

КОМПЛЕКСНАЯ ОЦЕНКА ВОЗДЕЙСТВИЯ НИЗКОЧАСТОТНОГО ИМПУЛЬСНОГО МАГНИТНОГО ПОЛЯ НА ПСИХОФИЗИОЛОГИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ

Т. С. Кандрунина, А. В. Голубев, И. А. Синельникова, Н. С. Девяткова

ФГУП «РФЯЦ-ВНИИЭФ», г. Саров Нижегородской обл.

Введение

В настоящее время широко применяется метод магнитотерапии для лечения нозологий различного характера, при котором производится локальное или общее воздействие низкочастотным импульсным магнитным полем (НИМП) на организм человека. При этом открытым оставался вопрос, как магнитное поле влияет на головной мозг человека, на его психофизиологическое состояние, если воздействию подвергается весь организм в целом, возникают ли при этом какие-либо функциональные изменения в биоэлектрической активности головного мозга и какого они характера.

В процессе профессиональной деятельности человека, особенно связанной с высокой ответственностью за конечный результат и с возможностью опасных последствий неправильно принятых решений, необходимо контролировать его психофизиологическое состояние. Также актуальным является и разработка способов восстановления работоспособности человека. Состояние психофизиологического напряжения, проявляющееся как чувство утомления и усталости, влечет за собой ухудшение концентрации внимания, снижения скорости зрительной и слуховой реакций и, как следствие, уменьшение работоспособности. Такое состояние сопровождается определенным характером биоэлектрической активности головного мозга, которую можно зарегистрировать методом электроэнцефалографии.

Цель работы – исследование влияния низкоинтенсивного импульсного магнитного поля на биоэлектрическую активность головного мозга, определение информативности метода электроэнцефалографии для комплексной оценки психофизиологического состояния, а также определение возможности использования НИМП как средства нормализации психофизиологического состояния человека и восстановления его работоспособности.

Методика проведения исследования

В исследовании принимали участие 15 добровольцев (8 женского и 7 мужского пола) в возрасте 34–68 лет (далее – испытуемые).

Для воздействия было использовано вихревое НИМП, формируемое магнитогенератором «Бутон» [1] (прототип – магнитогенератор УМТ-3Ф, одобренный к применению в терапии Министерством

Здравоохранения РФ) с максимальным значением модуля магнитной индукции в центре рабочей зоне 1,4 мТл, формой сигнала – затухающая синусоида, частотой ~100 Гц, частотой повторения сигнала $1,0 \pm 0,1$ Гц.

Каждый сеанс состоял из трехкратного (по 10 мин. каждый) воздействия НИМП (1,4 мТл–1,2 мТл–1,4 мТл), разделенного двумя пятиминутными паузами.

Оценку психофизиологического состояния человека проводили до и после воздействия НИМП по результатам анализа зарегистрированной методом электроэнцефалографии (ЭЭГ) биоэлектрической активности головного мозга. Помимо метода ЭЭГ также для оценки психофизиологического состояния были применены методы анализа наиболее информативных показателей variability ритма сердца (BPC), психологического тестирования, магнитоэнцефалографии и тонометрии.

Для регистрации ЭЭГ использовали 40-канальный электрографический аппаратно-программный комплекс «NEOCORTECH 2.1» [2]. Electroды были расположены в соответствии с международной системой «10–20» в 12 зонах (F3, F4, FCz, Cz, C3, C4, CPz, CP3, CP4, Pz, P3, P4) при монополярном монтаже.

Электроэнцефалограмму регистрировали в состоянии спокойного бодрствования с проведением пробы «глаза закрыты – глаза открыты» по 2 минуты для каждого положения.

Для расчета и оценки параметров ЭЭГ использовали эпохи энцефалограммы длительностью 4 с или 8 с. Характер активности головного мозга определяли по следующим параметрам: общая закономерность временного представления электрической активности ЭЭГ, ее амплитудно-частотные характеристики, индексы (%) компонент ЭЭГ во всех исследуемых частотных диапазонах по каждому отведению, характер межполушарной асимметрии.

Спектральный анализ ЭЭГ проводили с применением алгоритм быстрого преобразования Фурье (использовали окна Хэмминга), рассчитывали суммарную амплитуду (мкВ) ЭЭГ в стандартных частотных диапазонах. Также рассчитывали индексы (%) всех исследуемых частотных диапазонов по каждому каналу, отражающие выраженность активности в амплитудном спектре. В связи с невозможностью полного исключения артефактов в низкочастотном диапазоне спектра анализ δ -диапазона (0,5–3 Гц) не проводили.

Коэффициент межполушарной асимметрии для каждого частотного диапазона между одноименными отведениями (С3-С4, СР3-СР4, Р3-Р4) вычислялся по следующей формуле:

$$K_{\text{мпа}} = |(П-Л) / (П + Л)| * 100 \%,$$

где П – значение амплитуды определенной частоты составляющей ЭЭГ в правом полушарии, а Л – в левом полушарии.

Статистический анализ результатов проводили с помощью непараметрического критерия Вилкоксона для парных сравнений, критерий Стьюдента, статистически значимое отличие при $p < 0,05$.

Результаты и их обсуждение

По характеру активности головного мозга все зарегистрированные ЭЭГ были классифицированы согласно Жирмунской Е.А. [3]. По анализу соотношения энергии основных ритмов головного мозга все добровольцы были разделены на 2 группы:

– 1-я – с признаками устойчивости общего функционального состояния мозга – с регулярным веретенообразным α -ритмом с максимальной амплитудой в теменных и затылочных отделах, модулированным в веретена длительностью от 1 до 4 секунд, сменяющимся участками β -активности, характеризующийся постоянством и стабильностью рисунка электроэнцефалограммы;

– 2-я – с признаками неустойчивости общего функционального состояния мозга – со слабо выраженной α -активностью, сменяющихся участками десинхронизации и частыми переходами от одного доминирующего ритма к другому. Подобный рисунок

ЭЭГ можно объяснить эмоциональным или интеллектуальным напряжением добровольцев, что соответствует состоянию психофизиологического напряжения организма и сниженной работоспособности [4].

Оценка качественных изменений распределения активности головного мозга показала, что после воздействия НИМП:

– для большинства добровольцев отмечено общее перераспределение спектральной мощности между диапазонами;

– у всех испытуемых обнаружилось уменьшение вклада в суммарную мощность низкочастотных δ - и θ -волн;

– у 5 из 15 – повышение высокочастотной β -2 и γ -активности;

– у 8 из 15 – отмечали повышение более чем на 10 % мощности α -ритма и его регулярности.

Анализ пространственно-временных и амплитудно-частотных индивидуальных характеристик ЭЭГ и статистическая оценка изменений электроэнцефалограмм по группам с различной функциональной активностью головного мозга после воздействия НИМП, рис. 1 и рис. 2, позволили выявить следующие изменения. Было отмечено, что у испытуемых группы 1 доминирующим остается α -ритм, модулированный в веретена, наиболее выраженный в теменных и затылочных отделах, при этом модуляции по амплитуде более выражены (на стыках веретен α -ритма нет) (рис. 1,в). На ЭЭГ испытуемых группы 2 происходит частая смена доминирующих ритмов, но при этом появляются участки хорошо модулированного α -ритма, особенно в затылочных и теменных областях коры (рис. 1,г).

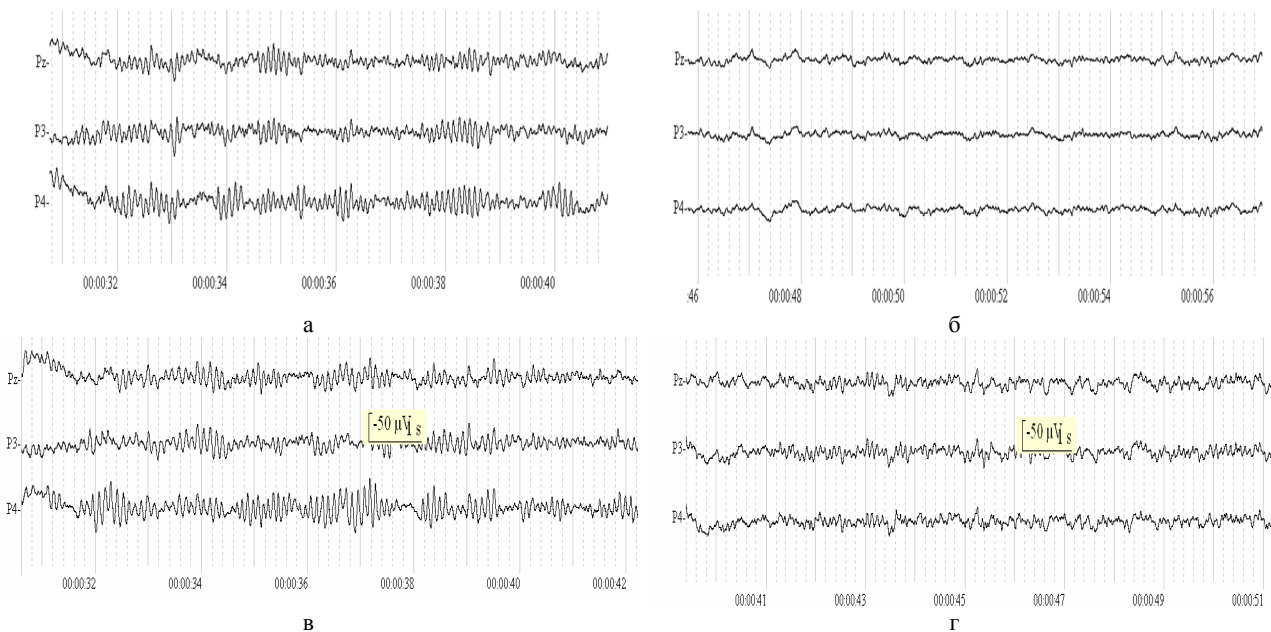


Рис. 1. Пример ЭЭГ добровольцев группы 1 и группы 2: а – группа 1 до воздействия НИМП, в – группа 1 после воздействия НИМП, б – группа 2 до воздействия НИМП, г – группа 2 после воздействия НИМП

Также после НИМП у добровольцев группы 1 не произошло статистически значимых изменений значений амплитуд основных ритмов ЭЭГ (рис. 2а), однако во 2 группе – отмечено общее уменьшение амплитуды сигнала (снижение уровня активации) (рис. 2,б).

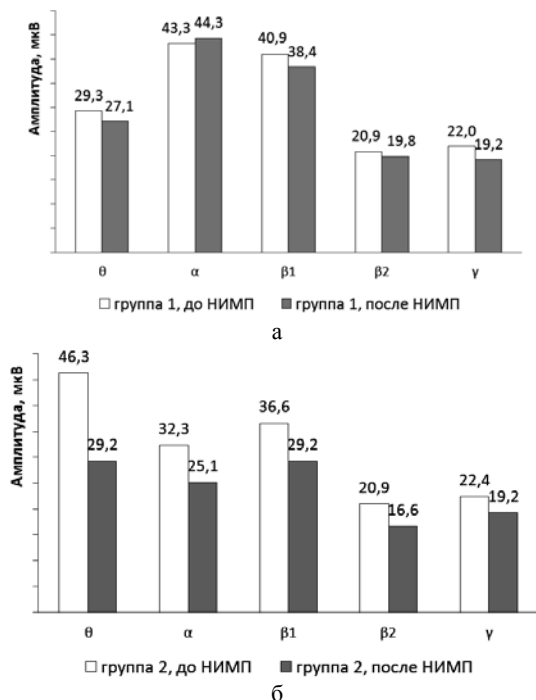


Рис. 2. Распределение средних значений амплитуд основных ритмов ЭЭГ добровольцев до и после воздействия НИМП: а – группа 1, б – группа 2

Анализ индексов (%) компонент ЭЭГ во всех исследуемых частотных диапазонах по каждому отведению также не показал значимых изменений.

После НИМП у добровольцев группы 1 произошло сглаживание реакции ЭЭГ на пробу «глаза закрыты – глаза открыты»: отмечено неполное подавление α-ритма и быстрое его восстановление (1–3 с). У добровольцев группы 2 сниженная реакция отмечена как до, так и после воздействия НИМП: неполная депрессия α-ритма, сопровождающаяся усилением θ-ритма в теменных и затылочных отделах.

Оценка коэффициентов межполушарной асимметрии $K_{МПА}$ показала, что у всех добровольцев статистически значимой межполушарной асимметрии биоэлектрической активности как до, так и после воздействия НИМП не наблюдалось.

Таким образом, полученные результаты свидетельствуют о том, что воздействие НИМП по предложенной схеме с максимальным значением магнитной индукции в центре рабочей зоны 1,4 мТл и 1,2 мТл, формируемое магнитогенератором «Бутон», не оказывает отрицательного действия на функциональную активность головного мозга. А в случае наличия признаков психофизиологического напряжения оказывает некоторое восстанавливающее действие, что в дальнейшем может быть использовано в комплексных мероприятиях по восстановлению работоспособности человека.

Методы оценки наиболее информативных показателей ВРС, психологического тестирования, магнитоэнцефалографии и тонометрии также показали тенденцию к нормализации психофизиологического состояния [5].

Использование в комплексной диагностике психофизиологического состояния человека наряду с вышеперечисленными методами метода ЭЭГ позволяет получить наиболее объективную и всестороннюю оценку характера его изменений, в том числе и в процессе восстановления работоспособности с использованием низкочастотного импульсного магнитного поля.

Литература

1. Пат. 2290970 РФ, МПК6 А 61N 2/02. Устройство для воздействия магнитным полем на биообъект / Лобкаева Е. П., Кудряшов Л. В., Комиссаров В. И., Девяткова Н. С., Шевцов И. Д. // Изобретения. 2007. № 1.
2. NEOCORTEX 2.1. Руководство пользователя. М.: NEUROROBOTICS, 2005.
3. Жирмунская Е. А., Лосев В. С. Системы описания и классификация электроэнцефалограмм человека. – М.: Наука, 1984.
4. Поворинский А. Г., Заболотных В.А. Пособие по клинической электроэнцефалографии. – М.: Медицина, 2000.
5. Кандрунина Т. С., Гетманец И. А., Колесникова Н. С., Голубев А. В. Исследование влияния низкочастотного импульсного магнитного поля на психофизиологическое состояние человека // Тезисы докладов V Международной конференции «Человек и электромагнитные поля». Саров, 23–27 мая 2016г. – Саров: ФГУП «РФЯЦ-ВНИИЭФ», 2016. С. 72.