

# РЕАКЦИИ ЭНДОКРИННОЙ СИСТЕМЫ (НАДПОЧЕЧНИКИ И ЩИТОВИДНАЯ ЖЕЛЕЗА) НА ВОЗДЕЙСТВИЕ ПЕРЕМЕННЫХ МАГНИТНЫХ ПОЛЕЙ НИЗКОЙ ЧАСТОТЫ

В.В. Алабовский<sup>1</sup>, М.Ю. Готовский<sup>2</sup>, А.А. Винокуров<sup>1</sup>, О.В. Маслов<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Воронежская государственная медицинская академия им. Н.Н. Бурденко (г. Воронеж),

<sup>2</sup>Центр интеллектуальных медицинских систем «ИМЕДИС» (г. Москва)

## Reaction of the endocrine system (adrenal gland and thyroid) to the influence of low frequency alternating magnetic fields

V.V. Alabovskiy<sup>1</sup>, M.Yu. Gotovskiy<sup>2</sup>, A.A. Vinokurov<sup>1</sup>, O.V. Maslov<sup>1</sup>

<sup>1</sup>N.N. Burdenko Voronezh State Medical Academy (Voronezh, Russia)

<sup>2</sup>Center of intellectual medical systems "IMEDIS" (Moscow, Russia)

### РЕЗЮМЕ

Представлен обзор результатов экспериментальных исследований влияния переменных магнитных полей на эндокринную систему за период с 1972 по 2010 гг. Проанализирована функциональная активность надпочечников и щитовидной железы, как при общем, так и при локальном воздействии магнитных полей на область проекции эндокринных желез. Отмечена возможность изменения активности гипофизарно-надпочечниковой системы под влиянием низкочастотных переменных магнитных полей.

**Ключевые слова:** магнитные поля, низкочастотные магнитные поля, импульсные магнитные поля, эндокринная система, надпочечники, щитовидная железа.

### RESUME

The review of experimental researches of the influence of alternating magnetic fields on the endocrine system performed in 1972-2010 is presented. Functional activity of adrenal gland and thyroid under influence of general and localized over endocrine glands alternating magnetic field is analyzed. The possibility of changes in the activity of the pituitary-adrenal system under the influence of low frequency alternating magnetic fields is shown.

**Keywords:** low frequency magnetic fields, pulse magnetic fields, endocrine system, adrenal gland, thyroid.

### ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время доказано, что наибольшей чувствительностью к переменным магнитным полям (ПеМП) обладают нервная, сосудистая и эндокринная системы организма человека и животных [1–3]. Сдвиги, происходящие в этих системах в результате воздействия ПеМП, предопределяют последующие изменения в организме, которые могут носить разнонаправленный характер. Возросшее в последнее время внимание к медико-биологическим аспектам действия ПеМП связано с предполагаемым повышением риска возникновения онкологической патологии у лиц, подвергающихся воздействию полей как в производственных, так и в бытовых условиях [4]. В качестве одного из гипотетических

механизмов возникновения опухолей рассматривается нарушение секреции гормона эпифиза мелатонина, происходящее под воздействием ПеМП [5, 6]. В связи с этим нельзя не согласиться с констатацией факта, что наибольшее число исследований а, следовательно, и публикаций, касающихся влияния ПеМП на эндокринную систему, из всех гормонов посвящено именно мелатонину [7]. Однако, несмотря на большое число крупномасштабных эпидемиологических исследований, этот вопрос по-прежнему нельзя считать до конца изученным и доказанным, поскольку на достоверность получаемых результатов в значительной степени влияют методологические погрешности и разные подходы к определению риска возникновения онкологической патологии.

Анализ и обобщение особенностей реактивных изменений в обладающих чувствительностью к ПемП функциональных системах позволят определить методологию при использовании данного физического фактора в профилактике и лечении различных заболеваний, оптимизацию терапевтического воздействия, а также и в целях коррекции функционального состояния человека [8, 9]. В физиотерапии, начиная с середины 1980-х гг., получило развитие направление, заключающееся в воздействии высокочастотными электромагнитными полями на структуры головного мозга и эндокринные органы. Накопленный в последующие годы опыт применения этого метода в клинических условиях позволяет рассматривать такое воздействие на организм как корректирующее, сопровождающееся функциональной активацией надпочечников и щитовидной железы [10]. В последнее время это применение распространилось и на низкочастотные ПемП, которые при воздействии на область надпочечников и щитовидной железы позволяют избирательно влиять на функциональное состояние человека с целью коррекции [11]. В связи с этим в настоящем обзоре основное внимание уделено влиянию ПемП различных параметров, способов и времени воздействия на ответную реакцию со стороны эндокринной системы – надпочечников и щитовидной железы.

В основе большинства современных представлений о влиянии ПемП на организм лежит сформулированная еще J. Bernhardt концепция действия поля как непосредственного раздражителя для нервных и мышечных клеток [12]. Вполне закономерно, что на это раздражение организм отвечает адаптационной реакцией, складывающейся из стадий тренировки, активации или стресса [13]. Формирование той или иной реакции определяется набором биотропных параметров ПемП и индивидуальной особенностью восприимчивости к нему организма. Среди различных видов магнитных полей (постоянных, переменных, импульсных) наибольшим числом таких параметров обладает импульсное поле, которое характеризуется наибольшей биологической активностью.

В эндокринной системе присутствуют гипоталамо-гипофизарно-адренкортикальная и гипоталамо-гипофизарно-тиреоидная компоненты, которые принимают непосредственное участие в процессах адаптации при изменениях во внутренней или внешней среде,

в том числе и в ответных реакциях организма на стресс [14]. В основе концепции стресса лежат исследования Г. Селье, который показал, что при реализации общего адаптационного синдрома происходит активация гипоталамо-гипофизарно-адренкортикальной составляющей и при любых воздействиях на организм происходит, как правило, быстрое увеличение секреторной активности глюкокортикоидов коры надпочечников, которое в определенных границах прямо пропорционально интенсивности воздействия. В то же время в стрессорной реакции организма активное участие принимает и щитовидная железа в качестве периферического звена гипоталамо-гипофизарно-тиреоидной компоненты.

В связи с этим целью настоящего обзора являлся аналитический обзор основных публикаций, касающихся экспериментальных исследований влияния ПемП на функциональную активность надпочечников и щитовидной железы.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Анализировалась информация по базам данных «Электромагнитные поля и здоровье человека» (Отделение ГПНТБ СО РАН), «Medline» (PubMed), полученная в результате поиска по ключевым словам: «магнитные поля», «низкочастотные магнитные поля», «импульсные магнитные поля», «эндокринная система», «надпочечники», «щитовидная железа», «стресс». Помимо этого, была проанализирована и принималась во внимание библиография соответствующих статей, с целью поиска дополнительных публикаций. Учитывались издания на любом языке.

### Реакции надпочечников на воздействие ПемП низкой частоты

Функциональная активность надпочечников исследовалась преимущественно при действии ПемП промышленной частоты – 50/60 Гц, результаты которых отражены лишь в нескольких обзорах [15–19], тогда как более детальные результаты изучения глюкокортикоидной функции надпочечников при действии поля приведены в отдельных публикациях (табл.1).

Глюкокортикоидная функция надпочечников у крыс оценивалась при однократном 24-часовом воздействии ПемП частотой 50 Гц с напряженностью магнитного поля 200 Э (15,9 кА/м) [20]. Отмечено активирующее

влияние, заключающееся в повышении через час после начала воздействия уровня 11-оксикортикостероидов (11-ОКС) в плазме крови подопытных животных на 50 % по сравнению с контрольными группами. Высокий уровень 11-ОКС в плазме крови крыс сохранялся спустя 4 и 12 часов после окончания однократной экспозиции, однако через 1; 2 и 7 суток содержание 11-ОКС возвращалось к норме. На основании полученных данных о стимулирующем действии на функцию гипофизарно-надпочечниковой системы однократного 24-х часового воздействия ПеМП частотой 50 Гц при 200 Э (15,9 кА/м) был сделан вывод о стрессорном характере действия поля указанных параметров на организм.

В выполненных исследованиях (16 испытуемых) было установлено, что в результате ежедневного воздействия ПеМП частотой 50 Гц при 300–650 Э (23,9–51,7 кА/м) по 5–30 мин. на протяжении 1-1,5 месяцев экскреция 17-оксикортикостероидов (17-ОКС) повышалась при исходно пониженном уровне (11 человек) и, напротив, снижалась при ее повышенном начальном уровне (5 человек) [21]. Полученные данные позволили высказать предположение о возможности коррекции с помощью ПеМП соответствующих параметров уровня экскреции 17-ОКС, которые могут происходить как в положительную, так и в отрицательную сторону. Особенно при этом подчеркивается, что для достижения необходимого эффекта необходим учет применяемой дозы действующего ПеМП.

В других экспериментах, проводимых при 24-часовой и 7-суточной экспозициях крыс в ПеМП частотой 50 Гц при напряженности поля 200 Э (15,9 кА/м), было обнаружено, что воздействие также привело к существенной активации глюкокортикоидной функции надпочечников животных. Увеличение содержания 11-ОКС наблюдалось не только в плазме крови, но и в ткани надпочечников крыс и отмечалось как на 1-й, так и на 7-й день эксперимента [22]. Одновременно установлено, что под влиянием ПеМП общее содержание 11-ОКС возросло за счет увеличения свободных форм всех стероидов плазмы, что свидетельствовало о значительной активации секреторной функции надпочечников и развитии адаптивной реакции.

Несколько иной характер наблюдался в исследованиях при прерывистом воздействии ПеМП с теми же параметрами, когда состоя-

ние гипофизарно-надпочечниковой системы изменялось в зависимости от условий экспозиции. Так, хроническое воздействие ПеМП частотой 50 Гц при напряженности 200 Э (15,9 кА/м) по 6,5 часов в день приводило к повышению уровня 11-ОКС в плазме крови животных на 3-и сутки после начала эксперимента, а на 4-е и 5-е наблюдалось снижение уровня функционирования всех звеньев гипофизарно-надпочечниковой системы [23].

Исследования особенности адаптивной реакции гипофизарно-надпочечниковой системы на однократное и многократное воздействие ПеМП частотой 50 Гц проводились при напряженности поля 200 Э (15,9 кА/м) [24]. Было установлено, что одномоментное как включение, так и выключение ПеМП не оказывало значимого влияния на содержание 11-ОКС в плазме крови крыс. Выброс 11-ОКС в кровь увеличивался только в процессе дальнейшей экспозиции – спустя 7–8 мин; после ее начала. В последующие 15; 30 мин., 3; 7; 12; 24 часа и 7 суток уровень стероидов стабильно оставался повышенным, преимущественно за счет свободных форм гормона. При этом обнаружено увеличение содержания адренокортикотропного гормона (АКТГ) в гипофизе и повышение стероидогенеза в надпочечниках, что позволило предположить, что у животных при адаптации к непрерывному воздействию ПеМП с одинаковой напряженностью магнитного поля устанавливается устойчивый уровень более высокой активности гипофизарно-надпочечниковой системы. Отсутствие изменений в содержании 11-ОКС в плазме крови животных в ответ на включение и немедленное выключение ПеМП частотой 50 Гц при напряженности магнитного поля 200 Э (15,9 кА/м) обусловлено наличием латентного периода действия поля, которое необходимо для синтеза гормонов [25]. Об этом свидетельствуют результаты экспериментов, когда через 15 мин. после начала воздействия ПеМП этих же параметров уровень 11-ОКС в плазме крови животных возрастал почти в 2 раза, тогда как дальнейшее продолжение экспозиции не привело к увеличению концентрации гормона, которая оставалась на одном уровне.

Влияние ПеМП частотой 3–5 Гц при напряженности 80 Э (6,37 кА/м) на содержание 11-ОКС в сыворотке крови крыс выявило снижение концентрации гормона через 5 мин. с начала экспозиции и увеличение через 15 и 30 мин., которое продолжалось и при дальней-

Таблица 1

**Влияние ПеМП на функциональную активность надпочечников**

| Характеристики ПеМП                                                      | Время и условия воздействия                                                          | Объект и исследуемая функция                                   | Биологический эффект                                                                                                                | Литературный источник |
|--------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|
| 50 Гц, 200 Э (15,9 кА/м)                                                 | 24 часовое общее однократное воздействие                                             | крысы, уровень 11-ОКС в плазме крови                           | повышение уровня 11-ОКС в плазме крови на 50% по сравнению с контролем                                                              | [20]                  |
| 50 Гц, 300–650 Э (23,9–51,7 кА/м)                                        | 5–30 мин./день, 1–1,5 мес., общее воздействие                                        | люди, экскреция 17-ОКС                                         | изменение уровня экскреции 17-ОКС в зависимости от исходного уровня                                                                 | [21]                  |
| 50 Гц, 200 Э (15,9 кА/м)                                                 | 24 часа и 7 суток, общее однократное воздействие                                     | крысы, уровень 11-ОКС в плазме крови и надпочечниках           | повышение содержания 11-ОКС в плазме крови и надпочечниках                                                                          | [22]                  |
| 50 Гц, 200 Э (15,9 кА/м)                                                 | 6,5 часов/сутки 5 дней, общее воздействие                                            | крысы, уровень 11-ОКС в плазме крови                           | повышение уровень 11-ОКС в плазме крови 3-и сутки и снижение на 4–5                                                                 | [23]                  |
| 50 Гц, 200 Э (15,9 кА/м)                                                 | до 7 суток, общее воздействие                                                        | крысы, уровень 11-ОКС в плазме крови                           | повышение уровня 11-ОКС в плазме крови через 7–8 мин. после начала экспозиции и постоянство 15; 30 мин, 3; 7; 12; 24 часа и 7 суток | [24]                  |
| 50 Гц, 200 Э (15,9 кА/м)                                                 | 15 мин. и более, общее воздействие                                                   | крысы, уровень 11-ОКС в плазме крови                           | повышение уровня 11-ОКС в плазме крови через 15 мин.                                                                                | [25]                  |
| 3–5 Гц, 80 Э (6,37 кА/м)                                                 | 30 мин., общее воздействие                                                           | крысы, уровень 11-ОКС в сыворотке крови                        | снижение через 5 мин. и повышение при 15 и 30 мин.                                                                                  | [26]                  |
| 50 Гц, 10 мкТл                                                           | 24 часа, экспозиция в режиме «включено» и «выключено» каждые 15 с, общее воздействие | добровольцы испытуемые, содержание кортизола в сыворотке крови | отсутствует                                                                                                                         | [27]                  |
| 60 Гц, 5 Гс (500 мкТл)                                                   | 1–175 дней, общее воздействие                                                        | мышы, кортикостерон в сыворотке крови                          | повышение уровня кроткостерона в сыворотке крови на 1; 49 и 175 дни экспозиции по сравнению с контролем                             | [28]                  |
| 50 Гц, 2 Гс (200 мкТл)                                                   | 1 и 2 недели, общее воздействие                                                      | крысы, кортикостерон в плазме крови                            | повышение уровня кроткостерона в плазме крови через 2 недели экспозиции по сравнению с контролем                                    | [29]                  |
| 5 Гц, 0,013 мкТл; 50 Гц, 0,207 мкТл                                      | 2 и 4 часа/день, 5 дней, общее воздействие                                           | морские свинки, кортизол в плазме крови                        | снижение содержания кортизола в плазме крови после 2 и 4-х часовой экспозиции при 50 Гц (0,207 мкТл)                                | [30]                  |
| 40 Гц, 2,9 мкТл (магнитотерапия); 200 Гц, 25–80 мкТл (магнитостимуляция) | 12 мин/день, локальное воздействие на поясничную область 15 раз                      | пациенты с болевым поясничным синдромом                        | магнитотерапия снижает содержание кортизола в середине дня, магнитостимуляция повышает уровень кортизола в более ранние часы        | [31]                  |
| 1 Гц, 400 Э (31,8 кА/м)                                                  | 15 мин., воздействие на голову                                                       | крысы, цитоморфология надпочечников                            | активация хромаффинной ткани и клубочкового слоя коры надпочечников                                                                 | [32]                  |
| 50 Гц, 200 Э (15,9 кА/м)                                                 | 7 суток, общее воздействие                                                           | крысы, цитоморфология надпочечников                            | увеличение коры надпочечников на 2-е сутки экспозиции и отсутствие отличий на 5-е сутки по сравнению с контролем                    | [33]                  |
| 0,01–20 Гц (режим плавающей частоты), 0,01–3,4 Э (0,8–270 А/м)           | 12; 36 и 64 часа, общее воздействие                                                  | крысы, цитоморфология надпочечников                            | увеличение площади клеток пучковой зоны коры надпочечников через 12; 36 и 64 часа экспозиции                                        | [34]                  |

шем увеличении времени воздействия [26]. В результате того, что в экспериментах использовались крысы с разными типологическими уровнями, изменения были более выражены у животных среднего типа, у крыс слабого типа вообще не отмечались, а у сильного типа были статистически недостоверны.

В исследованиях, выполненных с привлечением мужчин-добровольцев (32 человека в возрасте 20–30 лет), изучалась циркадная ритмика содержания кортизола в крови на фоне воздействия ПеМП на протяжении 24 часов частотой 50 Гц при 10 мкТл, причем экспозиция осуществлялась в режиме поле «включено» и «выключено» каждые 15 с [27]. Достоверных изменений в уровне сывороточного кортизола в группе подвергнутых воздействию ПеМП добровольцев (16 человек) по сравнению с ложно экспонированной группой (16 человек) обнаружено не было.

Изучение влияния ПеМП частотой 60 Гц при величине магнитной индукции 5 Гс (500 мкТл) на глюкокортикоидную функцию надпочечников крыс проводилось при хроническом воздействии на протяжении 175 дней в 7 независимых экспериментах [28]. Статистически достоверное повышение уровня кротикостерона в сыворотке крови подопытных животных по сравнению с контрольной группой было обнаружено на 1-й; 49-й и 175-й дни экспозиции. Отмечается нелинейный характер реакции надпочечников крыс в ответ на воздействие ПеМП частотой 60 Гц с магнитной индукцией 5 Гс (500 мкТл).

В сходных экспериментах с хроническим воздействием ПеМП частотой 50 Гц с магнитной индукцией 2 Гс (200 мкТл) у крыс наблюдалось увеличение уровня кротикостерона в плазме крови через 2 недели после начала экспозиции крови по сравнению с контрольной группой животных [29]. Повышенное содержание кротикостерона в плазме крови сохранялось и спустя 4 недели после окончания воздействия.

Сравнивалась динамика содержания кортизола в плазме крови у морских свинок при экспозиции по 2 и 4 часа в день на протяжении 5 дней в ПеМП частотой 5 Гц (0,013 мкТл) и 50 Гц (0,207 мкТл) [30]. Статистически достоверное снижение содержания кортизола было отмечено у морских свинок после 2-х- и 4-х-часовой экспозиции в ПеМП частотой 50 Гц с величиной магнитной индукции 0,207 мкТл по сравнению с контрольной и группой подо-

пытных животных, подвергавшихся воздействию поля с частотой 5 Гц (0,013 мкТл).

Влияние ПеМП в импульсных режимах, которые используются при магнитотерапии и магнестимуляции, на содержание кортизола в сыворотке крови изучалось у больных с болевым синдромом в поясничной области [31]. Режим магнитотерапии (частота 40 Гц, 2,9 мкТл) использовался в группе из 16 пациентов, магнестимуляции (частота 200 Гц, 25–80 мкТл) – у 10 пациентов. Воздействие ПеМП в обоих случаях осуществлялось на поясничную область на протяжении 12 мин. и повторялось 15 раз. Установлено, что магнитотерапия изменяет циркадные ритмы секреции путем снижения секреции кортизола в середине дня, в то время как магнестимуляция повышает выработку гормона в более ранние часы.

Морфофункциональные изменения в коре надпочечников при действии ПеМП позволяют оценить состояние коры эндокринных желез (пучковой и сетчатой зон). Воздействие ПеМП частотой 1 Гц с магнитной индукцией 400 Э (31,8 кА/м) на голову крыс в течение 15 мин. приводило к активации хромаффинной ткани и клубочкового слоя коры надпочечников, увеличению размеров ядер клеток клубочкового, пучкового, сетчатого и мозгового слоев [32]. Спустя 1 месяц после окончания воздействия все морфологические показатели надпочечников подопытных животных возвращались к исходным значениям. Полученные результаты рассматриваются в качестве свидетельства центрального механизма изменений эндокринных функций при действии ПеМП указанной интенсивности и частоты.

Изменения в состоянии надпочечников у крыс, наблюдавшиеся после 7 суток экспозиции животных в ПеМП частотой 50 Гц при плотности магнитного потока 200 Э (15,9 кА/м) в течение 7 суток, состояли из двух этапов [33]. Первый этап, который приходился на 2-е сутки экспозиции, состоял в увеличении коры надпочечников за счет наиболее активных ее зон (пучковой и сетчатой), появлении во всех зонах коры очагов цитолиза, обеднении пучковой зоны липидами. Второй этап (5-е сутки экспозиции) характеризовался отсутствием достоверных отличий в функциональном состоянии надпочечников у подопытных и контрольных животных.

Выполнялись исследования, посвященные изучению состояния адаптационного резерва у крыс в условиях воздействия ПеМП в диа-

пазоне частот 0,01–20 Гц (режим плавающей частоты) при плотности магнитного потока 0,01–3,4 Э (0,8–270 А/м) на протяжении 12; 36 и 64 часов [34]. Выраженность морфологических изменений состояла в достоверном увеличении площади клеток пучковой зоны коры надпочечников, которая зависела как от индивидуальной чувствительности животных, так и от параметров ПеМП в используемом диапазоне частот и интенсивностей.

**Реакции щитовидной железы на воздействие ПеМП низкой частоты**

Функциональная активность щитовидной железы крыс (табл. 2) при однократном 15-минутном, 6,5-часовом и хроническом по 6,5 часов в день на протяжении 5 суток воздействия ПеМП частотой 50 Гц при напряженности 200 Э (15,9 кА/м) оценивалась по накоплению в ней 131I, который вводили в дозе 0,5 микрокюри [35]. Измерение накопление радионуклида в щитовидной железе проводилось через 2, 4, 6,

8, 10, 12, 24 и 48 ч после окончания экспозиции. Установлено, что после 15-минутного и 6,5-часового воздействия ПеМП снижалось накопление 131I в щитовидной железе, тогда как в случае хронической экспозиции инкорпорирование радионуклида резко повышалось, причем особенно через 12 часов после окончания действия поля. В свете полученных результатов экспериментов одноразовые воздействия рассматриваются как активизирующие функцию щитовидной железы, а хроническое – в качестве стрессорного. В других исследованиях, посвященных влиянию воздействия ПеМП частотой 50 Гц при величинах магнитной индукции 14 мкТл на протяжении 24 часов накопление 5-йод-дезоксисуридин125I в щитовидной железе мышей, были получены результаты, свидетельствующие об отсутствии достоверных изменений в опытной группе животных по сравнению с контрольной [36].

Изучение циркадной динамики содержания гормонов щитовидной железы (свободный и

Таблица 2

**Влияние ПеМП на функциональную активность щитовидной железы**

| Характеристики ПеМП                                                      | Время и условия воздействия                                                                                                | Объект и исследуемая функция                                                    | Биологический эффект                                                                                                                      | Литературный источник |
|--------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|
| 50 Гц, 200 Э (15,9 кА/м)                                                 | 15 мин., 6,5 часов, 6,5 часов/день, 5 суток                                                                                | крысы, накопление 131I в щитовидной железе                                      | повышение накопления 131I в щитовидной железе                                                                                             | [35]                  |
| 50 Гц, 14 мкТл                                                           | 54 часа                                                                                                                    | мыши, накопление 5-йод-дезоксисуридин 125I в щитовидной железе                  | отсутствует                                                                                                                               | [36]                  |
| 50 Гц, 10 мкТл                                                           | 24 часа, экспозиция в режиме «включено» и «выключено» каждые 15 с, общее воздействие                                       | добровольцы испытуемые, содержание гормонов щитовидной железы в сыворотке крови | отсутствует                                                                                                                               | [27]                  |
| 200 Гц, 25–80 мкТл (магнитостимуляция), 40 Гц, 2,9 мкТл (магнитотерапия) | магнитостимуляция (12 мин./день 15 раз), магнитотерапия (20 мин./день 15 раз), локальное воздействие на поясничную область | пациенты с болевым поясничным синдромом,                                        | магнитостимуляция снижает уровень тиреотропина, а магнитотерапия повышает содержание Т3 и Т4 в сыворотке крови                            | [37]                  |
| 50 Гц, 50–500 мкТл                                                       | 7 час/день, 5 дней в неделю, 3 месяца                                                                                      | крысы, цитоморфология щитовидной железы, Т3 и Т4 плазмы крови                   | снижение активности щитовидной железы (уменьшение объемной плотности фолликулярного эпителия, снижение содержания Т3 и Т4 в плазме крови) | [38]                  |
| 5–10 Гц, 10 мТл                                                          | 1 час/день, 7 дней в неделю, 4 месяца                                                                                      | крысы, цитоморфология щитовидной железы                                         | повышение функциональной активности клеточных ядер тироцитов                                                                              | [39]                  |
| 40 Гц, 10 мТл                                                            | 1 час/день, 7 дней в неделю, 4 месяца                                                                                      | крысы, цитоморфология щитовидной железы                                         | стимуляция метаболизма тироцитов                                                                                                          | [40]                  |

связанный трийодтиронин (Т3) и тироксин (Т4, тиреотропин) у добровольцах-испытуемых (32 мужчины возрастом 20–30 лет) проводилось в условиях 24-часового однократного воздействия ПеМП частотой 50 Гц при 10 мкТл, причем был использован режим «включение» и «выключение» поля, происходившее каждые 15 с [27]. Результаты исследований показали отсутствие статистически достоверных изменений между группами подвергнутых воздействию ПеМП (16 человек) и контрольной группой (16 человек).

Результаты влияния на пациентов с болевым синдромом в поясничной области импульсного ПеМП с параметрами, которые используются при магнестимуляции (частота 200 Гц, 25–80 мкТл) и магнитотерапии (частота 40 Гц, 2,9 мкТл) оценивались по уровню секреции гормонов щитовидной железы [37]. Воздействие проводилось локально на поясничную область. В сыворотке крови у пациентов после магнестимуляции (10 человек, по 12 мин. 15 сеансов) определяли тиреотропин, а прошедших магнитотерапию (16 человек, по 20 мин. 15 сеансов) – свободные Т3 и Т4. Показано, что магнестимуляция снижает уровень тиреотропина, а магнитотерапия – повышает содержание Т3 и Т4 в сыворотке крови пациентов.

Морфофункциональные изменения в щитовидной железе при воздействии ПеМП исследовались в комплексе с динамикой тиреоидных гормонов. Экспозиция крыс в ПеМП частотой 50 Гц с индукцией от 50 до 500 мкТл по 7 часов в день, 5 дней в неделю на протяжении 3 месяцев приводила к достоверному снижению индекса активности щитовидной железы выражающееся в уменьшение объемной плотности фолликулярного эпителия на фоне повышения плотности коллоида и снижении уровня Т3 и Т4 в плазме крови животных [38].

Морфология эпителия тиреоцитов у крыс исследовалась после 4-месячной экспозиции по 1 часу в день на протяжении 7 дней ПеМП частотой 5–10 Гц, с индукцией 10 мТл [39]. Результаты проведенных экспериментов показали, что у подопытных животных, по сравнению с контрольными, после воздействия увеличивалась функциональная активность клеточных ядер тиреоцитов, связанная с повышением синтеза ДНК. В сходных по направленности других экспериментах при экспозиции крыс по 1 часу в день на протяжении 7 дней ПеМП частотой 40 Гц, с индукцией 10 мТл были так-

же получены сведения, позволяющие утверждать, что экспозиция вызывает изменения в эпителии тиреоцитов, свидетельствующие о стимуляции метаболизма в результате воздействия поля с указанными параметрами.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Анализ результатов экспериментальных исследований позволяет рассматривать реакцию эндокринной системы на действие ПеМП с позиций представлений о резистентности организма как функции адаптационной реакции (тренировка, спокойная и повышенная адаптация и стресс) [13]. При этом те или иные сдвиги в эндокринной системе можно вызвать при кратковременном воздействии ПеМП низких интенсивностей, варьируя, например, только частоту поля. Отсюда следует, что воздействие ПеМП в зависимости от параметров и времени экспозиции может вызывать реакцию активации, сопровождающуюся усилением функциональной активности надпочечников и щитовидной железы.

В то же время, ПеМП с большей интенсивностью и длительностью воздействия действует в качестве стрессорного фактора и может вызвать такие изменения в функциональной активности эндокринной системы, которые влекут за собой сдвиги в метаболизме, снижение уровня энергетических процессов и т.п.

Вместе с этим, в зависимости от используемых параметров ПеМП представляется возможным изменять уровень активности гипофизарно-надпочечниковой системы, поскольку она характеризуется высокой чувствительностью к действию этого физического фактора.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Polk C. Biological effects of low-level low-frequency electric and magnetic fields // *IEEE Tras. Educ.* – 1991. – V.34, N.3. – P. 243–249.
2. Tenforde T.S. Biological interactions and potential health effects of extremely-low-frequency magnetic fields from power lines and other common sources // *Annu. Rev. Publ. Health.* – 1992. – V.13. – P. 173–196.
3. Bennett W.R., Jr. *Health and Low-Frequency Electromagnetic Fields.* – Yale University Press, 1994.
4. Михайленко П.М., Михайленко В.М. Электромагнитные поля бытовых частот – повышение канцерогенной опасности или противоопухолевое действие? // *Онкология.* – 2001. – Т.3, №1. – С. 4–10.
5. Stevens R.G., Davis S. The melatonin hypothesis: electric power and breast cancer // *Environ Health Perspect.* – 1996. – V.104, Suppl.1. – P. 135–140.
6. Brainard G.C., Kavet R., Kheifets L.I. The

relationship between electromagnetic field and light exposures to melatonin and breast cancer risk: a review of the relevant literature // *J. Pineal Res.* – 1999. – V.26, N.2. – P. 65–100.

7. Woldańska-Okońska M., Czernicki J. Skutki biologiczne oddziaływania pól (elektro)magnetycznych niskiej częstotliwości wywierane poprzez ich wpływ na wydzielanie hormonów // *Prz. Lek.* – 2003. – T.60, Nr.10. – S. 657–662.

8. Hazlewood C.F., Markov M. Trigger points and systemic effect for EMF therapy // *Environmentalist.* – 2009. – V.29, N.2. – P. 232–239.

9. Улащик В.С. О новых направлениях использования лечебных физических факторов // *Физиотерапевт.* – 2010. – №3. – С. 12–22.

10. Бобчинская И.Н. Сочетанное воздействие электромагнитного поля ультравысокой частоты трансцеребрально и дециметровых волн на область надпочечников в комплексном лечении больных микробной экземой // *Медицинская реабилитация, курортология, физиотерапия.* – 1998. – № 2. – С. 43–45

11. Булатецкий С.В., Глушкова Е.П. Оптимизация функционального состояния человека изменением активности неспецифических адаптационных механизмов // *Физиология адаптации // Матер. 2-й Всероссий. науч.-практ. конф.* – Волгоград: Волгоградское научное издательство, 2010. – С. 7–10.

12. Bernhardt J. The direct influence of electromagnetic fields on nerve- and muscle cells of man within the frequency range of 1 Hz to 30 MHz // *Radiat. Environ. Biophys.* – 1979. – V.16, N.4. – P. 309–323.

13. Гаркави Л.Х., Квакина Е.Б., Кузьменко Т.С. Антистрессорные реакции и активационная терапия. Реакции активации как путь к здоровью через процессы самоорганизации. – М.: ИМЕДИС, 1998.

14. Дедов И.И., Мельниченко Г.А., Фадеев В.Ф. Эндокринология. – М.: ГЭОТАР-Медиа, 2007.

15. Загорская Е.А. Реакция эндокринной системы на воздействие низкочастотных электромагнитных полей непрерывного и импульсного режимов генерации // *Космич. биология и авиакосмич. медицина.* – 1989. – T.23, № 6. – С. 4–14.

16. Загорская Е.А., Климовицкий В.Я., Мельниченко В.П., Родина Г.П., Семенов С.Н. Влияние низкочастотных электромагнитных полей на отдельные системы организма // *Там же.* – 1990. – T.24, № 3. – С. 3–11.

17. Villa M., Mustarelli P., Caprotti M. Minireview: biological effects of magnetic fields // *Life Sci.* – 1991. – V.49, N.2. – P. 85–92.

18. Reiter R.J. A review of neuroendocrine and neurochemical changes associated with static and extremely low frequency electromagnetic field exposure // *Integr. Physiol. Behav. Sci.* – 1993. – V.28, N.1. – P. 57–75.

19. Karasek M., Woldanska-Okonska M. Electromagnetic fields and human endocrine system // *Scientific World J.* – 2004. – V.4. – Suppl. 2. – P. 23–28.

20. Мороз В.В. Глюкокортикоидная функция надпочечников в динамике ответной реакции на однократное воздействие переменного магнитного поля // *Магнитное поле в медицине / Сб. научн. тр. Киргиз. мед. ин-та.* – 1974. – T.100. – С. 58–59.

21. Салатов Р.Н., Квакина Е.Б. Об изменении глюкокортикоидной функции коры надпочечников под влиянием переменных магнитных полей // *Магнитное поле в медицине / Там же.* – С. 68.

22. Удинцев Н.А., Мороз В.В. Реакция гипофизарно-надпочечниковой системы на действие переменного магнитного поля // *Бюлл. exper. биол. и мед.* – 1974. – T.57, № 6. – С. 51–53.

23. Удинцев Н.А., Мороз В.В. О механизме реакции гипофизарно-надпочечниковой системы на стрессовое действие переменного магнитного поля // *Патол. физиол. exper. терапия.* – 1976. – Вып. 6. – С. 72–74.

24. Мороз В.В. Особенности адаптивной реакции гипофизарно-надпочечниковой системы (ГНС) на однократное и многократное воздействие переменным магнитным полем // *Тез. докл. II Всесоюз. конф. по адаптации человека к различ. географич., климатич. и произв. услов.* – Новосибирск, 1977. – T.1. – С. 122–123.

25. Мороз В.В. Функциональное состояние гипофизарно-надпочечниковой системы при действии низкочастотного переменного магнитного поля // *Биологические механизмы и феномены действия низкочастотных и статических электромагнитных полей на живые системы.* – Томск, 1984. – С. 36–40.

26. Загорская Е.А., Родина Г.П., Векшина Л.К., Кузнецова И.В., Беневоленский В.Н. Использование установки УМТ-1 для изучения биологического действия электромагнитного поля сверхнизкой частоты на клеточном и организменном уровне // *Проблемы техники в медицине // Тез. докл. второй Всесоюз. научно-тех. конф.* – Тольятти, 1981. – С. 198–200.

27. Selmaoui B., Lambrozo J., Touitou Y. Endocrine functions in young men exposed for one night to a 50-Hz magnetic field. A circadian study of pituitary, thyroid and adrenocortical hormones // *Life Sci.* – 1997. – V.61, N.5. – P. 473–486.

28. Marino A.A., Wolcott R.M., Chervenak R., Jourdeuil F., Nilsen E., Frilot C., II, Pruett S.B. Coincident nonlinear changes in the endocrine and immune systems due to low-frequency magnetic fields // *Neuroimmunomodulation.* – 2001. – V.9, N.2. – P. 65–77.

29. Mostafa R.M., Mostafa Y.M., Ennaceur A. Effects of exposure to extremely low-frequency magnetic field of 2 G intensity on memory and corticosterone level in rats // *Physiol. & Behav.* – 2002. – V.76, N.4-5. – P. 589–595.

30. Zare S., Hayatgeibi H., Alivandi S., Ebadi A.G. Effects of whole-body magnetic field on changes of glucose and cortisol hormone in guinea pigs // *Am. J. Biochem. & Biotech.* – 2005. – V.1, N.4. – P. 217–219.

31. Woldańska-Okońska M., Czernicki J. Wpływ impulsowych pól magnetycznych stosowanych w magnetoterapii magnetostymulacji na wydzielanie kortyzolu u ludzi // *Med. Pr.* – 2003. – T.54, Nr.1. – S. 29–32.

32. Бордюшков Ю.Н., Гашникова Л.И., Квакина Е.Б. Реакция эндокринной системы на воздействие низкочастотным переменным и постоянным полем // *Гигиеническая оценка магнитных полей // Матер. симп.* – М., 1972. – С. 48–52.

33. Крафт Л.А. Клеточный состав тимуса и функции

коры надпочечников белых крыс на фоне воздействия переменным магнитным полем // Биохимия экстремальных состояний / Матер. II зональной конфер. биохимиков Западной Сибири и Урала. – Томск, 1980. – С. 20.

34. Музалевская Н.И. Магнитное поле сверхнизких частот малых напряженностей и состояние адаптационного резерва у подопытных животных // Влияние солнечной активности на биосферу / Проблемы космической биологии – М.: Наука, 1982. – Т.43. – С. 82–98.

35. Серебров В.Ю. Реакция щитовидной железы на воздействие переменным магнитным полем различной продолжительности // Биохимия экстремальных состояний / Матер. II зональной конфер. биохимиков Западной Сибири и Урала. – Томск, 1977. – С. 20.

36. Svedenstål B.-M., Johansson K.-J. 5-iodoexouridine-125I incorporation in vivo after exposure to a 50 Hz magnetic fields // In vivo. – 1998. – V.12, N.5. – P. 531–534.

37. Woldańska-Okońska M., Czernicki J. Wpływ impulsowych pól magnetycznych niskiej częstotliwości stosowanych w magnetoterapii i magnetostymulacji na wydzielanie hormonów tarczycy u ludzi // Med. Pr. – 2003. – V.54, N.4. – S. 335–339.

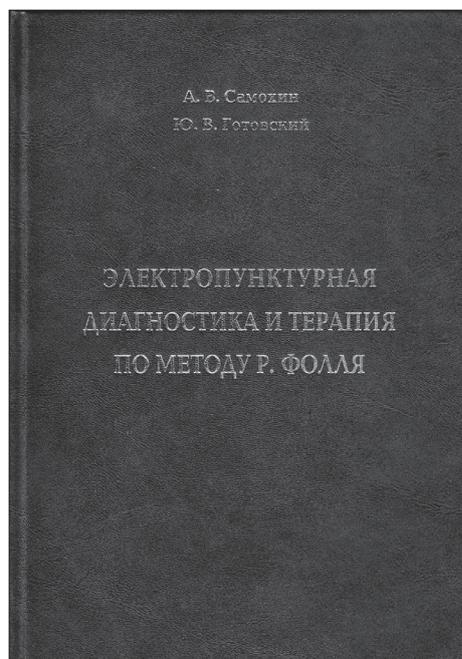
38. Rajkovic V., Matavulj M., Gledic D., Lazetic B. Evaluation of rat thyroid gland morphophysiological status after three months exposure to 50 Hz electromagnetic field // Tissue & Cell. – 2003. – V.35, N.3. – P. 223–231.

39. Ogłodek E., Wiczowski A., Sieroń A., Bilska-Urban A., Moś D. The effect of extremely low-frequency magnetic fields on the morphology of thyroid gland cells in female rats // Pol. J. Environ. Stud. – 2008. – V.17, N.5. – P. 757–763.

40. Ogłodek E., Moś D., Araszkiwicz A. Does exposure to extremely low frequency magnetic fields produce morphological changes in rat thyrocytes? // New Medicine. – 2009. – N.2. – P. 40–42.

#### Адрес автора

Д.м.н., профессор Алабовский В.В.  
Заведующий кафедрой биохимии Воронежской государственной медицинской академии им. Н.Н. Бурденко  
BiochemistryVSMA@mail.ru



ISBN 978-5-87359-100-8

### А.В. Самохин, Ю.В. Готовский ЭЛЕКТРОПУНКТУРНАЯ ДИАГНОСТИКА И ТЕРАПИЯ ПО МЕТОДУ Р. ФОЛЛЯ

6-е изд. – М.: ИМЕДИС, 2012. – 480 с.

Метод Р. Фолля широко используется во врачебной практике наряду с другими методами электропунктурной диагностики.

Интерес к вопросам диагностики и терапии с применением метода Р. Фолля неуклонно растет, как и количество специалистов, которые используют этот метод в своей медицинской деятельности. Несмотря на появление других методов электропунктурной диагностики, метод Р. Фолля не утратил своей актуальности.

В монографии представлен глубокий обзор и анализ теоретических и практических положений одного из самых перспективных направлений современной функциональной диагностики – электропунктурной диагностики по методу доктора Р. Фолля.

Книга может быть использована в качестве учебного пособия при преподавании метода Р. Фолля на специальных курсах и при самостоятельном изучении данного метода врачами всех специальностей.