

УДК 612.831-005.98-073.731

Использование слабых магнитных полей для интенсивной терапии отека и набухания головного мозга в острый период тяжелой черепно-мозговой травмы

Кардаш А.М., Дроботько В.Ф.

Донецкий государственный медицинский университет им.М.Горького, Донецк, Украина
Донецкий физико-технический институт им.А.А.Галкина НАН Украины, Донецк, Украина

Ключевые слова: слабое низкочастотное электромагнитное поле, магнитотерапия, отек, набухание, головной мозг, связанная вода, кристаллогидраты, дегидратация.

Введение. Отек и набухание головного мозга являются довольно часто встречающимися в клинике осложнениями (черепно-мозговая травма, опухоли головного мозга, интоксикация и т.д.) и особенно часто приходится с ними сталкиваться в регионах с высоким уровнем производственного травматизма (шахты, металлургия, химическая промышленность). Проблема лечения этих состояний мозга все еще не решена. Применяемые для лечения дегидратирующие препараты не эффективны (обладают феноменом “отдачи”, приводят к неравномерной дегидратации и дислокации мозговых структур, ведут к нарушению кровоснабжения и т.п.). Набухание мозга вообще не поддается медикаментозной коррекции. Развитие этого процесса в течение первых 3 сут определяет исход травматической болезни и в большинстве случаев приводит к летальному исходу. Поэтому особую роль приобретает поиск новых, нетрадиционных методов лечения этих заболеваний, таких, например, как влияние электромагнитных полей на биологические объекты и изучение их с целью применения для эффективного лечения отека и, что очень важно, набухания головного мозга. В медицинской практике известны обезболивающее, противовоспалительное и нейротрофическое (стимулирующее, спазмолитическое, противоотечное и т. д.) действия магнитных полей. Однако, несмотря на многолетние клинические применения магнитотерапии, нельзя дать однозначные рекомендации относительно оптимальных режимов и параметров магнитных полей, используемых для лечения различных заболеваний. И это в первую очередь связано с тем, что нет однозначного ответа на вопрос о первичных акцепторах (мишенях), которые проявляют высокую чувствительность к электромагнитным полям.

Существенный прогресс в понимании процессов биологического воздействия магнитного поля был достигнут в 80-х годах благодаря се-

рии экспериментальных работ А.Либова [14, 15] и К.Блэкмана и сотрудников [11], которые обнаружили, что действие слабых постоянного и низкочастотного магнитных полей на биосистемы эффективно изменяет концентрацию свободного кальция в нервной ткани. Этот эффект наблюдался только лишь при наличии резонансных условий — вполне определенных значений частот переменного поля (порядка десятков герц) на фоне слабого подмагничивающего постоянного поля (по величине сравнимого или меньшего естественного геомагнитного поля). А.Либов назвал наблюдаемое явление циклотронным резонансом в биосистемах, поскольку биологически активные частоты формально совпадали с циклотронными частотами вращения движущихся в постоянном магнитном поле ионов Ca^{2+} и Mg^{2+} в вакууме. Биологический эффект, по мнению авторов, состоял в изменении скорости прохождения ионов через ионные каналы клеточных мембран в присутствии магнитного поля. Однако эта гипотеза явилась не достаточно убедительной, поскольку энергия теплового движения ионов на 8—10 порядков превышает энергию кванта прилагаемого слабого низкочастотного магнитного поля и взаимодействие такого слабого поля на клеточном уровне также является малым по сравнению с тепловым шумом [10]. Тем не менее, биологическая эффективность таких “циклотронных” частот наблюдалась в ряде работ [14]. Стало понятным, что удовлетворительное объяснение биологического воздействия слабых магнитных полей возможно при каком-либо нарушении термодинамического равновесия между тепловыми колебаниями иона и окружающих его частиц макромолекулы.

В.В.Леднев предположил, что для биологических систем более реальной является модель непрерывного во времени и независимого друг от друга появления и распада Ca^{2+} -осцилляторов при постоянной концентрации свободного Ca^{2+} [8]. Магнитное поле вызывает прецессию

оси вибраций Ca^{2+} -осциллятора и при определенных параметрах магнитного поля можно существенно изменить степень поляризации колебаний иона в плоскости, перпендикулярной направлению магнитного поля. Биологический эффект магнитного поля обусловлен тем, что степень поляризации колебания иона кальция влияет на вероятность изменения Ca^{2+} -связывающих свойств соответствующего белкового комплекса при воздействиях, выводящих его из термодинамического равновесия. Это может иметь место, например, при Ca^{2+} -кальмодулин-зависимых реакциях — каждом цикле фосфорилирования киназой легких цепей миозина (ЛЦМ). При этом свободная энергия связанных ионов Ca^{2+} -кальмодулином изменяется на $-1,9$ ккал/моль. Для иона кальция зарядом $q=+2$ и массой $m=40$ в постоянном магнитном поле $B_{dc}=20,9$ мкТл биологически активные частоты равны $f=f_c/n=qB_{dc}/mn=16/n$, где $n=1,2,3,\dots$. В эксперименте на частотах $f=16$ Гц и 8 Гц наблюдалось снижение степени фосфорилирования ЛЦМ от нескольких десятков до нескольких сотен процентов (в зависимости от концентрации в растворе свободного кальция) [11]. Следует отметить, что в термодинамически равновесных системах слабые низкочастотные электромагнитные поля не изменяют константы связывания Ca^{2+} с Ca^{2+} -связывающими центрами и биоэффекты магнитного поля не наблюдаются [12].

Другой альтернативный подход к частотной избирательности переменного поля состоит в непосредственном решении численными методами уравнений движения иона, находящегося в глубине макромолекулы, при комбинированном действии постоянного и переменного магнитных полей. Предполагается, что ион защищен от прямого воздействия частиц, окружающих макромолекулу, и его термодинамическое равновесие определяется взаимными резонансными взаимодействиями через внутримолекулярные потенциальные поля [3]. Полученные при численном решении результаты показали, что включение переменного магнитного поля, параллельного постоянному полю, вызывает дополнительные резонансные частоты в тепловом воздействии на ион вместо одной собственной резонансной частоты внутримолекулярных колебаний иона. Включение и выключение магнитных полей приводят к сравнительно кратковременным нарушениям термодинамического равновесия в тепловом колебательном движении иона и окружающих его частиц макромолекулы. Возникающие при этом дополнительные энергетические сдвиги могут оказаться достаточными для изменения квантового состоя-

ния макромолекулы и изменения ее конформационного состояния [3].

Дальнейшее развитие концепции избирательного (резонансного) воздействия слабых комбинированных магнитных полей получило в работах В.В.Новикова и сотрудников [6, 7, 8]. Было показано, что этот биоэффект обусловлен не только ионами Ca^{2+} и Mg^{2+} , но и резонансами на циклотронных частотах ряда органических ионов в водных растворах. В водных растворах аминокислот при совпадении частоты переменной компоненты комбинированного поля с циклотронной частотой ионной формы растворенной аминокислоты отмечалось кратковременное увеличение тока, протекавшего через раствор [6]. Это резонансное усиление ионного тока, повреждающего клеточные мембраны, использовалось для объяснения ингибции опухолевых клеток действием слабых магнитных полей [8]. Была показана возможность управления химической реакции конденсации аминокислот, с образованием устойчивых молекулярных продуктов олигомеров аминокислот, с помощью частотных характеристик переменной компоненты слабого магнитного поля [7].

В настоящее время благодаря достижениям физической медицины считается установленным тот факт, что в основе многих патологических процессов лежит изменение физических свойств мембраны клеток, а именно липидного слоя и липопротеидов плазмы крови. Липидный слой мембраны является матрицей для белковых молекул — ферментов, ионных каналов и рецепторов и выполняют функцию барьера для ионов и гидрофильных молекул. В патологии эти две основные функции липидного слоя мембраны нарушаются, что и служит причиной различных болезней, в том числе и отека-набухания головного мозга, и осложняет их течение. Ранее мы показали, что переменные магнитные поля промышленной частоты напряженностью 6 и 12 мТл уменьшают процессы отека и набухания головного мозга у белых крыс линии Вистар с экспериментальной черепно-мозговой травмой [4, 13]. Наряду с вышерассмотренными механизмами резонансного воздействия магнитных полей на биосистемы, имеет право на существование и другой — кристаллогидратный подход, который мы развиваем [2]. Природа этого механизма имеет аналог в физике твердого тела и основана на известном факте существования гидратов — сложных кристаллических комплексов, в которых ион металла или полуметалла окружен шестью октаэдрами молекул воды. Структура этих соединений является довольно “мягкой” — в ней легко возникают искажения, которые, в конечном счете, приводят к существованию низкочастотных виброн-

ных колебаний. Структурные превращения в таких гидратах могут быть инициированы слабыми низкочастотными внешними возбуждениями, происходят в виде отщепления молекул воды — дегидратации и сопровождаются большими тепловыделениями.

В клетках живой ткани часть молекул воды связывается с аминокислотами, белковыми молекулами, образуя октаэдры. В нормальной клетке соотношение свободной и связанной воды вполне определенное. При набухании или отеке клеточной ткани это соотношение нарушается. Растет число связанной воды в виде кристаллогидратов аминокислот, имеющих большие размеры и, как следствие, уменьшается проницаемость клеточной мембраны. Белковые каналы билипидного слоя мембраны клетки теряют свою проницаемость (из-за образования октаэдров слабосвязанной воды), что также приводит к снижению проницаемости мембраны и снижению метаболизма клетки. Если известны частоты вибронных колебаний таких комплексов аминокислот-кристаллогидратов, то их дегидратацию можно осуществить воздействием слабого внешнего электромагнитного поля на этих резонансных частотах.

В настоящей работе представлены результаты клинических исследований действия слабого низкочастотного электромагнитного поля на водно-электролитный баланс клеточной ткани при отеке и набухании головного мозга.

Материалы и методы. Нами изготовлен и прошел клиническую апробацию прибор для магнитотерапии отека и набухания головного мозга “МТОНМ”, который состоит из двух основных блоков — плоскостного индуктора и блока питания к нему. Прибор позволяет генерировать синусоидальное и импульсное (со скважностью —2) магнитные поля с плавной регулировкой частоты в диапазоне от 12 до 3000 Гц и напряженности 0—30 мТл.

Плоскостной индуктор служит для локального воздействия магнитного поля на пораженный участок головного мозга. Индуктор имеет плоскую форму в виде круглой пластины диаметром 68 мм, изготовленной из магнитного материала с полем коэрцитивности $H_c = 25$ мТл. Эта пластина так совмещена с соленоидом, по которому протекает переменный ток, что постоянное и переменное магнитные поля в радиусе 10 мм от центра являются параллельными друг к другу. Постоянная индуктора равна 13 мТл/А. Распределение нормальной (перпендикулярной) компоненты суммарного (постоянного и переменного) магнитных полей в плоскости на расстоянии 34 мм от поверхности индуктора показано на рис.1. На этом расстоянии от поверхности индуктора обычно находится

прооперированный (с учетом толщины марлевой повязки и т.д.) участок пораженной ткани головного мозга. Пространственное распределение магнитных полей, генерируемых плоскостным индуктором, таково, что в пораженной области головного мозга создаются постоянное и переменное (на частоте 16 Гц) магнитные поля суммарной напряженностью 1 мТл (напряженность переменной составляющей — 0,85 мТл и постоянной составляющей — 0,15 мТл). Особенностью этого индуктора является то, что его можно использовать в сочетании с любыми другими источниками питания, например, источниками питания таких приборов, как аппарат “ПДМТ”, используемый для магнитотерапии заболеваний и повреждений опорно-двигательного аппарата, и прибор “АРАМЭС”, предназначенный для лечения воспалительных ЛОР-заболеваний.

Длительность экспозиции магнитотерапии в наших исследованиях составляла 15÷20 мин. Частота процедур — один раз в день на фоне медикаментозной терапии (салуретики, диуретики, гормоны, белковые препараты, антиферменты и др.). Количество сеансов зависит от тяжести состояния больного, но обычно составляет от 7 до 20 сеансов. В первую неделю мы проводили магнитотерапию ежедневно, затем — через день.

Одновременно с проведением магнитотерапии мы проводили контроль степени выраженности отека и набухания головного мозга. При крайне тяжелом состоянии и резко выраженном отеке и набухании головного мозга, наряду с измерениями мозгового импеданса, в зависи-

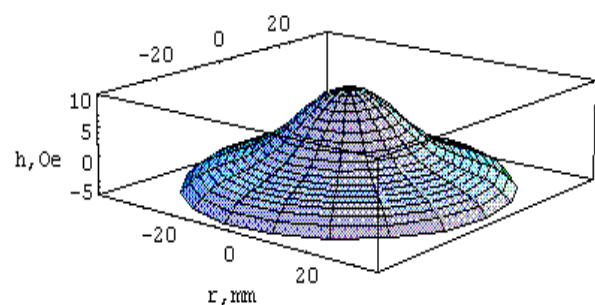


Рис.1. Распределение нормальной компоненты напряженности магнитного поля плоского индуктора на высоте 34 мм от его поверхности

мости от динамики изменения состояния больного (улучшения, ухудшения) проводили аксиальную компьютерную томографию головного мозга с томоденситометрией. Импедансометрическая методика регистрации и контроля гидратационного состояния мозга и специально изготовленный для этой цели прибор подробно описаны [2]. Здесь лишь отметим, что с целью

уменьшения паразитного влияния приэлектродной поляризации и диэлектрической дисперсии клеточной ткани на измеряемые величины эффективные значения сопротивления R_{ef} и емкости C_{ef} ткани головного мозга мы измеряли на трех различных рабочих частотах и с помощью специальных формул (см. формулы (4.4.2) и (4.4.3) в [2]) находили численные значения емкости C_m мембраны и сопротивлений R_1 и R_2 вне- и внутриклеточной сред соответственно.

Результаты и обсуждения. Общая характеристика изменений резистивных и емкостных значений импеданса ткани головного мозга до и после магнитотерапии представлена в таблице.

Приведены вычисленные значения R_1 , R_2 и

C_m из отдельных измерений импеданса R_{ef} и C_{ef} ткани головного мозга в частотном интервале от 20 до 50 кГц и при 200 кГц у 17 больных с острой черепно-мозговой травмой. Здесь же представлены значения R_1 , R_2 и C_m у этих же больных после 15—20-минутного воздействия комбинированным магнитным полем, состоящим из параллельных постоянного и переменного (с частотой 16 Гц) магнитных полей. Суммарная напряженность магнитных полей в пораженной области головного мозга (в области вживления электрода после хирургической операции — окружности диаметром 5 мм) составляла 1 мТл (переменная составляющая поля была равна 0,85 мТл, а постоянная — 0,15 мТл). Как видно из таблицы, разброс значений R_1 , R_2 и C_m пора-

Таблица. Значение вне- и внутриклеточных сопротивлений и емкости клеточной мембраны ткани головного мозга до и после воздействия магнитного поля

До воздействия магнитного поля (А)			После воздействия магнитного поля (В)		
R_1	R_2	C_m	R_1	R_2	C_m
$4,1 \cdot 10^3$	$4,117 \cdot 10^3$	$8,743 \cdot 10^{-9}$	$2,369 \cdot 10^3$	$1,686 \cdot 10^3$	$2,411 \cdot 10^{-9}$
$2,69 \cdot 10^3$	$4,619 \cdot 10^3$	$1,54 \cdot 10^{-9}$	$2,542 \cdot 10^3$	$6,656 \cdot 10^3$	$1,061 \cdot 10^{-9}$
980,6	$4,343 \cdot 10^3$	$1,074 \cdot 10^{-9}$	937,2	$7,254 \cdot 10^3$	$5,68 \cdot 10^{-10}$
$3,999 \cdot 10^3$	$3,564 \cdot 10^3$	$3,871 \cdot 10^{-9}$	$2,326 \cdot 10^3$	$6,728 \cdot 10^3$	$4,54 \cdot 10^{-10}$
$1,92 \cdot 10^3$	$1,053 \cdot 10^4$	$1,71 \cdot 10^{-10}$	$1,688 \cdot 10^3$	$4,608 \cdot 10^3$	$1,217 \cdot 10^{-9}$
$2,819 \cdot 10^3$	939,3	$7,79 \cdot 10^{-9}$	$1,002 \cdot 10^3$	$2,982 \cdot 10^3$	$3,573 \cdot 10^{-9}$
$4,208 \cdot 10^3$	$2,729 \cdot 10^3$	$1,762 \cdot 10^{-9}$	$1,756 \cdot 10^3$	$9,303 \cdot 10^3$	$2,4 \cdot 10^{-10}$
$1,989 \cdot 10^3$	$3,427 \cdot 10^3$	$2,091 \cdot 10^{-9}$	$1,675 \cdot 10^3$	$6,112 \cdot 10^3$	$9,93 \cdot 10^{-10}$
517,2	$1,978 \cdot 10^3$	$1,861 \cdot 10^{-9}$	$1,3 \cdot 10^3$	711,9	$7,076 \cdot 10^{-9}$
$1,552 \cdot 10^3$	106,9	$1,759 \cdot 10^{-9}$	$1,544 \cdot 10^3$	$4,746 \cdot 10^3$	$3,96 \cdot 10^{-10}$
$1,086 \cdot 10^3$	$1,11 \cdot 10^3$	$2,11 \cdot 10^{-9}$	$1,638 \cdot 10^3$	$1,533 \cdot 10^3$	$9,235 \cdot 10^{-9}$
$3,54 \cdot 10^3$	$3,564 \cdot 10^3$	$5,01 \cdot 10^{-9}$	$2,416 \cdot 10^3$	$3,737 \cdot 10^3$	$2,46 \cdot 10^{-9}$
$1,194 \cdot 10^3$	$2,176 \cdot 10^3$	$8,689 \cdot 10^{-9}$	864,6	$3,109 \cdot 10^3$	$1,449 \cdot 10^{-9}$
930,8	$1,15 \cdot 10^3$	$1,441 \cdot 10^{-9}$	$1,042 \cdot 10^3$	$3,558 \cdot 10^3$	$3,401 \cdot 10^{-9}$
$1,58 \cdot 10^3$	$2,851 \cdot 10^3$	$1,19 \cdot 10^{-8}$	$1,2 \cdot 10^3$	$5,29 \cdot 10^3$	$1,114 \cdot 10^{-9}$
$1,05 \cdot 10^3$	$1,342 \cdot 10^3$	$8,522 \cdot 10^{-9}$	860	$2,858 \cdot 10^3$	$2,639 \cdot 10^{-9}$
821,1	$2,617 \cdot 10^3$	$8,044 \cdot 10^{-9}$	982	$2,504 \cdot 10^3$	$1,745 \cdot 10^{-9}$

женных участков мозга у различных пациентов довольно большой и это в значительной мере обусловлено индивидуальными особенностями состояния ткани головного мозга пациента. Однако наблюдается некая общая тенденция влияния магнитного поля: и в большинстве случаев под воздействием магнитного поля для каждого отдельно взятого больного сопротивление внеклеточной среды R_1 падает, внутриклеточное сопротивление R_2 растет и емкость C_m мембраны уменьшается.

Эти два массива числовых данных мы обрабатывали с помощью двух альтернативных статистических методик t- и U-тестов (t-тест — это обработка данных с помощью квантилей Стьюдента, а U-тест, известный под названием теста Манна-Хитнея, сравнивает суммы слу-

чайно выбранных чисел двух различных последовательностей).

При использовании t-теста ставили вопрос: с какой вероятностью массивы чисел R_1 , R_2 и C_m , измеренные у 17 больных, отличаются до и после воздействия магнитного поля. Как оказалось, суперпозиция переменного (с частотой 16 Гц) и постоянного полей общей напряженностью 1 мТл оказывает влияние на уменьшение внеклеточного сопротивления R_1 с вероятностью 97,5%, на увеличение внутриклеточного сопротивления R_2 с вероятностью 95% и уменьшение емкости C_m билипидной мембраны с вероятностью 90%.

Для более тщательной проверки полученных результатов мы использовали альтернативный непараметрический U-тест, в котором

ставили противоположный t-тесту вопрос: имеет ли место не существенное отличие массивов чисел R_1 , R_2 и C_m до и после воздействия магнитного поля, т.е. имеют ли эти массивы одно и то же распределение чисел. В результате статистической обработки мы получили данные, что с вероятностью 95% эти массивы чисел различны и не имеют схожего распределения чисел. Результаты статистической обработки из полученных данных по изменению R_1 , R_2 и C_m под воздействием магнитного поля показаны на рис. 2—4.

Таким образом, статистический анализ наших данных показал, что магнитное поле с наибольшей вероятностью (97,5%) вызывает уменьшение сопротивления внеклеточной среды, что при одновременном росте сопротивления внутри клетки свидетельствует о гидратации вне-

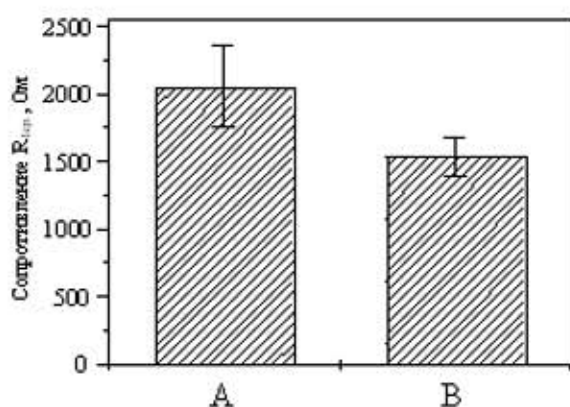


Рис. 2. Изменение среднего значения внеклеточного сопротивления R_1 у 17 больных. А — до воздействия магнитного поля; В — после воздействия магнитного поля ($h=1$ мГз, $f=16$ Гц)

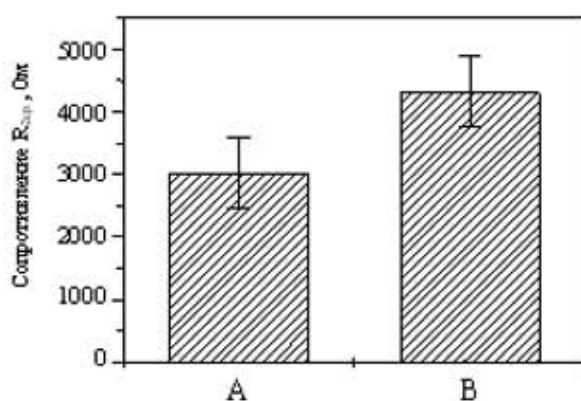


Рис. 3. Изменение среднего значения внутриклеточного сопротивления R_2 у 17 больных. А — до воздействия магнитного поля; В — после воздействия магнитного поля ($h=1$ мГз, $f=16$ Гц)

клеточной среды за счет выведения воды из клетки (см. рис. 2, 3).

С одной стороны, обращает на себя внимание уменьшение емкости мембраны C_m под действием поля. Изменение емкости мембраны может быть обусловлено дисперсией диэлектрической проницаемости. Конформационные изменения белковых нелипидных частей возбудимой мембраны выражаются в экранировке положительно заряженных групп. Эти конформационные изменения вызываются либо непосредственным снижением мембранного потенциала при раздражении нервной клетки, либо изменением концентрации ионов Ca^{2+} в мембране.

С другой стороны, этот эффект можно объяснить и в рамках кристаллогидратной гипотезы. Предположим, что набухание клеточной ткани головного мозга, возникшее в результате нарушения водно-электролитного баланса клетки, обусловлено инактивацией натриевых каналов слабосвязанной с белком водой (например, через аминокислотные остатки в виде аминокислот-кристаллогидратов). Вследствие этого увеличивается вдвое емкость мембраны пораженной клетки (внутренняя поверхность, например, мембраны аксона кальмара, обработанная проназой или фосфолипазой, удваивает емкость мембраны). Тогда дегидратация мембранных белков под действием электромагнитного поля должна сопровождаться уменьшением вдвое емкости мембраны. Это как раз и следует из статистической обработки наших результатов, как показано на рис. 4. Дегидратация клетки под воздействием магнитного поля подтверждается и ростом внутриклеточного сопротивления (см. рис. 3).

Выводы. Полученные нами результаты открывают возможность коррекции водно-элект-

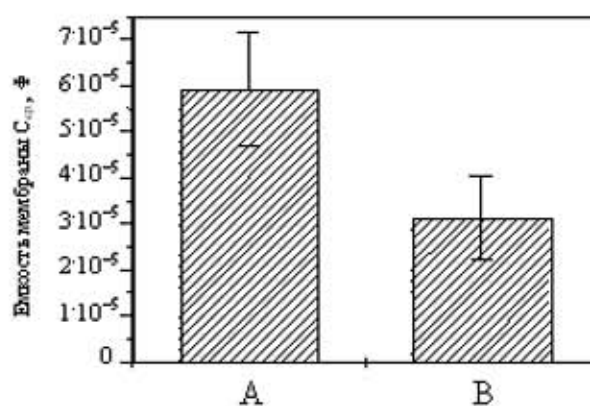


Рис. 4. Изменение среднего значения емкости мембраны C_m у 17 больных. А — до воздействия магнитного поля; В — после воздействия магнитного поля ($h=1$ мГз, $f=16$ Гц)

ролитного баланса пораженных клеток ткани головного мозга с помощью комбинированного действия слабых постоянного и низкочастотного переменного магнитных полей. Конечно, мы еще далеки от оптимальных режимов применения магнитных полей для более эффективного лечения отека и набухания головного мозга, однако накопленный нами опыт использования магнитотерапии позволил определить показания и противопоказания к ее применению.

У всех больных анализируемой группы было крайне тяжелое состояние. Состояние: сопор - кома II-III. В различной степени была выражена стволовая симптоматика: грубые глазодвигательные нарушения, отсутствие фотореакций, корниальных рефлексов, брюшных рефлексов, двухсторонние, часто спонтанные, патологические стопные знаки. У большинства больных была выражена нестабильность витальных функций (пульса, дыхания).

При проведении рентгеновской компьютерной томографии головного мозга налицо были выражены признаки дислокации мозгового ствола, Грубое смещение срединных структур (более 7 мм), выраженная дислокационная гидроцефалия. Базальные цистерны (четверохолмная и охватывающая) не дифференцировались, что соответствовало фазе грубой клинической декомпенсации травматической болезни головного мозга у этих больных.

Магнитотерапия была неэффективной в случае наличия геморрагических ушибов височных долей медиобазальной локализации. После удаления оболочечной гематомы и проведения сеансов магнитотерапии состояние больного значительно улучшилось, однако затем резко наступила фаза грубой клинической декомпенсации, переходящая в терминальную фазу. Эти данные согласуются с данными Л.Б. Лихтермана [9] — небольшие медиобазальные ушибы височных долей вызывают через небольшой светлый промежуток фазу грубой клинической декомпенсации травматической болезни головного мозга.

Неблагоприятным фактором, сводящим на нет проведение магнитотерапии, являлся рост контузионных очагов, вместе с ростом очага происходила его трансформация из I-III видов в IV вид. Геморрагическое пропитывание переходило в размягчение головного мозга. Это явление обуславливалось дисгемическими явлениями, происходящими в очаге ушиба головного мозга.

Анализируя результаты лечения больных, мы пришли к выводу, что магнитотерапия показана:

— в первые часы и сутки после травмы, поскольку в этот период выражено набухание

головного мозга, которое определяет состояние больного;

— при отсутствии грубых дислокационных признаков, даже в фазе грубой клинической декомпенсации, когда тяжесть состояния больного обусловлена лишь набуханием или отеком головного мозга;

— при отсутствии первичного повреждения ствола, а также медиобазальных отделов полушарий мозга

Список литературы

1. *Влияние* слабого магнитного поля в режиме параметрического резонанса на скорость кальмодулин-зависимого фосфорилирования миозина в растворе / Шувалова Л.А., Островская М.В., Соунов Е.А., Леднев В.В. // Докл. АН СССР.—1991.— Т.317, вып.1.— С.227—230.
2. *Диагностика* и лечение отека и набухания головного мозга / Черный В.И., Кардаш А.М., Городник Г.А., Дроботько В.Ф.— К.: Здоров'я, 1997.— 227 с.
3. *Жадин М.Н., Ковалев А.Э., Никаноров А.И.* Численное решение уравнений движения иона в макромолекуле при комбинированном действии постоянного и переменного магнитных полей // Биофизика.—1998.—Т.43, вып.2.— С.253—259.
4. *Кардаш А.М., Энглези А.П., Дроботько В.Ф.* Влияние магнитного поля на уменьшение травматического отека и набухания головного мозга у животных // Арх. клин. и эксперим. медицины.—1996.—Т.5, № 1.— С.58—63.
5. *Леднев В.В.* Биоэффекты слабых комбинированных, постоянных и переменных магнитных полей // Биофизика.—1996.—Т.41, вып.1.— С.224—232.
6. *Новиков В.В.* Кооперативный эффект резонансного усиления ионного тока в водных растворах аминокислот при действии слабых электромагнитных полей. Подходы к экспериментально-теоретическому анализу // Биофизика.—1996.—Т.41, вып.5.— С.973—978.
7. *Новиков В.В.* Электромагнитная биоинженерия // Биофизика.—1998.—Т.43, вып.4.— С.588—593.
8. *Новиков В.В., Новикова Н.И., Качан А.К.* Кооперативные эффекты при действии слабых магнитных полей на опухоле-

- вый процесс *in vivo* // Биофизика.— 1996.—Т.41, вып.4.— С.934—938.
9. Черепно-мозговая травма: прогнозы течения и исходов / Лихтерман Л.Б., Корниенко В.Н., Потапов А.А. и др.— М.: Книга ЛТ2, 1993.— 299 с.
 10. *Adair R. R.* Constrains on biological effects of weak extremely-low-frequency electromagnetic fields // *Phys. Rev. A.*—1991.—V.43.—№2.— P.1039—1048.
 11. *Blackman C.F., Benane S.G., Hous K.E.* / *Abstr. 7th Annual Meeting of BEMS.* San Francisco, 1985. — P.5.
 12. *Hendee S.P., Faour F.A., Christensen K.A., Patrick B., Kurney C.H. and Blumenthal K.K.* The effects of weak extremely low frequency magnetic fields on calcium/calmodulin interactions // *Biophysical J.* —1996.—V.70.— P.2915—2923.
 13. *Kardash A.M., Englezi A.P., Krobotko V.F.* New method of treatment of brain oedema and swelling // *J. of neurotrauma.*— 1995.—V.12., № 3.— P.431.
 14. *Liboff A.R.* Interaction mechanisms of low-level electromagnetic fields and living system. — kxford: kxford Univ. Press, 1992. — P.130.
 15. *Liboff A.R.* Interaction between electromagnetic fields and cells. — N.Y.: Plenum Press. 1985. — NATк ASI, series A 97. — P.281.
- Використання слабких магнітних полів для інтенсивної терапії набряку та набухання головного мозку в гострому періоді тяжкої черепно-мозкової травми
- Кардаш А.М., Дроботько В.Ф.*
- Розглянуті можливості комбінованої дії слабких постійного та низькочастотного змінного магнітних полів на зменшення набряку клітин тканини головного мозку в гострому періоді тяжкої черепно-мозкової травми. Механізм лікувальної дії магнітного поля пояснюється за допомогою нової концепції опису водно-електролітного обміну в клітинах головного мозку. З ростом числа комплексів кристалогідратів амінокислот на ураженій ділянці тканини мозку зменшується проникність клітинної мембрани та обмін речовин в клітині. Резонансний вплив слабого магнітного поля на частоті вібронних коливань таких комплексів стимулює дегідратацію ураженої клітинної тканини мозку. Зроблені висновки щодо показання та протипоказання до такої магнітотерапії.
- Use of weak magnetic field in intensive therapy of brain oedema and swelling in acute craniocerebral injury
- Kardash A.M., Krobotko V.F.*
- The opportunities of combined action of weak constant and low frequency alternating magnetic fields on decreases of an edema and swelling of cells of a tissue of a brain in an acute craniocerebral injury are surveyed. New concept of the description of water-electrolyte exchange in cell a head brain is developed. With growth of number amino acids-crystalhydrates (AAC) on lesion a site of brain tissue decreases of permeability of a cell membrane and a cell metabolism. The external influence of vibron oscillations of AAC stimulates of a cell tissue dehydration of head brain.