

ПЕРЕДОВЫЕ СТАТЬИ

© С. М. ЗУБКОВА, 2012

УДК 615.83.015.4

Регуляторные возможности физиотерапевтических воздействий

С. М. Зубкова (Москва)

Лечебное действие физических факторов первоначально связывалось с активацией метаболических процессов в непосредственно подвергающихся их воздействию тканях [10, 28]. По мере углубления представлений о механизме их взаимодействия с биологическими тканями были определены преимущества их использования для локального воздействия на функционально активные зоны. К ним отнесены области проекции (на кожную поверхность) самих этих органов и эндокринных желез, центры нейроэндокринной регуляции, рефлексогенные зоны внутренних органов, вегетативные центры, а также соответствующие каждому органу биологически активные точки и объединяющие их меридианы. Успех такого регулирования определяется как правильностью выбора самого физического фактора, так и интенсивностью, режимом и локализацией воздействия с учетом функционального состояния организма [2, 21].

Если рассматривать физический фактор как обычный физиологический раздражитель, то кривая доза–эффект в четырехфазном варианте, отражающая смену фаз возбуждения и торможения по мере усиления воздействия, достаточно хорошо характеризует уровень физиологических и биохимических процессов и их гормональную регуляцию в широком диапазоне интенсивностей воздействия [10, 23]. В зависимости от исходного функционального состояния организма одни и те же воздействия могут либо вызывать адаптивные изменения в организме, оказывая «нормализующее» действие, либо выступать в роли сильного стрессорного раздражителя, когда, начиная с некоторых интенсивностей, на смену адаптивным изменениям приходит срыв адаптационных возможностей организма.

Экспериментально установлено, что адаптация к коротким стрессорным воздействиям повышает резистентность организма к более тяжелому стрессу, вызванному физическими, тепловыми или холодowymi нагрузками, ионизирующей радиацией, ишемическими повреждениями тканей внутренних органов [15]. Этот феномен получил название перекрестной адаптации, которая сопровождается целым комплексом изменений на физиологическом, биохимическом, биофизическом и молекулярно-генетическом уровнях. Проявлением нормализующего и тренирующего действия физических факторов стали стресслимитирующие реакции со своей антиоксидантной основой, модулирующие и корригирующие иммунную активность процессы, которые обеспечивают защиту организма от факторов риска развития патологического состояния.

Стресслимитирующее действие физических факторов

Стресслимитирующий эффект физических факторов тесно связан с их антиоксидантной активностью. Защитные механизмы от активных форм кислорода (АФК) на клеточном уровне как при дыхании, так и при стрессовых воздействиях обеспечиваются активностью одних и тех же генов [26]. Наличие такой «перекрестной» защиты обусловлено общностью физико-химических процессов, лежащих в их основе. Это означает, что в обоих случаях проявляется достаточно распространенный комплекс изменений, названный окислительным стрессом (ОС). ОС определяется как нарушение баланса между скоростями образования свободных радикалов и их нейтрализации. ОС – это еще не патология, но уже сигнал клетке для мобилизации ее защитных механизмов, обеспечивающих повышение устойчивости к любым стресс-агентам. В клетке имеется ряд транскрипционных факторов, которые, соединяясь с ДНК, оказывают либо стимулирующее, либо ингибирующее действие на транскрипцию соответствующих генов.

Таким образом действует ядерный транскрипционный фактор κB (NF- κB), который стимулирует экспрессию воспалительных и антиоксидантных генов, и другой ядерный фактор Nrf-2, вызывающий экспрессию антиоксидантных генов, но супрессирующий гены воспаления [26]. Проиллюстрируем процесс возникновения ОС в клетке и его последующее развитие:

Стресс-агент → **клетка с ядерным комплексом (NF- κB – I κB)** → **усиление окислительного метаболизма митохондрий** → **появление в клетке избытка АФК** → **возникновение ОС** → **диссоциация ядерного комплекса на ядерный фактор (NF- κB) и его ингибитор (I κB)** → **появление свободного ядерного транскрипционного фактора** → **экспрессия генов в ядре** → **синтез стресс-белков и белков воспаления** → **развитие воспалительного процесса.**

Ключевым звеном этой схемы является окислительный метаболизм митохондрий стрессуемых клеток (в соответствующей ткани), активация которого и приводит к развитию ОС при низком уровне антиоксидантной активности [6, 7, 10, 26, 27].

Исследованиями на клеточном и митохондриальном уровнях с использованием флуоресцентных зондов, маркирующих биомембраны и хроматин ядер, показано, что в результате поглощения низкоинтен-

сивных лазерных (НИЛИ) и сверхвысокочастотных (СВЧ) электромагнитных излучений (ЭМИ) возникают конформационные перестройки в белковой фазе клеточных мембран, усиливаются белок-липидные взаимодействия, препятствующие развитию перекисного окисления в их липидной фазе [4, 8]. Фактически благодаря действию физических факторов предотвращаются повреждения клеточных структур АФК и развитие ОС как основы появления многих хронических патологий. Таким образом, эти ЭМИ выполняют роль структурных антиоксидантов [7, 8, 10].

Показано, что при СВЧ-воздействиях (460 МГц, 120 мВт/см²) на целый организм можно влиять на функциональную активность митохондрий непосредственно облучаемых тканей, в результате увеличивается их дыхательная активность, связанная с усилением проницаемости мембран для субстратов окисления, и снижается фосфорилирующая активность в результате снижения мембранного потенциала митохондрий и увеличения перекисного окисления липидов (ПОЛ). В совокупности эти изменения способствуют образованию дополнительного количества АФК, что может привести к развитию ОС.

При облучении проекций эндокринных органов окислительный метаболизм митохондрий меняется в зависимости от активируемых СВЧ-облучением гормональных систем. При облучении зоны проекции надпочечников (460 МГц, 120 мВт/см²) отмечена активация транспорта электронов в дыхательной цепи митохондрий печени и миокарда, связанная с усилением глюкокортикоидной активности. Коэффициент корреляции между этими показателями равен 0,72. Мобилизованные СВЧ глюкокортикоиды способствуют усилению метаболизма катехоламинов в миокарде с уменьшением количества функционально активных аминов, органом-мишенью которых в первую очередь является миокард, изменения функциональной активности митохондрий которого отражают эти гормональные перестройки в ответ на СВЧ-облучение надпочечников [22]. При этом биоэнергетика митохондрий печени и миокарда мало меняется [2, 8, 21, 23].

При СВЧ-облучении (460 МГц, 120 мВт/см²) зоны проекции щитовидной железы наиболее существенные изменения отмечены со стороны фосфорилирующей активности митохондрий миокарда, которая снижается [8]. В то же время в миокарде повышается относительная доля белоксвязанного норадреналина, осуществляющего на него симпатическое влияние, кроме того, увеличивается содержание тироксина в крови локально облучаемых животных [22]. Полученные в исследованиях на целом организме данные вполне согласуются с результатами работ с модельными системами, где выявлена возможность регуляции уровня ПОЛ гормонами. В частности, установлено, что такие гормоны, как эстрогенные стероиды, тироксин, катехоламины, влияют на ПОЛ в мембранах митохондрий подобно истинным антиоксидантам, например токоферолу [3]. Тогда как глюкокортикоиды, не являясь антиоксидантами, могут оказывать свое влияние на процессы ПОЛ опосредованно через структурные изменения в мембранах, создавая физико-химическую основу для снижения уровня ПОЛ мембранных систем клеток и внутриклеточных органелл. Эти результаты показы-

вают, что таким путем можно регулировать уровень естественных антиоксидантов, т. е. антиоксидантную активность в клетках и тканях организма, опосредуя гормонами влияние физических факторов [2, 7, 10, 21].

Примером стресслимитирующего действия СВЧ-облучения явились опыты на модели инфаркта миокарда, полученной путем перевязки передней нисходящей ветви левой коронарной артерии [8]. Для этой экспериментальной патологии характерно усиление ПОЛ в мембранах митохондрий миокарда и активация транспорта электронов в их дыхательной цепи, тогда как биоэнергетика митохондрий и капиллярное кровоснабжение миокарда были низкими. Вместе с тем отмечается компенсаторное увеличение активности калликреин-кининовой системы, обеспечивающей усиление микроциркуляции и повышение проницаемости сосудов. Эти изменения в свою очередь приводят к гипероксигенации миокарда и гипертрофии его кардиомиоцитов [8]. Более высокая, чем до облучения, кальцийсвязывающая способность мембран кардиомиоцитов сигнализировала о повышении сократительной функции миокарда.

Установлено, что наиболее благоприятно действует на процессы ПОЛ в миокарде СВЧ-облучение (460 МГц) области сердца с интенсивностью 10 мВт/см², практически нормализуя его уровень. Аналогичные по направленности, но менее выраженные, изменения этого показателя возникают при трансцеребральном облучении (область гипоталамуса–гипофиза) с интенсивностями 10 и 120 мВт/см². Оно улучшает метаболизм миокарда, стимулирует развитие внутриклеточной регенерации кардиомиоцитов, стабилизирует их мембраны [8]. Благодаря этому в миокарде также снижается уровень ПОЛ, активируется биоэнергетика и биосинтез, улучшается микроциркуляция.

Эти положительные морфофункциональные сдвиги возникают при участии гормонов надпочечников и щитовидной железы [22]. В свою очередь сниженная до СВЧ-облучения активность этих эндокринных желез тоже восстанавливается при посредстве тропных гормонов гипофиза [17]. А на него в свою очередь оказывает стимулирующее действие трансцеребральное СВЧ-облучение.

Что касается стимуляции окислительного метаболизма миокарда, то оптимальное повышение дыхательной активности его митохондрий при инфаркте происходит также при облучении области сердца (460 МГц, 10 мВт/см²) [8]. Этот эффект связан с улучшением микроциркуляции за счет увеличения коронарного и миокардиального резервов миокарда. Гипоксические явления в миокарде устраняются и при аналогичном воздействии на область щитовидной железы с вовлечением в регуляцию синокаротидной зоны за счет гемодинамической разгрузки, вызванной активацией парасимпатической системы и снижением тонуса симпатической системы. Оптимальный антигипоксический эффект достигается при облучении щитовидной железы с интенсивностью 10 мВт/см², а биоэнергетический эффект – с интенсивностью 120 мВт/см².

Самые благоприятные изменения в окислительном метаболизме миокарда имеют место при наи-

более легкой форме ишемии миокарда — мелкоочаговым инфаркте. В условиях трансцеребрального СВЧ-облучения (460 МГц) наряду с антиоксидантным развивается и иммунокорректирующий эффект при участии клеток тимуса, более выраженный при 10 мВт/см², чем при 120 мВт/см². Сниженный уровень активности ДНК тимоцитов, возникший при формировании патологии, позволяет рассматривать данную модель инфаркта миокарда как вторичное иммунодефицитное состояние. Активирующее действие СВЧ-облучения этой области на образование тироксина [22] с последующей коррекцией активности тимоцитов связано со способностью этого гормона повышать эндокринную активность тимуса [29], что и стало дополнительным аргументом в пользу применения СВЧ для стимуляции восстановительных процессов в миокарде в условиях ишемии.

Клиническими исследованиями подтвержден факт благоприятного влияния СВЧ-терапии (460 МГц) на коронарный и миокардиальный резервы, что делает этот метод лечения эффективным при стабильной стенокардии и при сочетании ишемии с гипертонической болезнью [19]. При этом также обращено особое внимание на локализацию воздействия. Сами же программы восстановления больных после инфаркта миокарда разрабатываются с учетом особенностей заболевания и тяжести его течения.

Таким образом, применяемые в физиотерапии низкоинтенсивные воздействия при «свободнорадикальных патологиях» обеспечивают антиоксидантные эффекты, начиная с уровня мембранных образований клеток и внутриклеточных органелл. Это способствует устранению окислительного стресса. Особенностью действия «структурных антиоксидантов» физической природы по сравнению с химическими антиоксидантами является пролонгированность их эффектов, которые сохраняются в течение 10–20 сут и более после прекращения воздействия и могут даже постепенно усиливаться [2, 7, 10, 21]. Так, после СВЧ-облучения надпочечников животных с экспериментальным инфарктом миокарда его положительное влияние на миокард имело место и в последствии — вплоть до 30 дней после прекращения воздействия.

Клиническими исследованиями также показано, что эффекты курсовых физиотерапевтических воздействий сохраняются в течение полугода и более. В связи с этим повторные лечебные курсы назначаются не ранее чем через 2,5–3 мес. Другая особенность таких физиотерапевтических воздействий, как «структурных антиоксидантов», — кумулятивный характер их действия, поскольку большинство этих эффектов постепенно усиливаются от процедуры к процедуре за счет суммации предыдущего с последующим. В результате развивается комплекс реакций с проявлением метаболического следа в виде экспрессии генов, кодирующих синтез стресслимитирующих белков (антиоксидантов и др.) [8, 9]. Благодаря данным изменениям повышается мощность систем адаптации в клетках, тканях, органах и организме в целом, что является долговременной адаптацией, защищающей ткани от окислительного стресса.

НИЛИ красного (0,6 мкм) и инфракрасного (ИК) диапазонов (0,9 мкм) с плотностью потока мощности

10–20 мВт/см² рекомендовано больным ишемической болезнью сердца (ИБС) для направленного корригирующего воздействия на ключевые звенья патогенеза ИБС. Зоны проекции сердца на поверхность кожи (область грудины и проекция верхушки сердца) и рефлексогенные области сердца (воротниковая и левая подлопаточная) выбраны для ежедневного облучения по 1–2 мин на каждую область (15–20 процедур на курс лечения). Клиническими исследованиями установлено, что НИЛИ красного диапазона в большей степени реализует свой лечебный эффект посредством действия на общие регуляторные процессы — нейрогуморальные системы регуляции сердечной деятельности, тогда как ИК-лазерное излучение влияет преимущественно на микроциркуляцию, реологические и антиоксидантные системы крови при участии нейрогуморальных механизмов регуляции [13, 20]. Поэтому считается оптимальным применение НИЛИ красного диапазона больным ИБС I и II функциональных классов (ФК), а НИЛИ ИК-диапазона — не только этим больным ИБС, но и пациентам с III ФК, у которых в механизмах коронарной недостаточности большой удельный вес имеют как раз указанные выше нарушения.

Физиотерапевтические воздействия — регуляторы иммунной активности

Иммунологический аспект проблемы регуляции с применением физических факторов был рассмотрен в работе по изучению влияния активации гормональных и гуморальных систем организма на физико-химическое состояние мембран лимфоцитов тимуса и хроматин их ядер [25]. Для локального воздействия на щитовидную железу, надпочечники, гипоталамус или тимус использовалось ЭМИ СВЧ-диапазона (460 МГц, плотность мощности 120 мВт/см²) в виде курса из 6 и 10 процедур по 6 мин каждая. Активность тимоцитов и их ядер оценивали по уровню биохемилюминесценции (БХЛ) и флюоресценции зондов, взаимодействующих с их мембраной и ядром и выявляющих конформационные перестройки в них. При облучении системы гипоталамус–гипофиз отмечено снижение активности лимфоцитов и их ядер, а при облучении надпочечников изучаемые показатели снижались после 6 воздействий и возвращались к исходному уровню в конце курса. При воздействии СВЧ на щитовидную железу имел место противоположный эффект — постепенная стимуляция активности этих клеток и их ядер с максимумом (на 68–70% от исходного уровня) через 10 дней после окончания курса.

При СВЧ-облучении тимуса активность лимфоцитов снижалась на 80%, а активность их ядер немного повышалась. Наблюдаемые конформационные перестройки в основном связаны с регуляторным влиянием гормонов, активируемых ЭМИ гормональных систем. Это было установлено на основании радиометрического исследования содержания соответствующих гормонов в сыворотке крови локально облученных СВЧ животных [22]. О регуляторном влиянии гормонов на активность лимфоцитов также свидетельствовал и характер изменения уровня БХЛ этих клеток, обусловленный антиоксидантным действием стероидных гормонов при облучении надпочечников и гипоталамуса и прооксидантным действием низких концентраций

тироксина при облучении щитовидной железы. Те небольшие изменения со стороны лимфоцитов, которые возникали при облучении тимуса, скорее всего вызваны непосредственным взаимодействием СВЧ с самими этими клетками [11, 25].

Возможность изменения функциональной активности лимфоцитов при СВЧ-облучении надпочечников была использована в изучении состояния мембран лимфоцитов периферической крови больных ревматоидным артритом. В работе применяли СВЧ-облучение (460 МГц) в виде курса из 12–15 процедур (по 10–15 мин каждая) с целью активации продукции гормонов надпочечников [18]. Для большинства больных с более легкой формой ревматоидного артрита (с низким титром ревматоидного фактора – серонегативная форма) отмечено снижение интенсивности флюоресценции зондов, маркирующих мембрану лимфоцита и хроматин его ядра. После курса облучения происходило постепенное восстановление этих показателей до уровня доноров.

У больных с более высокими титрами ревматоидного фактора (серопозитивная форма) применявшееся лечение оказалось менее эффективным. Сопоставление динамики биофизических, биохимических и иммунологических показателей позволило установить, что нормализация состояния мембраны и генома лимфоцита по уровню флюоресценции зондов, взаимодействующих с ними, происходила параллельно с восстановлением числа Т- и В-лимфоцитов в крови и активности симпатoadренальной и кортикостероидной систем. Полученный эффект СВЧ-облучения непосредственно связан с активацией самой гормональной системы, так как известно, что глюкокортикоиды являются регуляторами активности генома лимфоцитов и вызывают снижение матричной активности хроматина этих клеток [5, 17, 24]. Таким образом, из приведенных данных экспериментальных и клинических исследований следует явная зависимость направленности адаптивных изменений со стороны функциональных систем организма от локализации используемого СВЧ-воздействия.

К аналогичным выводам приводит анализ данных по применению ИК-лазерного облучения для иммунотерапии. Так, при этом воздействии на тимус или щитовидную железу можно обеспечить корректирующее влияние этого фактора при супрессии, а при ИК-облучении надпочечников и системы гипоталамус–гипофиз в большей степени подавляются аутоиммунные реакции и иммунореактивные состояния [9]. Вегетативные ганглии также играют важную роль в регуляции иммунологической активности организма, в частности тимуса как центрального органа иммуногенеза. Для того чтобы это влияние более тонко регулировать, нужен тщательный подбор интенсивности воздействия, кроме того, можно использовать комбинирование с ИК-облучением одного или несколько факторов, одним из которых может быть переменное магнитное поле (ПеМП) для «смягчения» влияния ИК, а другим – постоянное магнитное поле (ПМП) для усиления влияния ИК-облучения [1, 11].

Воздействия, связанные с усилением симпатических влияний, оказывают более выраженное супрессивное влияние, например ИК-лазерное воздействие в

дозе 1,2 Дж/см² или ИК-лазер + ПМП, тогда как активация парасимпатического звена, например ИК лазер в дозе 0,36 Дж/см² или ИК-лазер + ПМП + ПеМП, сопровождается более высокой иммунной активностью и может обеспечить иммунотерапию в условиях нарушенного иммунного статуса [1, 2, 23]. Наличие тесной функциональной связи между органами эндокринной системы организма и вегетативной нервной системой хорошо объясняет эти эффекты. Так, известно, что возбуждение симпатической нервной системы тормозит секрецию адреналина и норадреналина в мозговом слое надпочечников, а возбуждение парасимпатического отдела стимулирует образование инсулина [17].

Центры вегетативной регуляции, находящиеся в спинном, продолговатом и среднем мозге, подчинены высшим вегетативным центрам гипоталамуса. Гипоталамическая регуляция осуществляется не только через расположенные ниже центры вегетативной нервной системы, но и гормональным путем, через гипофиз, где образуются «тропные гормоны» [5, 17]. Существует возможность регулировать ИК-излучением функциональную активность тимуса, локализуя это воздействие на вегетативных ганглиях (солнечное сплетение, симпатические ганглии). При этом следует учитывать, что деятельность гипоталамуса в свою очередь регулируется такими высшими отделами ЦНС, как подкорковые ядра (в частности, полосатое ядро), мозжечок и кора больших полушарий головного мозга, с которыми гипоталамус связан как прямыми нервными путями, так и опосредованно через ретикулярную формацию.

Внутривенное и надвенное лазерное облучение крови (ВЛОК и НЛОК) – эффективные методы иммунотерапии благодаря высокой чувствительности лимфоцитов к НИЛИ. Последняя обусловлена важной ролью клеточной поверхности в функционировании этих клеток, поскольку здесь сосредоточены рецепторные молекулы и молекулярные комплексы, способные распознавать специфические лиганды или другие клетки, связывать их и после этого проводить сигнал внутрь лимфоцита. Конформационные изменения мембранных белков могут служить информационным сигналом для всей клетки в целом. Кроме того, на поверхности иммунных клеток находятся также рецепторы гормонов и нейромедиаторов, благодаря которым осуществляется взаимодействие процессов, вызванных сигналами, поступающими со стороны систем иммунной, гормональной и нервной регуляции. Начиная с клеток крови и макромолекул ее плазмы, рецепторов кровеносных сосудов кожи, за счет преобразования квантов ИК-излучения в колебательно-возбужденные состояния изменяется реакционная способность отдельных участков макромолекул или конформации макромолекулы в целом, ее агрегатные свойства меняются (рис. 1). В плазме крови эти перестройки касаются структурных, транспортных и резервных белков. Возникают изменения активности иммунных комплексов, ферментов системы гемостаза, антиоксидантной защиты и плазменных компонентов (кининов, оксида азота и др.), регулирующих релаксацию сосудов. В свою очередь меняющие конформацию макромолекулы, находясь в структуре мембран, определяют изменения кон-

формации последних и тем самым активно влияют на физико-химические свойства их структурных компонентов, регулируя соотношение активности процессов ПОЛ и антиоксидантной защиты в них. В результате подобных преобразований меняется иммунная, гормональная и нейромедиаторная рецепция клеток крови, что приводит к развитию адапционных сдвигов, предшествующих терапевтическому эффекту.

Аналогичный эффект базируется и на вегетативных рефlekсах, начинающихся с кожных и интерорецепторов. Дополняют его сосудистые изменения, связанные с улучшением реологии крови, микроциркуляции и сосудистого тонуса. Именно они и обеспечивают активацию метаболизма тканей как важную составную часть адапционных реакций. Таким образом, в основе регуляции иммунной активности различными видами лазерной терапии лежат адапционные реакции, начиная с молекулярно-клеточного до регуляторных изменений на уровне целого организма.

Молекулярно-генетические механизмы регуляторных реакций

Согласно существующим представлениям о молекулярных механизмах адаптации, на любое изменение гомеостаза организм отвечает активацией генетического аппарата клеток соответствующих тканей. В результате увеличивается синтез нуклеиновых кислот и белков, которые обеспечивают «мощность» систем адаптации [15]. В частности известно, что активация процессов биосинтеза в коре головного мозга приводит к фиксации временных связей, увеличивая «мощность» стресслимитирующих систем. В молекулярном механизме этих адапционных процессов важную роль играет увеличение экспрессии определенных генов и как следствие накопление стресс-белков с молекулярной массой 71–72 кД, которые предотвращают денатурацию белков и таким образом защищают клеточные структуры от стрессорных повреждений [16].

Адаптивные изменения на генетическом уровне обнаружены и при СВЧ-облучении (460 МГц, 10–1000 мВт/см²) двигательной области коры головного мозга крыс [14]. В этих опытах показано, что данное ЭМИ активирует синтез уникальных и умеренно повторяющихся фрагментов ядерной ДНК нейронов коры головного мозга. Максимум этот эффект достигает при интенсивностях от 40 до 80 мВт/см².

Отмечено увеличение включения меченого нуклеотида ³Н-тимидина в ДНК нейронов коры головного мозга, клеток скелетной мышцы и тимуса при действии на сенсорную область коры малых доз импульсного ИК-лазерного облучения (0,9 мкм, импульсная мощность 4,8 Вт, несущая частота 3000 Гц, длительность импульса 70 нс, модулирующая частота 10 Гц, длительность облучения 10 мин) двигательной области коры головного мозга крыс [12]. Максимум этот эффект достигает в зоне облучения. Применение такого лазерного облучения после физической нагрузки (плавание с грузом на хвосте) способствовало активации синтеза ДНК во всех трех исследуемых тканях, но в скелетной мышце и тимусе этот эффект был таким же, как и в группе без физической нагрузки, а в коре головного мозга он вдвое снижался по сравнению

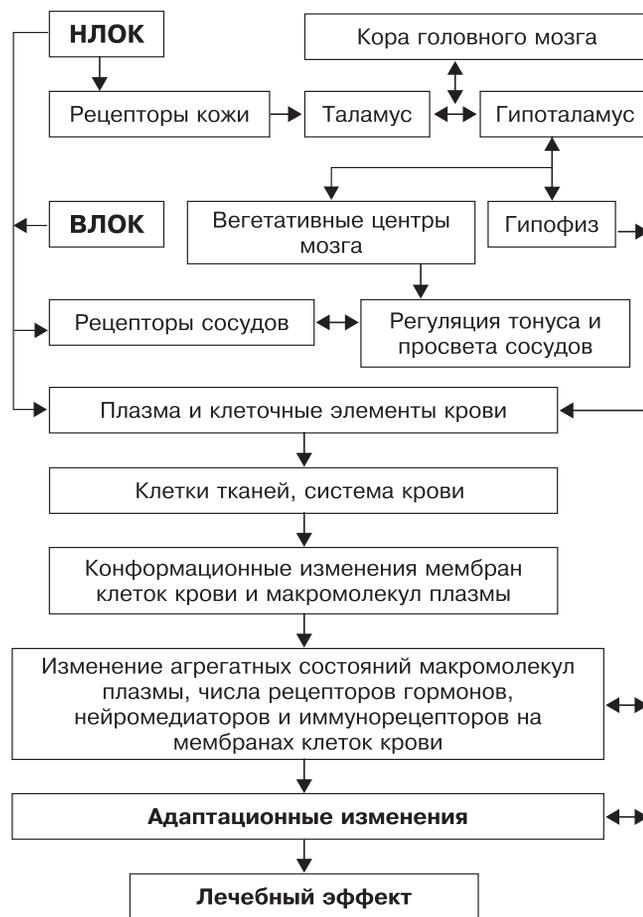


Рис. 1. Физиологические реакции организма на НЛОК и ВЛОК.

с контролем. Таким образом, ИК-лазерное излучение в используемом режиме может играть роль активного адаптогена, создавая пластическое обеспечение для повышения функциональной активности как в непосредственно облучаемой ткани (в коре головного мозга), так и в периферических по отношению к ней областях (в мышце и тимусе).

Применение ИК-лазерного облучения перед активной физической нагрузкой позволяет выявить различия в реагировании ЦНС и мышечной системы. В скелетной мышце при последующей физической нагрузке происходит снижение уровня ее пластического обеспечения. Следовательно, однократным 10-минутным ИК-лазерным облучением двигательной области коры головного мозга можно стимулировать биосинтетические процессы в облучаемых клетках ЦНС, в клетках тимуса и скелетных мышц, повышая функциональные возможности этих тканей не только у интактных животных, но и у животных после активной физической нагрузки. В свое время нами была обнаружена активация ядерного хроматина пирамидных и звездчатых нейронов коры головного мозга крыс после 10 мин лазерного облучения в красной области спектра (0,6 мкм) двигательной области коры [14].

Рис. 2 является обобщением представленного в работе фактического материала. Из него следует, что применяемые в физиотерапии низкоинтенсивные локальные воздействия на функционально активные

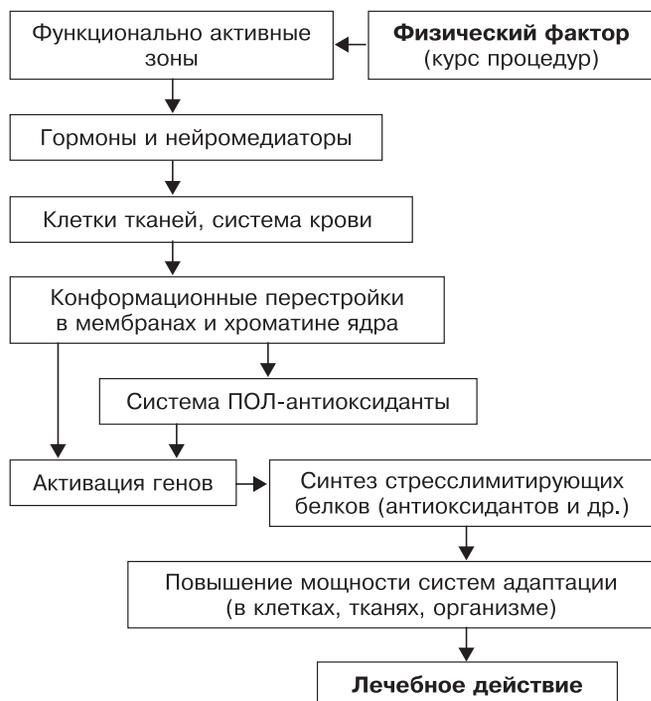


Рис. 2. Схема развития долговременной адаптации при физиотерапевтических воздействиях в виде курса процедур.

зоны обеспечивают антиоксидантные эффекты на уровне мембранных образований клеток и внутриклеточных органелл, предотвращают развитие окислительного стресса, инициируют синтез стресслимитирующих белков и активируют соответствующие гены, тем самым повышая мощность систем адаптации в клетках, тканях, органах и организме в целом. Таким путем развивается долговременная адаптация организма при курсовом применении методов физиотерапии, защищающая ткани от окислительного стресса и формирующая терапевтический эффект.

Таким образом, рассмотренные данные свидетельствуют о том, что локальные физиотерапевтические воздействия на центры нейроэндокринной регуляции, рефлексогенные зоны и вегетативные ганглии весьма эффективны в восстановлении нарушенных при патологиях функциональных возможностей организма и в коррекции окислительных, метаболических и иммунных процессов в регулируемых ими органах и тканях. Показано, что курс адаптации к ЭМИ (СВЧ и лазерные облучения) приводит к развитию адаптивных сдвигов со стороны регуляторных систем организма, биоэнергетических и пластических процессов в тканях миокарда, мозга, тимуса, мышц, связанных с активацией генетического аппарата, что и обеспечивает мощность систем адаптации.

ЛИТЕРАТУРА

1. Алимova В.Н. Сочетанное применение инфракрасного излучения, постоянного и переменного магнитных полей при стрессогенных иммунопатиях (экспериментально-клиническое исследование): Автореф. дис... канд. мед. наук. М., 2002.
2. Боголюбов В. М., ред. Физиотерапия и курортология. М.; 2009; 1: 143–61; 179–90.
3. Владимиров Ю.А. Лазерная терапия: настоящее и будущее. М.; 1999.
4. Девятков Н.Д., Зубкова С.М., Макеева Н.С. и др. Успехи современ-

- ной биологии. 1987; 103 (1): 31–42.
5. Дедов И.И., Мельниченко Г.А., Фадеев В.В. Эндокринология. М.; 2009.
6. Журавлев А.И. Квантовая биофизика животных и человека. М.; 2011.
7. Журавлев А.И., Зубкова С.М. Антиоксиданты. Свободно-радикальная патология. М.; 2008: 207–32.
8. Зубкова С.М. Биофизика. 1996; 41 (4): 906–12.
9. Зубкова С.М. Физиотерапия, бальнеология и реабилитация. 2006; 4: 3–11.
10. Зубкова С.М. Физиотерапия, бальнеология и реабилитация. 2008; 3: 3–12.
11. Зубкова С.М. Физиотерапия, бальнеология и реабилитация. 2009; 1: 3–9.
12. Зубкова С.М., Михайлик Л.В. Бюллетень экспериментальной биологии и медицины. 1995; 119 (6): 625–7.
13. Зубкова С.М., Сорокина Е.И., Кеневич Н.А. и др. Вопросы курортологии, физиотерапии и лечебной физической культуры. 1993; 6: 4–6.
14. Крылов О.А. В кн.: Актуальные вопросы медицинской реабилитации и физической терапии: Труды института. М.; 1989: 21–7.
15. Меерсон Ф.З. Адаптационная медицина: концепция долговременной адаптации. М.; 1993.
16. Меерсон Ф.З., Малышев И.Ю. Феномен адаптационной стабилизации структур и защита сердца. М.; 1993.
17. Розен В.Б. Эндокринология. М.; 1994.
18. Соколова З.А., Зубкова С.М., Царфис П.Г. и др. Терапевтический архив. 1985; 12: 80–2.
19. Сорокина Е.И. Физические методы лечения в кардиологии. М.; 1989.
20. Сорокина Е.И., Кеневич Н.А., Зубкова С.М. и др. Вопросы курортологии, физиотерапии и лечебной физической культуры. 1997; 4: 11–13.
21. Физиотерапия в андрологии. И.В. Карпунин, А.А. Миненков, А.А. Ли, С.М. Зубкова, В.А. Богомольный. М.; 2000. – С. 7–91.
22. Физические факторы в лечении и медицинской реабилитации больных различными заболеваниями. А.С. Бобкова, Е.Г. Коровкина, Г.И. Проскурова и др. М.; 1984: 37–40.
23. Френкель И.Д., Зубкова С.М. Вопросы курортологии, физиотерапии и лечебной физической культуры. 1987; 5: 5–9.
24. Хаитов Р.М. Иммунология. М.; 2006.
25. Bogolyubov V.M., Zubkova S.V., Frenkel I.D. et al. Rad. Res. 1988; 115: 44–53.
26. Lane N. Oxygen. Oxford; 2003.
27. Lane N. Power, sex, suicide. Mitochondria and the meaning of life. Oxford; 2005.
28. Low J., Reed A. Electrotherapy explained. Principles and practice. Oxford; 2002.
29. Mochegiani E., Amadio L., Fabris N. J. Endocrinol. Invest. 1990; 13: 139–47.

Поступила 20.05.12

РЕЗЮМЕ

Ключевые слова: физические факторы, локальные воздействия, функционально активные зоны, окислительный стресс, стресслимитирующее действие, иммунокоррекция, антиоксидантный эффект

Представленные данные свидетельствуют о том, что локальные физиотерапевтические воздействия на центры нейроэндокринной регуляции, рефлексогенные зоны внутренних органов и вегетативные ганглии весьма эффективны в восстановлении нарушенных при патологиях функциональных возможностей организма и коррекции окислительных, метаболических и иммунных процессов в регулируемых ими органах и тканях.

REGULATORY POTENTIAL AND PHYSIOTHERAPEUTIC INTERVENTIONS

Zubkova S.M.

Key words: physical factors, local interventions, functionally active regions, oxidative stress, stress-limiting action, immune correction, antioxidative effect

The author presents evidence that local physiotherapeutic treatment of the neuroendocrine regulatory centers, reflexogenic zones of internal organs, and vegetative ganglia is highly efficacious for restoring pathologically altered functional abilities of the body and correcting disturbed oxidative, metabolic, and immune processes in different organs and tissues.