под влиянием ГБО-терапии. Сравнивали состояние перед сеансом ГБО и после его окончания. В этом случае наиболее полно выявляется функциональное состояние организма.

1-й сеанс. Выявлены признаки дисрегуляции в сбалансированности взаимодействия сердечно-сосудистой и дыхательной систем (индекс КХ). Усиливалась ваготония. Систолический выброс практически не изменялся (ИА). Сердечная мышца производила меньшую, чем до сеанса ГБО, работу (ДП). Несколько снижены

функциональные возможности ССС (КВ). Менее экономно расходуются резервы ССС (КЭК).

2-й сеанс. Усиливалась по сравнению с первым сеансом дисрегуляция в сбалансированности взаимодействия сердечно-сосудистой и дыхательной систем (КХ). Ослаблялось проявление ваготонии (ВИК). Несколько возрастала величина систолического выброса — главного прогностического показателя кровообращения (ИА). Сердечная мышца работала менее напряженно (ДП). Четко прослеживалось дальнейшее ослабление функциональных возможностей ССС (КВ). Отчетливо была выражена тенденция к менее экономному расходованию резервов ССС (КЭК).

3-й сеанс. Сохранялась дисрегуляция в сбалансированности взаимодействия сердечно-сосудистой и дыхательной систем, но абсолютная величина этого показателя (КХ) становилась меньше. Интенсивность ваготонии такая же, как и после второго сеанса. Аналогично изменена и величина систолического выброса. Работа, производимая сердечной мышцей не изменена. Нет изменений в функциональных возможностях ССС. Намечается тенденция к большей экономичности в расходовании резервов ССС.

4-й сеанс. Улучшается сбалансированность взаимодействия сердечно-сосудистой и дыхательной систем. Усиливается ваготония. Систолический выброс в пределах нормы. Сердечная мышца начинает производить меньшую работу. Функциональные возможности ССС не изменены. Резервы ее расходуются менее экономично.

5-й сеанс. Взаимодействие сердечно-сосудистой и дыхательной систем становится сбалансированным. Отчетливо выражена ваготония. Систолический выброс не изменен. Сердечная мышца совершает меньшую работу. Несколько снижаются функциональные возможности ССС. *Экономичнее расходуются ее резервы.*

6-й сеанс. Сердечно-сосудистая и дыхательная системы функционируют сбалансированно. Отчетливо выражена ваготония. Несколько снижен систолический выброс. Сердечная мышца функционирует при затратах, типичных для нормы. Возрастают функциональные возможности ССС. Экономично расходуются энергия на движение крови в сосудистом русле.

7-й сеанс. Взаимодействие сс и дыхательной систем устойчивое. Продолжает усиливаться ваготония. Систолический выброс не изменен. Работа сердечной мышцы по продвижению крови в сосудистом русле продолжает уменьшаться. Возрастают функциональные возможности ССС. Несколько уменьшается экономичность расходования резервов ССС.

8-й сеанс. Взаимодействие сердечно-сосудистой и дыхательной систем сбалансированное. Ваготония уменьшается. Систолический выброс устойчив. Работа, производимая сердеч-

ной мышцей, постоянная. Увеличиваются функциональные возможности ССС. Затраты организма на передвижение крови в сосудистом русле постоянные.

9-й сеанс. Просматриваются признаки дисрегуляции сердечно-сосудистой и дыхательной систем. Проявления ваготонии уменьшаются. Систолический выброс постоянен. Сердечная мышца производит работу в постоянном режиме. Функциональные возможности ССС не нарушены. Расходование резервов ССС на перемещение крови не отличается от нормы.

10-й сеанс. Деятельность сердечно-сосудистой и дыхательной систем сбалансирована. Преобладание ваготонии уменьшается. Систолический выброс без изменений. Сердце производит постоянную работу. Функциональные возможности ССС не отличаются от нормы. Несколько снижена экономичность расходования резервов ССС на передвижение крови в сосудистом русле.

Заключение по результатам этого наблюдения: может быть таким: функции вегетативной нервной системы на протяжении 10 сеансов ГБО направлены на регуляцию состояния внутренних органов и поддержание постоянства внутренней среды организма. В частности, парасимпатический отдел обеспечивает процессы стабилизации внутренней среды на протяжении

этих сеансов. Во время первых двух сеансов отмечены признаки напряжения в сбалансированности работ отдельных систем. Но ни в одном случае не наблюдалось симпатикотонии, что указывает на благоприятное развитие деятельности регуляторных систем гомеостаза. Ваготония указывала на благоприятный анаболический вариант метаболизма и экономный режим функционирования. Организм приспосабливается к окружающим условиям, в частности, экономичнее расходуются резервы сердечно-сосудистой системы.

Кровообращение и костеобразование. Время поступления меченого технефора в место перелома достоверно уменьшалось после 10-го сеанса ГБО, и эта же закономерность отмечена и через 20 дней после прохождения курса ГБО (табл. 2). После 10-го сеанса объемная скорость кровотока была выше на 24% и постепенно уменьшалась (до 12%) через 20 дней после окончания ГБО. Накопление меченого технефора, указывающего на интенсивную минерализацию костной мозоли, было наибольшим после 10-го сеанса. Через 20 дней накопление уменьшалось, что указывало на тенденцию к завершению костеобразования. В контрольной группе в это время только достигалось максимальное накопление меченого технефора.

Таблица 2.

Влияние ГБО на состояние кровообращения в месте перелома и активность репаративного костеобразования (по проценту накопления меченого технефора)

Показатели	Перед началом ГБО		После 3-го сеанса ГБО		После 10-го сеанса ГБО		Через 20 дней после ГБО	
	О	К	О	К	О	К	О	К
Время (с) кровотока	27±0,9	26±0,8	24±0,7	25±0,9	20*±0,9	24±0,5	19*±1,0	22±1,1
Объем (%) кровотока	68±4,1	66±3,6	79±2,7	74±3,4	124*±6,5	109±4,9	112*±5,4	131±7
Накопление (%) технефора	256±14,1	263±15,8	294±17,1	285±14,8	482*±20,3	384±16,8	457*±19,5	509±20,6

Примечание: О – больные с переломами в условиях ГБО; К – больные с переломами без ГБО; знаком «*» обозначены величины, статистически достоверно ($P<0,05$) отличающиеся от соответствующего контроля (К).

ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

После переломов и при реконструктивных операциях на костях возникает стаз в сосудах и тромбоз, приводящие к дальнейшему нарушению микроциркуляции. Нашими многочисленными исследованиями [10] установлено, что кровообращение изменяется во всей конечности. Снижается скорость лимфотока, что приводит к дополнительному (помимо гематомы) сдавлению тканей отечной жидкостью. В силу этого, остеогенные клетки находятся в условиях гипоксии, которая сопровождается гликолизом – обменом веществ, менее выгодным в энергетическом отношении. Поэтому удлиняется время перестройки костной мозоли, так как нормальная функция остеобластов возможна лишь при хорошей их оксигенации. ГБО положитель-

но влияла на общую гемодинамику, снимала спазм сосудов в зонах ишемии, улучшала капиллярный кровоток, способствовала развитию коллатералей [11].

Нормализация местного кровообращения под влиянием ГБО приводила к соответствующей интенсивности обмена веществ в тканях места перелома, что способствовало нормализации репаративного процесса [7].

Пролиферация клеток и синтез коллагена зависят от активности биоэнергетических процессов. В первые три дня после травмы или удлиннения она увеличивается под влиянием повышенной концентрации цАМФ, происходит напряжение адренергических механизмов, что сопровождается ингибированием деления кле-

ток. После 3-го сеанса ГБО содержание цАМФ снижалось, увеличивалось цГМФ, что сопровождалось подключением холинергических механизмов.

Обеспечение организма кислородом препятствовало развитию проявлений при травме анемии, как следствия кровопотери. Кислород под повышенным давлением снимал гипоксию, нормализовал обменные процессы в тканях зоны перелома и способствовал нормальному формированию костного регенерата [7, 13]. Применение высоких режимов ГБО у травматологических больных патогенетически оправдано.

Механизм действия ГБО включает специфические и неспецифические адаптационные реакции, развивающиеся в ответ на воздействие данного сильного раздражителя ГБО [14-16]. Развитие неспецифических реакций теснейшим образом связано с деятельностью симпатoadrenalовой системы (САС).

Различия в концентрациях суточной экскреции НА и А свидетельствовали о наличии отклонений в деятельности вегетативной нервной системы. По окончании курса ГБО происходила нормализация показателей экскреции катехоламинов и восстановление баланса между симпатическим и гормональным звеньями САС. Учитывая благотворное влияние ГБО на состояние симпатoadrenalовой системы, можно предположить положительное воздействие баротерапии и на церебральные моноаминоэргические комплексы [1].

На клеточном уровне происходит усиление функции фибробластов [14-16]. При незначительном избыточном давлении баротерапия оказывает непосредственное воздействие на клеточное дыхание.

Рефлекторные механизмы, включающиеся в нейрогуморальную систему посредством гипероксического раздражения нейрорецепторов (механо-, хемо и адренорецепторов), распространяют регуляторное и/или ингибирующее влияние на функциональную, метаболическую и морфогенетическую активность клеток-мишеней. Нередко открывается такая закономерность: патофизиологические реакции пониженной активности стимулируются под влиянием ГБО, а высокой – ингибируются, хотя это и не является абсолютным правилом [7].

Метаболические сдвиги и различные физиологические реакции в ответ на действие ГБО являются приспособительными реакциями на повышенное содержание кислорода и поддержание гомеостаза на физиологическом уровне [2]. Гипербарическая оксигенация усиливала анаболические процессы в поврежденных тканях и снижала активность катаболических. Нормализация фосфорно-кальциевого обмена способствовала перестройке костной мозоли в

кость в оптимальные сроки. При вялосрастающих переломах происходила нормализация репаративного остеогенеза [7].

Адаптационная стадия гипероксического состояния характеризуется активацией функциональных (биоэлектрогенез, гемодинамика), метаболических (биоэнергетических, дезинтоксикационных, биосинтетических) и морфогенетических (ультраструктурных, субклеточных, клеточных) реакций, независимо от происхождения патологического процесса [14, 15].

Молекулярные процессы кислородных эффектов связаны с конформационными изменениями биомолекул (прежде всего ферментов, мембранных рецепторов), определяющих количественные и качественные параметры динамики функциональной, метаболической и структурной адаптации на гипо-, нормо- и гипербиотическом уровнях жизнедеятельности клетки и организма в целом [7].

При ГБО повышается резистентность к повреждающим факторам и поддерживается жизнеспособность целостного организма. Это достигается путем изменения нейрогуморальной регуляции, ферментативной активности, воздействия на противовоспалительные механизмы и иммунореактивный статус в целом, приближения разбалансированных параметров гомеостаза и метаболизма к физиологической норме [2].

Нами наблюдалась группа травмированных больных в возрасте 60-70 лет, и обнаружен благоприятный эффект ГБО. При первых сеансах отмечен отчетливо выраженный стрессорный эффект в виде увеличения концентрации гормонов стресс-группы, но уже после 4-го сеанса выявлен стресспротекторный эффект [17]. Эффект обусловлен активацией антиокислительной активности и оптимизацией основных газовых показателей крови.

У пожилых людей кислород под избыточным давлением оказывает геропротекторный эффект [12] в силу специфического действия на зависимые редокс- и антиредокссистемы в реакциях митохондриального и микросомального окисления и неспецифического полирецепторного воздействия, мобилизирующего универсальные защитно-приспособительные и компенсаторные процессы. ГБО устраняет гипоксию тканей, нормализует биоэнергетику нервных клеток, предотвращает развитие осложнений и способствует нормализации нейрохимических процессов; ГБО обладает метаболическим, антигипоксическим и детоксикационными эффектами. Повышение уровня серотонина коррелирует со снижением депрессивной симптоматики и стимуляцией когнитивных функций. Поэтому ГБО может быть использована, как нейрометаболическая церебропротекция [18].

Образованию органической основы регенерата способствовала повышенная концентрация

соматотропина, стимулирующего анаболические процессы. При одновременном действии соматотропина и паратирин активизировалась пролиферация остеогенных клеток, превращение клеток-предшественников в остеобласты, усиливалась биосинтетическая активность для образования костной ткани.

При изучении концентрации циклических нуклеотидов вначале отмечено увеличение концентрации цАМФ, приводившее к ингибированию

деления клеток. Повышенная концентрация цАМФ способствовала продукции паратиреоидного гормона. Снижение цАМФ приводило к увеличению цГМФ, который стимулировал освобождение лизосомальных ферментов и гистамина, приводил в движение клеточный пул и стимулировал пролиферацию клеток костного мозга. Индукторы пролиферации клеток, взаимодействуя с рецепторами мембран, усиливали транспорт ионов внутрь клеток.

ВЫВОДЫ

1. ГБО, примененная на 3-5 дни после «хрупких» переломов у лиц 60-70 лет, в течение первых двух сеансов приводила к напряжению в сбалансированности работы отдельных систем регуляции гомеостаза. Затем наблюдалась только ваготония. Она указывала на благоприятный анаболический вариант метаболизма и экономный режим функционирования. Адаптация к ГБО происходит, в частности, за счет эффективного использования резервов сердечно-сосудистой системы.

2. В процессе применения ГБО меченый

технефор поступал в место перелома достоверно быстрее с 10-го сеанса, и эта закономерность сохранялась даже через 20 дней после прохождения курса ГБО. Объемная скорость кровотока в месте перелома была больше на 24% и постепенно уменьшалась (до 12%) через 20 дней после окончания ГБО. Костеобразование происходило наиболее интенсивно после 10-го сеанса. Через 20 дней его активность уменьшалась. В контрольной группе в это время только достигался максимальный уровень костеобразования.

ЛИТЕРАТУРА

1. Зальцман Г.Л. и др. Основы гипербарической физиологии / Г.Л. Зальцман, Г.А. Кучук, А.Г. Гургенидзе. – Л.: Медицина, 1979. – 323 с.
2. Леонов А.Н. Гипероксия. Адаптационно-метаболическая концепция саногенеза // Бюлл. гипербарической биол. и мед. – 1994. – Т. 1, № 1-3; Т. 2, № 1-4.
3. Киселев С.О. Новая версия саногенеза оксигенобаротерапии (адаптационно-физиологическая концепция) // Гипербарическая физиол. и мед. – 1998. – № 2. – С.3-14.
4. Функциональное состояние симпатно-адреналовой системы под влиянием ГБО / С.О. Киселев, М.А. Лобов, В.А. Губкина, Г.С. Молчанова // Гипербарическая физиол. и мед. – 1999. – № 4. – С. 4-11.
5. Киселев С.О., Лобов М.А. Механизмы саногенеза оксигенобаротерапии при заболеваниях нервной системы // Гипербарическая физиол. и мед. – 2000. – № 1. – С.10-11.
6. Авдеев Ю.В., Авдеева О.В., Федотов В.С. Избирательное применение ГБО у больных травматологического профиля // Гипербарическая физиол. и мед. – 1995. – № 3. – С. 4.
7. Применение гипербарической оксигенации для оптимизации условий репаративного остеогенеза: Метод. рекомендации / Куйбышевский мединститут; Сост.: Н.Ф. Давыдкин. – М., 1981. – 11 с.
8. Свешников А.А., Офицерова Н.В., Ральникова С.В. Концентрация гормонов, регулирующих процесс костеобразования, и циклических нуклеотидов при переломах длинных костей // Ортопед., травматол. – 1987. – № 9. – С. 30-35.
9. Свешников А.А., Офицерова Н.В., С.В.Ральникова. Роль циклических нуклеотидов в репаративном костеобразовании // Вопр. мед. химии. – 1989. – № 4. – С. 9-11.
10. Свешников А.А. Материалы к разработке комплексной схемы коррективки функционального состояния внутренних органов при чрескостном остеосинтезе // Гений ортопедии. – 1999. – № 1. – С. 78-83.
11. Петровский Б.В. и др. Гипербарическая оксигенация и сердечно-сосудистая система / Б.В. Петровский, С.Н. Ефун, Е.А. Демуров, В.В. Родионов. – М.: Наука, 1987. – 328 с.
12. Влияние оксигенобаротерапии на свободнорадикальное окисление липидов и темп старения пациентов разного возраста / А.П. Ястребов, Е.А. Дербышев, Е.А. Сандлер, Е.М. Звездина и др. // Гипербарическая физиол. и мед. – 2000. – № 1. – С. 23.
13. Журбенко Р.Х., Козлова Л.М., Николаевских С.С. Влияние гипербарической оксигенации на течение раневого процесса и состояние иммунного статуса // Гипербарическая физиол. и мед. – 1995. – № 3. – С. 12.
14. Леонов А.Н. Естественнонаучные элементы теории гипербарической медицины // Гипербарическая физиол. и мед. – 1997. – № 1. – С. 14-21.
15. Леонов А.Н. Гипероксия головного мозга // Гипербарическая физиол. и мед. – 2000. – № 1. – С.7-8.
16. Гаркави Л.Х., Квакина Е.Б., Уколова М.А. Неспецифические адаптационные реакции организма. – Ростов на Дону, 1977. – 323 с.
17. Подсваткин В.Г., Кастева В.И., Балашов В.П. Стресспротекторный эффект гипербарической оксигенации при различных видах экспериментального стресса // Гипербарическая физиол. и мед. – 2000. – № 1. – С. 3-4.
18. Епифанова Н.М., Ромасенко М.В., Вертоградская Н.Г. 20-летний опыт применения ГБО в психиатрической практике // Гипербарическая физиол. и мед. – 2000. – № 1. – С. 34.

Рукопись поступила 05.06.02.