

РЕАКЦИЯ СОСУДИСТО-МЫШЕЧНЫХ ОБРАЗОВАНИЙ КОНЕЧНОСТЕЙ
НА ДЕЙСТВИЕ МАГНИТНЫХ ПОЛЕЙ

Витебский медицинский институт, Институт физиологии АН БССР, Минск

В последние годы в практике здравоохранения с лечебной целью стали широко использовать воздействие магнитного поля (МП). К настоящему времени накоплены значительные данные о биологическом действии этого физического фактора на живой организм, его функционально-морфологические структуры и системы [2—8]. Однако имеющиеся теоретические предпосылки не позволяют еще правильно обосновать патогенетические возможности магнитотерапии, поскольку механизм лечебного действия МП изучен недостаточно полно, особенно на ультраструктурном уровне.

В связи с этим была предпринята попытка изучить вопросы механизма действия МП на сосудисто-мышечные образования конечностей на клеточном и ультраструктурном уровнях. Для выяснения характера и степени влияния переменного (ПеМП) и постоянного (ПМП) магнитных полей на развитие ответных реакций со стороны микроструктур сосудов, мышц и тучных клеток в соединительной ткани проведены экспериментальные исследования на 410 белых беспородных крысах массой 200—250 г. Подопытные животные были разделены на 2 группы: 1-я группа подвергалась действию ПеМП (1-я и 2-я серии опытов, по 90 крыс в каждой), 2-я — воздействию ПМП (3-я и 4-я серии, также по 90 крыс); 30 крыс составили контрольную группу и 20 крыс — 2 подгруппы «плацебо» (в каждой по 10 животных).

Локальное действие МП осуществляли на переднемедиальную поверхность правой задней конечности. Источником ПеМП служил аппарат «Полус-1», генерировавший синусоидальное поле в непрерывном режиме, а источником — эластичные магниты. Индукторы аппарата подводили вплотную к бедру на уровне верхних $2/3$; магнитные эластичные аппликаторы размером $1,5 \times 3$ см прикладывали непосредственно на кожу в этой же области. Силовые линии были направлены по ходу кровотока в магистральных сосудах конечностей. Индукция ПеМП (1-я группа) и ПМП (2-я группа) составляла 10 и 35 мТл, а продолжительность — 10, 30 и 60 мин. Однотипному воздействию МП (по величине индукции и экспозиции) подвергалось по 30 подопытных животных и по 10 крыс из подгрупп «плацебо», 15 крыс служили контролем.

Материал для морфологических исследований брали сразу после окончания действия МП, а затем на 1, 3, 7, 14 и 30-е сутки. У крыс иссекали переднюю группу мышц бедра с основным сосудисто-нервным пучком и фиксировали в 10 % растворе формалина на 0,1 М фосфатном буфере при pH 7,4. После соответствующей обработке срезы толщиной 6—7 мкм от подопытных и контрольных животных помещали на одно стекло и окрашивали гематоксилином и эозином, пикрофукцином по Ван-Гизону, Вейгерту — Харту, импрегнировали нитратом серебра, гликозаминогликаны выявляли по Риттеру и Олесону.

При проведении электронно-микроскопических исследований ткани фиксировали в 0,1 % глутаральдегиде, подвергали дополнительной обработке 1 % осмием и контрастировали уранил-ацетатом. Ультраструктурные срезы толщиной 40—50 нм получали на ультратоме КВ типа 480-4А (Швеция) и изучали в электронном микроскопе JEM-100 В (Япония) при ускоряющем напряжении 70 кВ.

Для изучения функционального состояния тучных клеток соединительной ткани пленочные препараты фасций и брыжейки окрашивали толуидиновым синим по В. В. Виноградову [1]. Подсчет и дифференциацию клеток осуществляли в 10 полях зрения.

Цифровые данные подвергали статистической обработке на ЭВМ «Наири-К» и микро-ЭВМ «БЗ-34» с использованием критерия Стьюдента и коэффициента корреляции.

Результаты исследований и обсуждение

Как показали проведенные исследования, непосредственное локальное воздействие ПемП и ПМП на конечность подопытных животных вызывает развитие однотипных, быстро протекающих в несколько этапов ответных реакций со стороны всех компонентов морфологических структур сосудистых и мышечных образований. В то же время у контрольных животных и у крыс из подгрупп «плацебо», обследованных в эти же сроки, подобных изменений не обнаруживалось. Выраженность происходящих изменений и скорость обратного развития в основном зависели от величины индукции МП и его экспозиции.

Так, по данным обзорной светоптической микроскопии, уже в течение первых часов (I период) после воздействия МП при индукции 10—35 мТл с 10—30-минутной экспозицией, обнаруживались довольно значительные реактивные изменения, которые захватывали в основном мелкие артерии и вены. На микропрепаратах (см. рисунок, а) они представляли собой «мозаичную» картину: наряду с неизменными зонами встречались участки с паретически расширенными капиллярами и венулами, а также участки со спазмированными артериолами. Открывшиеся предсуществующие микрососуды были перепол-

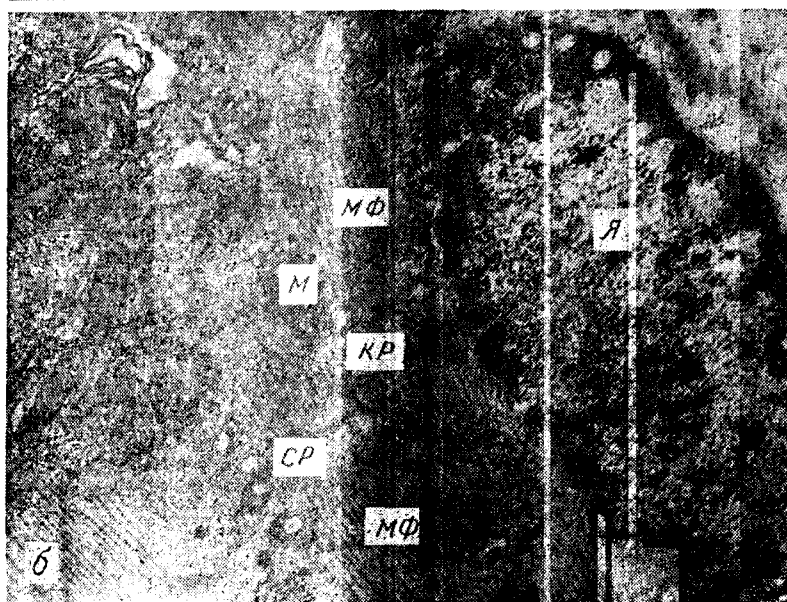
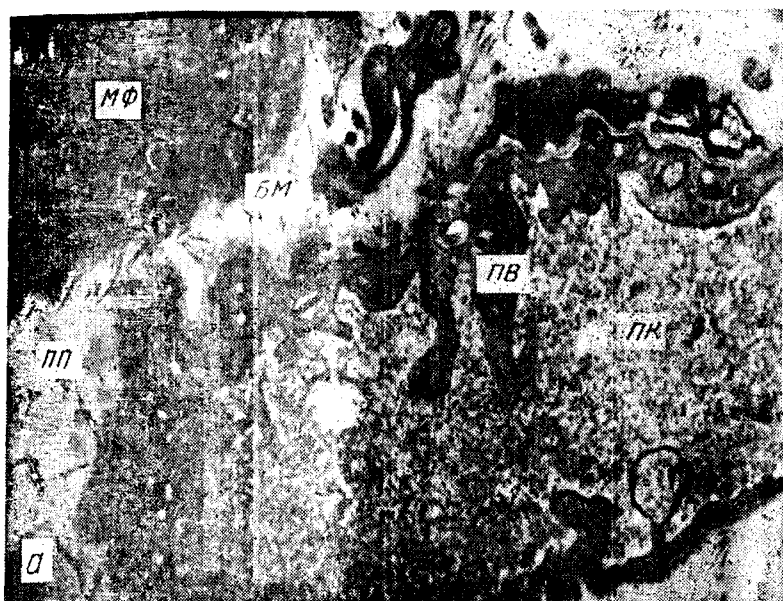
нены форменными элементами крови. В расширенных очагах отмечалось краевое скопление эритроцитов. Эпителиальные клетки, выстилающие внутреннюю оболочку сосудов, изменяли свою конфигурацию, полярность и ориентацию. Межклеточные соединения расширялись, увеличивалась частота микродефектов, что способствовало повышению проницаемости и появлению отека жидкости в межсосудистых щелях. Нервные волокна сосудистых стенок частично увеличивались в объеме. В них появлялись очаги «наплыва» нейроплазмы.

Границы мышечных волокон были нечеткие, смазаны, толщина их неоднородна на различных уровнях. Со стороны межклеточной ткани выявлялись признаки раздражения и пролиферации клеток эндо- и перимизия с наличием значительного количества лейкоцитов. Иногда встречались участки инфильтрации тканей малыми лимфоцитами и другими клеточными элементами. Появлялись очаги с уплотненными коллагеновыми и эластическими волокнами. Местами выявлялись картина сплошного фибриноидного набухания и плазморрагии.

Ультраструктурные изменения в изучаемых сосудисто-мышечных образованиях также носили однотипный характер и не зависели от вида поля. На электронограммах (см. рисунок, б) часть капилляров была спавшейся, венозный отдел выглядел несколько расширенным. Базальный слой их был хорошо выражен. Иногда появлялись участки с расслоением и утолщением его структур. Электронная плотность клеточных компонентов несколько повышена.

В просвете капилляров выявлялись цитоплазматические выросты и отростки, увеличивающие обменную площадь эндотелиальных клеток. Эндотелиоциты набухшие, местами деформированы. Их цитоплазма содержала большое количество пиноцитозных везикул и вакуолей. Ядра эндотелиоцитов приобретали удлинненную форму, нуклеома имела волнистые очертания, пренуклеарные пространства были расширены.

В части регионов наблюдалось выраженное усиление эндотелиально-мышечных взаимосвязей: эндотелий кровеносных капилляров и сарколемма мышечных волокон сближались и контакт между ними увеличивался. В ме-



Микрофотографии электронограмм с препаратов сосудисто-мышечных образований задних конечностей крыс.

а — венозный отдел капилляра. Перичитарные выросты повышенной электронной плотности вдаются в просвет капилляра, окружены истонченной базальной мембраной. $\times 10\,000$. ПВ — перичитарные выросты; ПП — просвет капилляра; ПП — перикапиллярное пространство; БМ — базальная мембрана; МФ — миофибриллы; б — ультраструктура миофибрилл с фрагментом ядра. Ядерная оболочка изменена, имеет расплывчатый вид, лизированные структуры. Митохондрии округлой формы, диффузно гомогенизированы, часть из них расширена с разрушенными кристами. $\times 14\,000$. МФ — миофибриллы; Я — ядро; М — митохондрии; КР — кристы; СР — саркоплазматический ретикулум.

стах с расширенными прекапиллярными пространствами обнаруживались отекающая жидкость и незначительное количество утолщенных фибрилл, что говорило о нарушении сосудисто-тканевого обмена и усилении внутриклеточной циркуляции веществ.

Повышалась электрическая емкость мышечных волокон. При этом происходили незначительные изменения в их

структуре: так, наряду с неизмененными участками встречались очаги с деструкцией, явлениями подсарколеммального и межфибриллярного отека. Набухшие и вакуолизированные цистерны саркоплазматического ретикулума придавали ему «пестрый» вид. Данные изменения происходили на уровне Z-линий и J-дисков. В то же время T-системы сохранялись и были близки к норме.

Все это указывало на то, что саркоплазматический ретикулум более чувствителен к МП, чем Т-система. Развивались динамические изменения и в энергетическом аппарате. Ядра миоцитов приобретали округло-удлиненную форму с волокнистым очертанием кардиолеомы. 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 сосудов обнаруживалось большое количество тучных клеток, находившихся в состоянии повышенной функциональной активности. Их количество превышало исходные данные у животных 1-й группы (ПеМП) в 5,8 раза; у контрольных животных в 4,3 раза, а у крыс из подгруппы «плацебо» — в 4 раза; у животных 2-й группы (ПМП) — соответственно в 5,0, 4,1 и 3,8 раза. Число деградирующих клеток у подопытных крыс, подвергшихся действию ПеМП и ПМП с величиной индукции 10 мТл, возрастало до 28 и 21 %, а при ПеМП (35 мТл) с 60-минутной экспозицией — до 57 %. У животных контрольных групп оно составляло 12—14 %, а из подгрупп «плацебо» — 19—16 %.

Таким образом, обнаруженные нами изменения в функционально-морфологическом состоянии сосудисто-мышечных образований свидетельствовали о развитии первичной реакции раздражения, которая была направлена на поддержание гомеостаза на обычном физиологическом уровне.

Через день и на 3-и сутки (II период) наблюдавшиеся изменения в виде нарушения ультраструктур и активизации тучно-клеточного аппарата были выражены в меньшей степени и еще способствовали относительной стабилизации компенсаторно-приспособительных процессов.

К концу 1-й недели (III период) и в дальнейшем (14—30-е сутки) обзорные препараты сосудов и мягких тканей, как и электронограммы ультраструктурных образований подопытных животных, ничем не отличались от аналогичных препаратов животных контрольных групп и подгрупп «плацебо», сделанных в эти же сроки. Это свидетельствовало о почти полном восстановлении

функционально-морфологических связей со стороны сосудисто-мышечных образований.

В то же время у животных, которым проводили локальное воздействие ПеМП индукцией 35 мТл в течение 60 мин, отмеченные выше изменения ультраструктурных образований и функций тучно-клеточного аппарата были еще выражены на 14-е сутки. Все это свидетельствует о более выраженной реакции на раздражение данным МП и о замедлении процессов обратного развития.

Таким образом, действие ПеМП и ПМП с величиной индукции 10—35 мТл в течение 10—30 мин на передненутреннюю поверхность бедра вызывает в сосудисто-мышечных образованиях конечности развитие обратимых функционально-морфологических реакций на клеточном и ультраструктурном уровнях, которые направлены на поддержание адаптационно-компенсаторных механизмов.

При использовании ПеМП индукцией 35 мТл с 60-минутной экспозицией течение ответных реакций со стороны изучаемых структур отягощалось и процесс обратного развития замедлялся. В некоторых случаях процесс морфофункциональной перестройки не заканчивался и через 1 мес после их действия. По-видимому, дальнейшее увеличение индукции данного вида поля и экспозиции его воздействия могут привести к срыву компенсаторных процессов. Данный факт следует учитывать при выборе вида МП и их дозировок при проведении магнитотерапии.

Для проведения патогенетически обоснованной коррекции различных видов нарушений кровообращения и лечения заболеваний сосудов конечностей с целью непосредственного воздействия на сосудисто-мышечные образования можно использовать ПеМП и ПМП индукцией 10—35 мТл при 10—30-минутной экспозиции.

ЛИТЕРАТУРА

1. Виноградов В. В., Воробьев Н. Ф. // Тучные клетки. — Новосибирск, 1973.
2. Пирузян Л. А., Кузнецов А. А. // Изв. АН СССР; Сер. биол. — 1983. — № 6. — С. 805—821.
3. Торопцев И. В., Таранов С. В. // Арх. пат. — 1982. — Т. 44, № 12. — С. 3—11.
4. Удинцев Н. А. // Вопр. курортол. — 1981. — № 4. — С. 9—12.
5. Холодов Ю. А. // Успехи физиол. наук. — 1982. — № 13. — С. 48—64.

6. Aulet M. // Kinesither. Sci.— 1983.— Vol. 209.— P. 34—61.
7. Constantinescu // Ibid.— 1982.— Vol. 208.— P. 17—19.
8. Magio G., Fontana M. // Minerva anesth.— 1982.— Vol. 48.— P. 827—838.

Поступила 29.09.86

THE RESPONSE OF VASCULAR AND MUSCULAR STRUCTURES OF THE LOWER

LIMBS TO MAGNETIC FIELD IN EXPERIMENT

A. M. Demetsky, S. F. Surganova, A. A. Nikolaev, G. Ya. Khulup, L. I. Archakova, Ya. T. Volodko

Local 10-30 min exposure of the lower limbs to steady or alternating magnetic field (10-35 mT) was found to trigger compensatory adaptation reaction in microstructures of the limbs vascular-muscular conglomerates. This may serve rationale for a target magnetic field effect to correct circulatory disturbances in angiomyopathies.