

8. Kondratyuk S. Ya., Khodosovtsev A. Ye., Zelenko S. D. The second checklist of lichenin forming, lichenicolous and allied fungi of Ukraine. Kiev, 1998. P. 180.

Поступила в редакцию 22.06.05.

**Александр Петрович Яцына** - студент 4-го курса биологического факультета.

**Валентина Дмитриевна Поликсенова** - кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, заведующая кафедрой ботаники.

УДК 615.847.8

*И.В. СЫСОЕВА, А.П. СИВАКОВ. Е.Г. ВОЛКОВА*

## **ВЛИЯНИЕ ВЫСОКОИНТЕНСИВНОГО ИМПУЛЬСНОГО МАГНИТНОГО ПОЛЯ НА УРОВЕНЬ СЕРОГЛИКОИДОВ И ЩЕЛОЧНОЙ ФОСФАТАЗЫ В ЭКСПЕРИМЕНТЕ**

The pathogenetic approach to the use of pulsing magnetic fields (PMF) with size of a magnetic induction 1,1-1,6 T and duration of a pulse less than 1 MS determines expediency of their application. Vortical currents being induced in fabrics operate on excitable structures of an organism, changing speed of current of biochemical processes.

Система восстановительных мероприятий при травмах опорно-двигательного аппарата у спортсменов включает различные средства медицинской, физической и спортивной реабилитации. Лечебный и тренирующий эффекты помимо фармакологических средств достигаются современными средствами кинезо-, рефлексо- и физиотерапии. Указанные методы снижают активность воспалительного процесса, уменьшают болевой синдром, улучшают кровообращение и трофику тканей, активизируют репаративные процессы. В совокупности реабилитационные мероприятия нивелируют изменения, вызванные патологическим процессом в организме, и способствуют активации механизмов саногенеза [1, 2].

Одной из главных задач медицинской реабилитации с позиций спортивной травматологии является предупреждение перехода острого патологического состояния в хроническое с развитием посттравматических последствий, а также сокращение сроков реабилитации спортсменов при максимально полном восстановлении нарушенных функций опорно-двигательного аппарата [3].

Большая роль отводится физическим преформированным факторам. В этой связи актуальной является разработка новых методик физиотерапевтического воздействия, основанных на использовании электромагнитных полей [4]. В клиническую и спортивную практику входят современные физиотерапевтические технологии с применением высокоинтенсивных импульсных магнитных полей (ВИМП).

Механизмы биологического влияния ВИМП на организм продолжают изучаться. Число эмпирических исследований его лечебного действия возрастает. Использование ВИМП вызывает широкий спектр эффектов, которые могут применяться при реабилитации спортсменов с травмами опорно-двигательного аппарата [5]. Однако данный вид физиотерапевтического воздействия еще не получил должного научного обоснования.

Воспалительный процесс в связках, сухожилиях и суставах конечностей после травм сопровождается выраженными нарушениями структуры и функции окружающих тканей, местных и общих обменных процессов в организме. Очаг воспаления изменяет функционирование различных систем, поэтому процессы восстановления зависят от состояния крово- и лимфообращения, центральной нервной системы, иммунологической реактивности организма в целом.

В поврежденной ткани развивается ацидоз, увеличивается осмотическое давление на фоне роста гидратации, изменяется коллоидный состав протоплазмы. Кроме того, нарушение обмена веществ в воспаленной ткани приводит к снижению интенсивности окислительно-восстановительных процессов, а образование лизосомальных гидролаз, простогландинов, лейкотриенов обуславливает сосудистую воспалительную реакцию и, как следствие, - расстройство микроциркуляции [6].

На восстановительном этапе преобладают явления фагоцитоза поврежденных клеток макрофагами и паренхиматозными клетками той ткани, где происходит воспаление. Общие механизмы развития патологических процессов, определяющие направленность метаболических нарушений, сопровождаются единичными клиническими проявлениями. При этом изменения биохимических параметров организма могут являться индикаторами, отражающими его состояние при реактивном воспалении [7].

Нервно-рефлекторный и гуморальный механизмы влияния магнитотерапии позволяют использовать ее на ранних стадиях развития воспалительной реакции [8], что особенно важно в практике спортивной медицины. Воздействие ВИМП на всех стадиях воспаления позволит воспрепятствовать переходу острого патологического состояния в хроническое и развитию посттравматических осложнений.

Противовоспалительный эффект магнитотерапии связывают с активизацией клеточного и тканевого метаболизма [9]. По данным литературы, происходящее усиление метаболических процессов в зоне регенерации кости под влиянием магнитных полей приводит к появлению фибро- и остеобластов в более ранние сроки лечения переломов конечностей [10, 11].

Результаты экспериментальных исследований свидетельствуют о нормализации под действием магнитного поля содержания в поврежденных тканях биологически активных веществ (серотонина, катехоламинов, гистамина), что ведет к снижению воспалительных, некротических и стимуляции репаративно-регенераторных процессов [12].

Целью нашего исследования явилось изучение влияния ВИМП на уровень биохимических показателей у крыс в условиях экспериментального формалинового воспаления.

### Материал и методика

Исследование выполнялось на базе ЦНИЛ БелМАПО на белых половозрелых беспородных крысах массой 180-220 г в условиях стандартного содержания и кормления. Предварительно отсаженные, промаркированные лабораторные животные были разделены на 5 групп (табл. 1).

Животным в группах контроль-«плацебо», опытная 1, опытная 2, опытная 3 в первый день эксперимента было введено 0,3 мл 2 % водного раствора формалина в подошвенный апоневроз задней левой лапки с целью моделирования экспериментального асептического воспаления голенопредплюсневой сустава конечности [13].

Животным указанных групп, начиная с 3 сут, ежедневно на плантарную поверхность задней конечности воздействовали генератором импульсного магнитного поля с длительностью импульса 100 мкс, периодами следования импульсов 10 мс, количеством импульсов в серии - 3, количеством серий в минуту - 20, с индукцией магнитного поля Б, равной 1,1-1,6 Тл. Экспозиция составила 8-10 мин, курс - 10 процедур, методика воздействия - контактная. Крысы экспериментальных групп опытная 1, опытная 2 и опытная 3 подвергались воздействию поля с магнитной индукцией, равной 1,1; 1,4; 1,6 Тл соответственно. Животные, находящиеся в аналогичных условиях эксперимента, но без включенного генератора магнитного поля, составили группу сравнения контроль-«плацебо».

Контролем служила интактная группа здоровых животных, воздействие к которым не применялось.

После курса магнитотерапии (на 14-е сут) животных выводили из эксперимента методом декапитации под эфирным наркозом с целью забора крови для определения биохимических показателей. Дополнительно на 3-й сут эксперимента животных контрольной группы выводили из эксперимента с целью оценки

таблица 1

Распределение животных по группам		
Группы животных	В, Тл	Количество животных, шт.
Контроль-интактная	-	6
Контроль-«плацебо»	Эффект «плацебо»	8
Опытная 1	1,1	10
Опытная 2	1,4	10
Опытная 3	1,6	10

развития экспериментального формалинового воспаления без применения магнитного воздействия.

Влияние магнитного воздействия на степень активности воспалительного процесса у экспериментальных животных оценивали по уровню серогликоидов и активности щелочной фосфатазы в сыворотке крови. Выбор этих показателей был обусловлен тем, что при воспалительном процессе, как правило, наблюдается увеличение содержания связанных с белками или серогликоидом сыворотки гексоз [7, 14]. Кроме того, повышение метаболизма в костной ткани главным образом при патологических состояниях, связанных с пролиферацией фибро- и остеобластов, или при более интенсивном синтезе щелочной фосфатазы в остеобластах приводит к увеличению активности этого фермента [15].

Определение серогликоидов осуществлялось турбидиметрическим методом: по каплям добавляли 1,25 мл раствора хлорной кислоты к 0,25 мл сыворотки, смешанной с 2,5 мл физиологического раствора хлористого натрия, перемешивали и центрифугировали в течение 10 мин на общеклинической центрифуге при 3000 об/мин. К 3,5 мл надосадочной жидкости добавляли 0,5 мл фосфорновольфрамовой кислоты и через 15 мин пробу фотометрировали на фотоэлектроколориметре при красном светофильтре (670 нм) в кювете (ширина слоя 10 мм) относительно контрольной пробы. Результат выражали в единицах оптической плотности (абсорбции) - ЕД.

Для исследования активности щелочной фосфатазы в сыворотке крови использовался диагностический набор фирмы Cormey (Польша). Определение активности фермента проводилось кинетическим методом. Использовалась проба сыворотки без следов гемолиза. Условия определения: длина волны 405 нм, температура определения 37 °С, оптический путь 1 см. В кювету пипетировали 1000 мкл рабочего реагента и 20 мкл сыворотки, перемешивали и инкубировали при температуре определения. Результат измеряли на фотометре Cormey Multi (Польша) и выражали в единицах активности в литре сыворотки крови (Е/л).

Сравнение биохимических показателей у животных в опытных группах, где применялась магнитотерапия, проводилось с показателями в группе контроль-«плацебо».

Уровень щелочной фосфатазы и серогликоидов для оценки развития воспалительного процесса у контрольных крыс к 3-м сут сравнивали с показателями интактной группы.

Статистическую обработку результатов проводили с применением программного обеспечения Microsoft Excel и Biostat с вычислением средней арифметической ( $M$ ) и стандартной ошибки среднего ( $m$ ). Достоверность  $p$  различий определяли с помощью  $t$ -критерия Стьюдента - Фишера.

### Результаты и их обсуждение

Анализ уровня серогликоидов (табл. 2) в сыворотке крови животных в группе контроль-«плацебо» к 3-м сут эксперимента по отношению к исходному состоянию в группе контроль-интактная выявил их достоверное увеличение на 65 % ( $p < 0,005$ ). К концу эксперимента (14-м сут развития воспаления) в группе контроль-«плацебо» отмечался его дальнейший рост на 7 %, что превышало аналогичные показатели у интактных животных ( $p < 0,005$ ). Однако в опытных группах у крыс, где проводилась магнитотерапия, отмечалось снижение уровня серогликоида: в первой группе - на 32,1 %, во второй - на 36 % ( $p < 0,005$ ), в третьей средний уровень серогликоидов снизился на 7 % ( $p > 0,05$ ), но превышал исследуемый показатель в интактной группе животных.

Таким образом, в опытных группах животных после проведенного курса магнитотерапии уровень серогликоидов (рис. 1) отличался от аналогичного показателя в контрольной группе без магнитного воздействия: он был достоверно ниже ( $p < 0,05$ ) на 36 и 40 % соответственно в первой и второй опытных группах и имел тенденцию к снижению на 13 % в третьей группе ( $p > 0,05$ ).

К 3-м сут развития экспериментального воспаления средние значения активности щелочной фосфатазы (рис. 2) в сыворотке крови у животных контрольной группы повышались на 13 % ( $p > 0,05$ ). К 14-м сут воспалительный процесс сопровождался дальнейшим повышением этого показателя на 10,6 %

( $p > 0,05$ ). После проведенного курса магнитотерапии у животных первой и второй опытных групп отмечалось достоверное ( $p < 0,05$ ) снижение ее активности на 15 и 21 % соответственно до уровня щелочной фосфатазы в группе интактных крыс. Активность щелочной фосфатазы в сыворотке у животных с предъявляемым к ним максимальным магнитным воздействием (третья опытная группа) не имела статистически значимого ( $p > 0,05$ ) отличия от аналогичного показателя у животных в группе контроль-«плацебо».

Таблица 2

## Биохимические показатели в сыворотке крови у крыс в процессе эксперимента (M±m)

Группа животных	Показатели			
	Серогликоиды, ЕД	Достоверность	Щелочная фосфатаза, Е/л	Достоверность
Контроль-интактная (n=6)	0,17±0,01	—	155,7±12,7	—
Контроль-«плацебо», 3-и сут (n=6)	0,28±0,01	<0,005***	176,6±10,3	>0,05***
Контроль-«плацебо», 14-е сут (n=8)	0,3±0,01	>0,05**	195,4±12,6	>0,05** >0,05***
Опытная 1, 14-е сут (n=8)	0,19±0,01	<0,005* <0,005**	149,4±8,1	<0,005* <0,005**
Опытная 2, 14-е сут (n=8)	0,18±0,009	<0,005* <0,005**	139,5±8,0	<0,01* <0,01**
Опытная 3, 14-е сут (n=8)	0,26±0,02	>0,05* >0,05**	187,0±6,0	>0,05* >0,05** <0,05***

Примечание. \* Достоверность различий по сравнению с группой контроль-«плацебо» на 14-е сут; \*\* то же на 3-и сут; \*\*\* достоверность различий по сравнению с группой контроль-интактная.

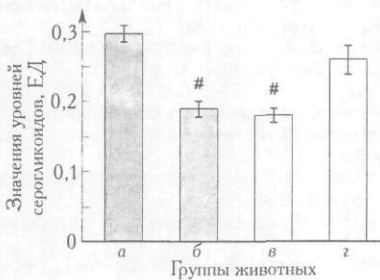


Рис. 1. Уровни серогликоидов в сыворотке крови у крыс к концу эксперимента (14-м сут).

Группы животных: без магнитного воздействия: а – контроль-«плацебо» (n=8); с магнитным воздействием: б – опытная 1 (n=8) 1,1 Тл, в – опытная 2 (n=8) 1,4 Тл, г – опытная 3 (n=8) 1,6 Тл.

# – здесь и далее достоверность  $p < 0,05$

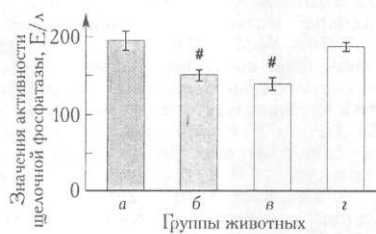


Рис. 2. Уровень активности щелочной фосфатазы в сыворотке крови у крыс к концу эксперимента (14-м сут).

Представленные результаты показывают, что в сыворотке крови у животных с экспериментальным формалиновым воспалением голенопредплюсневое сустава задней конечности повышался уровень активности щелочной фосфатазы и серогликоидов. Применение высокоинтенсивной импульсной магнитотерапии вызывало снижение указанных показателей до нормальных значений в группе интактных животных. Так, после магнитотерапии уровни серогликоидов и щелочной фосфатазы в сыворотке крови у животных в группах, где применялось магнитное воздействие со средней и минимальной магнитной напряженностью 1,1 и 1,4 Тл, были достоверно ниже ( $p < 0,05$ ), чем в группе «плацебо». Увеличение магнитной индукции до 1,6 Тл сопровождалось лишь тенденцией к снижению повышенных уровней биохимических показателей, оставшихся к концу эксперимента на достаточно высоком уровне.

В патогенезе выбранной нами модели воспаления наиболее важным механизмом является нарушение микроциркуляции, обусловленное взаимодействием формалина с аминокислотными группами белков крови [13]. Можно предположить, что в основе положительного эффекта магнитного воздействия лежат магнитогидродинамические и ориентационные механизмы воздействия магнитных полей [16].

Так, влияя на движущиеся в крови электрически заряженные частицы, импульсное магнитное поле изменяет физико-химические и биохимические процессы и, как следствие, течение окислительно-восстановительных и ферментативных процессов. В результате магнитное поле повышает активность ряда ферментов, изменяет скорость кровотока и коллоидно-осмотическое давление в капиллярах, что приводит к уменьшению развития фазовых нарушений микроциркуляции, степени выраженности воспалительных реакций. Возрастает транспорт кислорода к тканям, и ослабевают явления ацидоза. В итоге улучшение циркуляции крови и лимфы способствует устранению отечного синдрома, а вместе с ним и асептического воспаления [16].

Полученные экспериментальные данные свидетельствуют о том, что высокоинтенсивное импульсное магнитное поле в экспериментальных условиях воспаления у животных способствует нормализации микроциркуляции и уровня некоторых биохимических маркеров, свидетельствующих о затухании воспалительного процесса. Этот факт доказывает выраженное противовоспалительное действие импульсного магнитного поля.

1. Улащик В. С. // Вопр. курорт. 1992. № 5-6. С. 3.
2. Башкиров В. Ф. Возникновение и лечение травм у спортсменов. М., 1981.
3. Спортивные травмы. Основные принципы профилактики и лечения / Под общ. ред. П.А.Ф.Х. Ренстрема. Киев, 2002. С. 31.
4. Демецкая Н.А., Никольский М. А. // Биологическое и лечебное действие магнитных полей: Сб. науч. тр. Витебск, 1990. С. 92.
5. Низкочастотная магнитотерапия: Материалы междунар. науч.-практ. конф. «Применение магнитных полей в медицине», Оренбург, 25-26 окт. 2001 г. / Под ред. В.С. Улащика. Мн., 2002.
6. Лебедев К.А., Понякина И.Д., Козаченко Н. В. // Физиология человека. 2005. Т. 31. №4. С. 100.
7. Лабораторные методы исследования в клинике: Справ. / Под ред. В.В. Меньшикова. М., 1987. С. 237.
8. Импульсное магнитное поле и дозированная физическая нагрузка в реабилитации больных с ревматоидным артритом: Метод, рек. / Авт.-сост. Г.Е. Багель и др. Мн., 1999.
9. Демецкий А.М., Хулуп Г.Я., Цецохо А. В. // Биологическое и лечебное действие магнитных полей: Материалы междунар. науч.-практ. конф. Витебск, 1999. С. 21.
10. O'Brien W.J., Murroy P.M., Orgel M. J. // Biolog. 1984. Vol. 1. № 1-2. P. 33.
11. Применение высокоинтенсивной импульсной магнитотерапии при повреждениях и заболеваниях опорно-двигательного аппарата и периферической нервной системы / А.А. Ушаков, А.П. Белокопытов, М.Ю. Казанцев и др. // Воен. мед. журн. 1995. № 2. С. 42.
12. Салатов Р.Н. Магнитотерапия в лечении воспалительных процессов и злокачественных новообразований: Автореф. дис. ... д-ра мед. наук. Ростов н/Д., 2001.
13. Тринус Ф.П., Мохорт Н.А., Клебанов Б.М. Нестероидные противовоспалительные средства. Киев, 1975. С. 205.
14. Методы клинических лабораторных исследований / Под ред. В.С. Камышникова. 2-е изд., перераб. и доп. Мн., 2002. С. 504.
15. Назаренко Г.И., Кишкун А.А. Клиническая оценка результатов лабораторных исследований. М., 2002. С. 166.
16. Сысоева И. В. // Мед. новости. 2005. № 4. С. 21.
17. Системы комплексной магнитотерапии: Учеб. пособие для вузов / Под ред. А.М. Беркутова, В.И. Жулева, Г.А. Кураева, Е.М. Прошина. М., 2000.

Поступила в редакцию 06.06.05.

**Ирина Валентиновна Сысоева** - аспирант кафедры физиологии БГУФК. Научный руководитель - А.П. Сиваков.

**Александр Павлович Сиваков** - доктор медицинских наук, заведующий кафедрой рефлексотерапии Белорусской медицинской академии последипломного образования.

**Елена Геннадьевна Волкова** - заведующая клинико-диагностической лабораторией Республиканского центра спортивной медицины.