

С.Ф.Сурганова, М.А.Никольский, А.В.Цецохо, Г.Я.Хулуп).

М е т о д и к а

Источником ПемП, ИМП и ПМП служили изготовленные нами для указанных целей специальные электромагнитные установки, серийный аппарат отечественного производства "Полюс-1" и эластичные магниты.

Различные группы животных подвергались общему или местному воздействию ПемП, ИМП или ПМП индукцией 3, 10, 20, 30, 40, 50, 70, 100 мТл ежедневно по 10, 20, 30, 60 и 240 мин в течение 7 сут. Обследование проводилось до, непосредственно после воздействия, а затем 2 раза в неделю в течение месяца (крысы), трех месяцев (кролики) и года (собаки). Общему воздействию подвергались крысы и кролики, местному – внутренняя поверхность правой конечности животных или область патологии. Индукторы электромагнитных аппаратов и эластичные магниты подводили вплотную к коже. Магнитные силовые линии были направлены перпендикулярно ходу кровотока в магистральных сосудах конечностей.

Возникающие изменения регистрировались с помощью электрокардиографических, реографических, рентгено-радиологических, тензиометрических, морфологических, гистохимических и электронномикроскопических исследований. Для измерения сердечного выброса и кровотока в тканях была разработана специальная методика (Г.Я.Хулуп, 1986). Меченые микросферы диаметром 15 мкм вводили в левый желудочек крыс, затем под операционным микроскопом в зоне действия МП и в интактном участке иссекали участки кожи, подкожно-жировой клетчатки, мышц и мышечной фасции для измерения в них количества микросфер.

При проведении электронномикроскопических исследований ультраструктурные срезы толщиной 40-50 нм рассматривали при

ускоряющем напряжении 70 кВ. Изучение морфологических и гисто-химических изменений в тканях осуществлялось с помощью обще-принятых методов.

Функциональное состояние тучных клеток соединительной тка-ни определяли по способу В.В.Виноградова (1973), периферической крови – общеклиническими, а количество в ней α и β эндорфи-нов – радиоиммунными методами.

Все цифровые данные подвергали статистической обработке на ЭВМ с использованием критерия Стьюдента и коэффициента корреля-ции. Контролем служили показатели животных группы "плацебо".

Результаты

Общее и местное воздействие ИМП, ПемП и ПМП индукцией 30-50 мТл ежедневно по 20-30 мин на протяжении недели вызывало возникновение функционально-морфологических эффектов, развитие которых можно условно разделить на три периода: первичных реак-ций, их стабилизации и разрешения.

В первом периоде сразу после прекращения действия МП отме-чались увеличение СОЭ и лейкоцитов, повышение индекса адгезив-ности тромбоцитов, коагулирующих свойств крови и ее вязкости, усиление тонуса кровеносных сосудов и их биоэлектрического со-противления. В течение первых 5 мин наблюдалось замедление капил-лярного кровотока и образование в этих сосудах агрегатов формен-ных элементов крови. Затем постепенно явления агрегации сменя-лись дисагрегацией, увеличивались скорость кровотока и крове-наполнение сосудов, снижались тонус сосудов и биоэлектрическое сопротивление тканей, вязкость крови и показатели ее коагуляции. К концу первых суток иногда наблюдались даже признаки гипокоа-гуляции.

Количество α и β эндорфинов в крови достоверно возрастало в течение часа после воздействия МП и продолжало оставаться высоким 6 час. Через 12 час отклонений от контрольных значений не наблюдалось.

По данным обзорной светооптической микроскопии на этом этапе появлялись реактивные изменения в мелких артериях и венах. Расширялись их просветы, они были переполнены форменными элементами крови с признаками краевого скопления эритроцитов. Клетки эндотелия изменяли свою конфигурацию, полярность и ориентацию. Повышалась проницаемость сосудистой стенки, в межсосудистых щелях накапливалась отечная жидкость.

Ультраструктурные измерения в изучаемых сосудисто-мышечных образованиях не зависели от вида МП. На электронограммах базальный слой стенки сосуда состоял из участков расслоения и утолщения его структур. Повышалась электронная плотность клеточных компонентов. В просвете капилляров выявлялись цитоплазматические выросты и отростки, увеличивавшие обменную площадь эндотелиальных клеток. Эндотелиоциты имели набухший вид, их цитоплазма содержала большое количество пиноцитозных везикул и вакуолей. Ядра эндотелиоцитов приобретали удлинненную форму, а нуклеома-волнистые очертания. Перинуклеарные пространства были расширены. Эндотелий кровеносных капилляров и сарколема мышечных волокон сближались и контакт между ними увеличивался. В местах с расширенными прекапиллярными пространствами обнаруживались отечная жидкость и незначительное количество утолщенных фибрилл. Это указывало на возможность нарушения сосудисто-тканевого обмена и усиление внеклеточной циркуляции веществ.

Клетки Лангерганса и Меркеля, располагающиеся в базальном слое эпидермиса того участка, где производилось местное воз-

действие МП, находились в возбужденном состоянии. В первых расширялась ампулярная часть, увеличивалось число отростков, проникающих до зернистого слоя и базальной мембраны. Оболочка вторых имела более интенсивную окраску и вытянутые пальцеобразные удлинения, вступающие в контакт с нервными волокнами, проникающими из дермы, на концах которых накапливалась нейроплазма.

Повышалась электрическая емкость мышечных волокон. При этом происходили незначительные изменения в их структуре — наряду с неизменными участками встречались очаги с явлениями подсаркоммиального и межфибриллярного отека. Набухшие и вакуолизированные цистерны саркоплазматического ретикулума придавали ему пестрый вид. Данные изменения происходили на уровне μ -линий и γ -дисков. В то же время Т-системы сохранялись неизменными. По-видимому, саркоплазматический ретикулум более чувствителен к МП, чем Т-система.

Развивались динамические реакции и в энергетическом аппарате. Ядра миоцитов приобретали округло-удлиненную форму с волнообразным очертанием карิโอлеммы. Перинуклеарные пространства расширялись. Со стороны митохондрий можно было отметить в некоторых случаях нарушения в их структуре в виде очагового лизиса митохондриальных мембран с разрушением крист, исчезновением перегородок и образованием пустот.

В соединительной ткани вокруг кровеносных и лимфатических сосудов обнаруживалось большое количество тучных клеток, находящихся в состоянии повышенной функциональной активности, что сопровождалось выходом в окружающие ткани гистамина, гепарина и серотонина. Их количество превышало контрольные цифры при воздействии ИМП в 6,2; ПемП — 5,8; ЛМП — 5,1 раза.

Второй период (2–6 дней) характеризовался устойчивыми

уже развившихся реакций. При местном воздействии МП давление крови в системе глубоких и подкожных вен тазовой конечности собак снижалось соответственно на II и I7%, а в артериях - на 6% по отношению к исходному уровню. Количество α и β -эндорфинов в крови крыс, как и в первом периоде, возрастало после каждого воздействия МП и достигало максимальных величин через 6 часов.

Наблюдавшиеся в первом периоде изменения в виде напряжения ультраструктур и активизации тучно-клеточного аппарата, были выражены в меньшей степени и еще способствовали относительной стабилизации компенсаторно-приспособительных реакций.

В период разрешения (с начала второй недели после окончания курсового воздействия МП) выраженность отмеченных реакций резко уменьшалась. У части животных они исчезали к концу второй недели, а у некоторых особей еще регистрировались на протяжении месяца и затем происходило полное восстановление функционально-морфологических нарушений.

При увеличении магнитной индукции поля до 100 мТл и экспозиции до 60 и 240 мин, у 1/3 наблюдаемых животных возникала стойкая артериальная и венозная гипотензия, на ЭКГ фиксировались небольшое снижение вольтажа комплекса QRS, удлинение внутрижелудочковой проводимости и повышение зубца T. В периферической крови преобладали явления гиперкоагуляции, уменьшалось количество β -липопротеидов на 30%, общего холестерина - на 20%, связанного - на 38%, свободного на 45%. Однако содержание этих липидных фракций с увеличением продолжительности дня (нал, ночь) после воздействия МП увеличивалось в среднем на 15% по отношению к исходному уровню.

В просветах расширенных подкожных вен отчетливо определя-

лись не только признаки агрегации, но и адгезивности эритроцитов и тромбоцитов, которые образовывали внутрисосудистые конгломераты, прилипавшие к эндотелиальной выстилке сосуда.

В стенках магистральных артерий можно было видеть обширную сеть переполненных кровью капилляров, набухание и утолщение волокнистых структур. По ходу эластических волокон располагались участки варикозных расширений и разрыхлений. В адвентиции артерий встречались нервные волокна с узуррированными очертаниями, аксоны с веретенообразными утолщениями и концы нервных волокон с наплывами нейроплазмы.

К этому времени в оболочках магистральных кровеносных сосудов нарушалось распределение кислых гликозаминогликанов (ГАГ): увеличивалось присутствие хондроитин-сульфатов В и С на фоне уменьшения содержания гиалуроновой кислоты.

Через два месяца в стенках артерий и вен уже более четко определялась деформация эластического каркаса, образование грубых коллагеновых компонентов и возрастала величина изменений отношения гиалуроновой кислоты и хондроитин-сульфатов в сторону еще большего накопления последних. Такая направленность процесса указывала на развитие склероза сосудов. К концу года после воздействия МП в стенках кровеносных сосудов уже превалировала атрофия гладкомышечных клеток, происходило частичное разрушение эластического каркаса и образование большого количества грубых коллагеновых волокон, сегментарно выпячивавших стенку сосуда и его просвет, что уменьшало проточное отверстие артерий и вен.

Воздействие МП с индукцией от 3 до 20 мТл при экспозиции 20 мин вызывало в первом периоде увеличение кровенаполнения периферических сосудов, снижение их тонуса и биоэлектрического сопротивления, уменьшение вязкости и коагуляции крови, появле-

ние в ней α и β эндорфинов. Второй и третий периоды у этих животных были кратковременными. К концу третьих суток изучаемые показатели возвращались к исходному состоянию.

Действие ПМП, индуцируемых электромагнитными аппаратами и эластичными магнитами, оказывало идентичное влияние. ПемП и особенно ИМП способствовали появлению более выраженных магнито-биологических эффектов, чем ПМП.

Изучение ответных реакций организма на воздействие МП в условиях некоторых патологий мы проводили с учетом результатов предыдущих исследований. Поэтому были взяты только ПемП и ПМП с величиной индукции 10-30 мТл, генерируемой аппаратом "Полюс-1" и эластичными магнитами. Индукторы аппарата и эластичные магниты подводились вплотную к коже в области патологического очага. Воздействие МП начиналось сразу или через 2 сут после окончания работы по созданию модели патологического процесса и осуществлялось в течение 7 дней по 10-30 мин в одно и то же время суток.

В группе опытов, где изучались реакции организма на воздействие МП при лечении гнойных ран, лучшие результаты давало применение ПемП с величиной индукции 30 мТл и экспозиции 30 мин сразу после создания модели патологического очага. У этих животных происходило более выраженное увеличение кровотока в грануляционной ткани, снижение патогенных свойств микроорганизмов, повышение функциональной активности нейтрофилов и ускорение процессов заживления гнойных ран и ожогов.

У животных, которым после операции на сонной или бедренной артериях (круговой шов, замещение дефекта артерии венозным аутоотрансплантатом или синтетическим протезом) не назначалась магнитотерапия, в 32% случаев наблюдалось нагноение ран кожи и в 40% образование тромба в области анастомоза артерии.

Кроме того, в послеоперационном периоде у этих животных возрастала свертывающая активность крови одновременно с усилением адгезивности и агрегации тромбоцитов на фоне снижения кровенаполнения и упруго-эластических свойств регионарных кровеносных сосудов. Применение ПМП и ПемП сразу после операции снижало число послеоперационных тромбов, соответственно на II^а и 23%, а в тех случаях, где МП назначалось через 2 сут — на 4% и 9%. Как в первой, так и второй группах наблюдений, воздействие МП способствовало снижению реакции гиперкоагуляции, а к концу курса магнитотерапии — развитию гипокоагуляции с постепенным снижением адгезивности тромбоцитов, укорочением максимальных величин амплитуды и эластичности сгустка крови, понижением ее вязкости и гематокритного числа.

При реплантации конечности применение ПемП индукцией 10–20 мТл на этапах ее консервации и реабилитации по 20–30 мин в 4 раза по сравнению с контролем уменьшило количество погибших животных. Жизнеспособность трансплантированной конечности сохранялась более длительное время вследствие активации крово- и лимфообращения, улучшения реологических свойств крови, снятия гиперкоагулирующего синдрома.

В опытах с аутооттрансплантацией костной ткани активное влияние на исходы оперативного вмешательства оказывало воздействие ПМП и ПемП индукцией 20–30 мТл, ежедневно на протяжении 7 дней, которое начиналось сразу после операции. У этих животных в области оперативного вмешательства значительно раньше (по сравнению с группой животных, где магнитотерапию начинали проводить через 2 сут после операции) спадал отек тканей, увеличивалось кровенаполнение сосудов, повышалась скорость капиллярного кровотока и улучшались процессы репаративной регенерации травмиро-

ванных тканей. Все это способствовало тому, что костные ауто-трансплантаты у этих животных приживлялись на 1,5-2 нед раньше, чем у животных контрольной группы, где не проводилась магнито-терапия.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Поскольку данная статья представляет собой фрагменты обобщающих сведений о результатах проведенных исследований, отпадает необходимость в формулировке конкретных выводов по каждому разделу работы. Тем не менее следует обратить внимание на обнаруженные некоторые закономерности развития реакций организма в ответ на воздействие МП в норме и при патологических состояниях. Оказалось, что у здоровых животных вид МП, величина его индукции и время воздействия могут вызвать развитие неспецифических защитно-адаптационных реакций разного типа - от реакций "тренировки" и "активации" (Л.Х.Гаркави с соавт.) до стресс-реакции (Г.Селье), которые находились в зависимости от индивидуальной чувствительности животных к МП, его вида и параметров. Воздействие ПМП, ПеМП и ИМП с величиной индукции до 50 мТл и экспозиции до 30 мин ежедневно в течение 10-12 дней вызывало более выраженное развитие обратимых реакций "тренировки" и "активации" при применении ИМП и ПеМП, чем ПМП. Увеличение индукции МП от 50 до 100 мТл и времени ежедневного воздействия от 60 до 240 мин (особенно ИМП) способствовало появлению уже ряда необратимых реакций. Ярче это проявлялось в стенках крупных артерий собак, где происходило формирование явлений склероза на фоне нарушения сосудисто-тканевого обмена, распределения гликозаминогликанов в сторону уменьшения гиалуроновой кислоты, накопления хондроитин сульфатов В и С, деформаций коллагеновых, эластических и ретикулиновых волокон оболочек сосуда. По-видимому, такие изменения

можно объяснить влиянием МП на скорость радикальных химических реакций, когда определенное воздействие внешнего магнитного поля может менять скорость переходов между синглетным (реакционноспособным) и триплетным (нереакционноспособным) состоянием радикальных пар.

Внимания заслуживает и тот факт, что в коже, где производилось местное воздействие МП, возникали реактивные изменения в ее клеточном составе. Однако этот вопрос требует проведения дальнейших углубленных исследований.

Характерной особенностью развития ответных реакций организма на воздействие МП в созданных моделях патологических процессов являлось снижение свертывающей и активация противосвертывающей функций крови одновременно с повышением в ней количества опиоидных пептидов (α и β эндорфинов). Такая закономерность обнаруживалась, когда воздействие МП оказывалось в первые часы после создания модели патологии.