

DOI: <https://doi.org/10.17816/uroved84474>

Обзорная статья

## Экстракорпоральная магнитная стимуляция в урологии



Р.Э. Амдий, С.Х. Аль-Шукри, И.В. Кузьмин, В.А. Макеев, П.В. Созданов

Первый Санкт-Петербургский государственный медицинский университет им. акад. И.П. Павлова, Санкт-Петербург, Россия

Обзорная статья посвящена применению экстракорпоральной магнитной стимуляции при лечении пациентов с урологическими заболеваниями. На основе анализа научных публикаций в базах данных PubMed, Medscape, Google Scholar представлены современные данные о механизме лечебного эффекта данного метода, методике выполнения процедуры, приведены результаты клинических исследований его эффективности при лечении недержания мочи, гипоактивности мочевого пузыря, синдрома хронической тазовой боли, эректильной дисфункции и преждевременной эякуляции.

**Ключевые слова:** экстракорпоральная магнитная стимуляция; недержание мочи; синдром хронической тазовой боли; гипоактивность мочевого пузыря; эректильная дисфункция.

### Как цитировать:

Амдий Р.Э., Аль-Шукри С.Х., Кузьмин И.В., Макеев В.А., Созданов П.В. Экстракорпоральная магнитная стимуляция в урологии // Урологические ведомости. 2021. Т. 11. № 4. С. 345–353. DOI: <https://doi.org/10.17816/uroved84474>

DOI: <https://doi.org/10.17816/uroved84474>

Review

## Extracorporeal magnetic stimulation in urology

Refat E. Amdiy, Salman Kh. Al-Shukri, Igor V. Kuzmin, Vladimir A. Makeev, Petr V. Sozdanov

Academician I.P. Pavlov First St. Petersburg State Medical University, Saint Petersburg, Russia

The review article is devoted to the usage of extracorporeal magnetic stimulation in the treatment of urological diseases. Based on the analysis of scientific publications in the PubMed, Medscape, Google Scholar databases, modern data on the mechanism of the therapeutic effect of this method, the method of performing the procedure, the results of clinical studies of its effectiveness in the treatment of urinary incontinence, bladder hypoactivity, chronic pelvic pain syndrome, erectile dysfunction and premature ejaculation are presented.

**Keywords:** extracorporeal magnetic stimulation; urinary incontinence; chronic pelvic pain syndrome; bladder hypoactivity; erectile dysfunction.

**To cite this article:**

Amdiy RE, Al-Shukri SKh, Kuzmin IV, Makeev VA, Sozdanov PV. Extracorporeal magnetic stimulation in urology. *Urology reports (St. Petersburg)*. 2021;11(4):345-353. DOI: <https://doi.org/10.17816/uroved84474>

Received: 01.11.2021

Accepted: 21.12.2021

Published: 29.12.2021

Повышение эффективности лечения пациентов с урологическими заболеваниями в последние годы в значительной степени связывают с развитием физиотерапевтических и физических методов воздействия [1–4]. Один из таких методов — экстракорпоральная магнитная стимуляция (ЭКМС). При проведении ЭКМС с помощью специального оборудования генерируется высокоинтенсивное переменное магнитное поле, которое оказывает влияние как на афферентные, так и на эфферентные нервные волокна [1]. Следствием возникновения импульсов в эфферентных нервных волокнах происходит сокращение мышечных структур, в том числе мышц тазового дна; активация афферентных волокон оказывает влияние на чувствительность тазовых органов [4–8]. Полагают, что таким образом при ЭКМС происходит нейромодуляция функции нижних мочевых путей [1, 2].

Эффект ЭКМС во многом зависит от применяемой частоты магнитного поля. Воздействие низких частот переменного магнитного поля (5–10 Гц) на пудендальный нерв вызывает возбуждение его афферентных волокон. По ним импульс передается в спинной мозг, где происходит переключение на супраспинальные проводящие пути, по которым потенциал действия распространяется в центры мочеиспускания ствола головного мозга. Такое воздействие может приводить к снижению тонуса центров мочеиспускания и опосредованному торможению активности парасимпатического эфферентного пути, активация которого приводит к сокращению детрузора. В литературе описанный механизм известен как ингибирование детрузор-активирующего рефлекса [9]. При воздействии переменного магнитного поля также происходит деполяризация вегетативных симпатических волокон пудендального нерва и повышение активности ядер в торако-люмбальном и сакральном отделах спинного мозга. Как следствие, возрастает симпатическая активность эфферентного пути гипогастрального нерва, активность бета-3-адренорецепторов и расслабление детрузора [10].

По мнению J.S. Koh и соавт. [11], дополнительный терапевтический эффект ЭКМС низкими частотами при гиперактивном мочевом пузыре обусловлен торможением произвольных сокращений детрузора за счет стимуляции крестцовых нервов. Стимуляция крестцовых нервов ведет к активации тормозного межнейронного рефлекса, при котором ингибируется активность нервных волокон типа С, влияющих на повышение тонуса мочевого пузыря. Этот факт может объяснять эффективность ЭКМС у пациентов с гиперактивным мочевым пузырем и спинальной травмой [11–13].

Воздействие высоких частот ЭКМС (50–100 Гц) возбуждает симпатические эфферентные волокна пудендального нерва. Это приводит к повышению тонуса и сокращению мышц тазового дна, в том числе наружного уретрального сфинктера, ответственного за удержание мочи [10].

При смешанном недержании мочи рекомендуют применять сочетание низкочастотного и высокочастотного воздействия в каждом сеансе [14]. Такой подход позволяет эффективно воздействовать на патогенез как ургентного, так и стрессового недержания мочи.

Результаты проведенных исследований показали, что после ЭКМС снижается концентрация миостатина в сыворотке крови [13, 15–17]. Миостатин служит эндогенным ингибитором роста мышечной ткани, и повышение его содержания может быть одной из причин нарушения сократимости мышц таза. Проведение ЭКМС способствует восстановлению функции мышц тазового дна на биохимическом уровне.

Возникновение рефрактерного периода проведения после сокращения мышц тазового дна при ЭКМС с высокой частотой может блокировать патологическую импульсацию и болевые импульсы [18]. Этот механизм важен при применении ЭКМС у пациентов с хронической тазовой болью.

Процедура ЭКМС комфортна для пациентов, нет необходимости раздеваться и накладывать или вводить во влагалище / прямую кишку датчики, во время ЭКМС пациент сидит на специальном кресле. Интенсивность силы магнитного поля регулируется индивидуально для достижения безболевого воздействия на мышечные структуры и органы малого таза [19].

ЭКМС оказывает благоприятный эффект на психосоциальную сферу пациентов и улучшает качество жизни. После ЭКМС было выявлено статистически значимое снижение показателей шкалы депрессии Бека-II, эпизодов физических и социальных ограничений, связанных с недержанием мочи [20, 21].

Последовательное сокращение и расслабление мышц тазового дна при ЭКМС помогает пациентам понять правильный алгоритм тренировки мышц тазового дна и может сочетаться с методом биологической обратной связи [13, 22].

### Стрессовое недержание мочи

Применение ЭКМС впервые было одобрено в США для лечения стрессового недержания мочи в 1998 г. Одним из разработчиков метода был уролог N.T. Galloway [23]. В его первое исследование в 1998 г. по оценке эффективности ЭКМС при стрессовом недержании мочи были включены 83 женщины. Во время процедуры пациентки находились в специальном кресле, источник переменных магнитных волн находился под сиденьем. Для процедуры ЭКМС использовали частоту 5 Гц первые 10 мин, затем перерыв от 1 до 5 мин, следующие 10 мин — воздействие 50 Гц. Процедуры повторяли дважды в неделю в течение 6 нед. Контрольное обследование через 3 мес. после окончания курса лечения было проведено 50 из 83 пролеченных пациенток. При этом у 17 (34 %) женщин эпизоды подтекания мочи отсутствовали полностью, 16 (32 %) — приходилось использовать одну урологическую прокладку

в день и только оставшиеся 17 (34 %) пациенток использовали более одной прокладки в день. Количество использованных урологических прокладок сократилось с исходных 2,5 до 1,3 в сутки после окончания ЭКМС, а средний вес прокладок уменьшился с 20 до 15 г. Аналогичные результаты, подтверждающие эффективность ЭКМС у женщин при стрессовом недержании мочи, были получены другими исследователями. По данным А. Ünsal и соавт. [24], спустя год после прохождения курса ЭКМС у 38 % больных отсутствовали признаки стрессового недержания мочи, а еще 41 % пациенток указали на снижение его выраженности. Следует отметить, что эффект сохранялся по крайней мере в течение одного года. По-видимому, лечебное действие ЭКМС при стрессовом недержании мочи связано с увеличением внутриуретрального давления. Так, по данным Т. Yamanishi и соавт. [25], после ЭКМС максимальное внутриуретральное давление увеличивалось на 34 % (с 72,0 до 96,5 см вод. ст.), а максимальное давление закрытия уретры — на 20,9 % (с 68,3 до 82,6 см вод. ст.) [25].

Результаты метаанализа клинических исследований, в которые были включены 232 пациентки со стрессовым недержанием мочи, показали, что после курса ЭКМС снижается частота эпизодов подтекания мочи (в среднем 1,42 в сутки) и количество теряемой мочи (среднее уменьшение веса урологической прокладки 4,99 г). При этом ни у одного из пролеченных больных не зарегистрировано каких-либо осложнений, связанных с применением ЭКМС [26].

### Ургентное недержание мочи

ЭКМС достаточно успешно применяют для лечения пациентов с ургентным недержанием мочи. В пилотном исследовании у пациентов с этой формой недержания Т. Yamanishi и соавт. [25] провели цистометрию до и во время 15-минутного сеанса ЭКМС частотой 10 Гц. Они обнаружили, что после ЭКМС существенно увеличился объем наполнения мочевого пузыря при первом позыве на мочеиспускание и повышение максимальной цистометрической емкости. Эффективность ЭКМС была подтверждена результатами исследования А. Ünsal и соавт. [24]. После окончания курса ЭКМС на прекращение недержания мочи указали 7 (41,2 %) из 17 пролеченных, а еще у 8 (47,1 %) пациентов его выраженность уменьшилась.

Т. Yamanishi и соавт. [27] провели рандомизированное контролируемое исследование влияния ЭКМС частотой 10 Гц и длительностью 25 мин у женщин с ургентным недержанием мочи. Сеансы проводили дважды в неделю в течение 7 нед. В исследовании приняла участие 151 пациентка, 50 женщин были включены в контрольную группу. После курса ЭКМС количество эпизодов ургентного недержания мочи уменьшилось с 2,65 до 1,53 в сутки, средний объем выделяемой при недержании мочи снизился с 14,03 до 4,15 г. В контрольной группе значимых изменений не отмечено [27].

### Смешанная форма недержания мочи

Пациенткам со смешанным недержанием мочи рекомендуют выполнять ЭКМС с сочетанием высокой и низкой частоты. По данным D.D. Chandhi и соавт. [14], такая методика лечения оказалась эффективной у 66,7 % больных, у которых наблюдали уменьшение частоты мочеиспусканий или частоты эпизодов недержания мочи более чем на 50 %. При этом, однако, результаты 24-часового рад-теста до и после лечения существенно не различались.

Р.М. Groenendijk и соавт. [28] использовали разную частоту ЭКМС в зависимости от формы недержания мочи. Для пациентов с ургентным недержанием мочи использовали низкую частоту — 10 Гц в течение 20 мин, у больных со стрессовым недержанием применяли высокую частоту — 50 Гц. При смешанной форме проводили ЭКМС первые 10 мин с частотой 10 Гц и следующие 10 мин с частотой 50 Гц. Успешным лечение признано у 60 % пациентов с ургентным и 66 % у пациентов со стрессовым и смешанным недержанием мочи [28].

### Недержание мочи после радикальной простатэктомии

Т. Yokoyama и соавт. [29] провели сравнительное исследование эффективности ЭКМС и электрической стимуляции мышц таза при лечении пациентов с недержанием мочи после радикальной простатэктомии. Контрольную группу составили пациенты, которые выполняли только упражнения Кегеля. Группа пациентов после ЭКМС или электрической стимуляции добилась более высокого уровня удержания мочи по сравнению с контрольной группой уже спустя 2 мес. Сопоставимые результаты в трех группах были достигнуты лишь спустя 6 мес. после операции.

Более быстрое достижение удержания мочи после радикальной простатэктомии при проведении ЭКМС отметили также М. Nowak и соавт. [30]. В их исследовании 105 пациентов были разделены на две группы. Пациентам экспериментальной группы проводили ЭКМС, пациенты контрольной группы выполняли упражнения Кегеля. После удаления уретрального катетера в раннем послеоперационном периоде полностью удерживали мочу 16,8 % всех пациентов. При проведении ЭКМС удержания мочи спустя 4 нед., 3 и 6 мес. достигли 51, 64 и 82 % пациентов соответственно. Удержание мочи при выполнении упражнений Кегеля в эти сроки отмечено у 44, 50 и 68 % пациентов соответственно. Результаты прокладочного теста через 12 мес. у пациентов после ЭКМС были значительно лучше результатов такового в контрольной группе ( $p = 0,004$ ). Исследователи сделали вывод, что проведение ЭКМС достоверно ускоряет восстановление удержания мочи у больных после радикальной простатэктомии [30].

Эффективность ЭКМС при лечении стрессового недержания мочи у пациентов, перенесших радикальную простатэктомию, подтвердили в своем исследовании Р.Э. Амдий и соавт. [31]. ЭКМС проводили 27 пациентам

в течение 20 мин с частотой 10 и 50 Гц 2–3 раза в неделю, курс лечения составил 12 процедур. По окончании лечения у 3 (11,1 %) пациентов сохранялось недержание мочи, 4 (14,8 %) пациента использовали одну прокладку в день, 20 пациентов (74,1 %) полностью удерживали мочу. Сумма баллов по опроснику ICIQ-SF после окончания лечения уменьшилась с исходных 12,9 до 3,7.

С.А. Anderson и соавт. [32] опубликовали метаанализ результатов исследований, посвященных оценке эффективности тренировки мышц тазового дна, метода биологической обратной связи, электростимуляции, ЭКМС, использования компрессионных устройств, изменения образа жизни при лечении недержания мочи после радикальной простатэктомии. Результаты метаанализа были весьма противоречивы, и авторами был сделан вывод о необходимости проведения дополнительных рандомизированных исследований с оценкой долгосрочных эффектов разных видов терапии.

### **Синдром хронической тазовой боли и хронический простатит**

Эффективность метода ЭКМС показана при лечении синдрома хронической тазовой боли. В исследовании М.Н. Yang и соавт. [4] ЭКМС применяли у мужчин с хронической тазовой болью, у которых стандартная медикаментозная терапия с назначением антибиотиков,  $\alpha$ -адреноблокаторов, нестероидных противовоспалительных и нейротрофических лекарственных средств была безуспешной [4]. 23 пациентам провели 6-недельный курс ЭКМС (3 сеанса в неделю) с использованием частоты 10 и 70 Гц и длительностью процедур по 15 мин. В этом исследовании общая сумма баллов по шкале симптомов хронического простатита Национального института здоровья (NIH-CPSI) после проведения ЭКМС уменьшилась на 36,4 % (с 25,0 до 15,9 балла), сумма баллов по домену боли — на 44,1 % (с 11,8 до 6,6 балла), по домену расстройств мочеиспускания — на 26,1 % (с 4,6 до 3,4 баллов). При этом отмечено улучшение качества жизни больных на 31,4 % (с 8,6 до 5,9 балла). Эффективность лечения повышалась при сочетанном применении ЭКМС и метода биологической обратной связи. Уменьшение болевого синдрома и симптомов нижних мочевыводящих путей сохранялось спустя 6 и 12 мес. после прохождения курса ЭКМС. Следует отметить, что наибольшая эффективность отмечалась в снижении выраженности болевого синдрома [18, 33]. Эффективность комбинированной ЭКМС при лечении пациентов с хронической тазовой болью подтверждена результатами исследования Т.Н. Kim и соавт. [34], которые применяли сочетание низкочастотной стимуляции 10 Гц первые 15 мин и 50 Гц следующие 15 мин.

### **Эректильная дисфункция и преждевременная эякуляция**

ЭКМС достаточно успешно применяют в лечении пациентов с эректильной дисфункцией. При этом магнитная

катушка может быть как встроенной в специальное кресло, так и переносной, которая прикладывается к основанию дорсальной поверхности полового члена. А. Shafik и соавт. [35] для воздействия на кавернозный нерв использовали частоту переменного магнитного поля 20 Гц. Пациенты были разделены на группу лечения и контрольную группу, в которой электромагнитное воздействие не проводили. Ригидность полового члена появлялась у пациентов из группы лечения, в то время как в контрольной группе изменений не было. При повторении фазы воздействия эрекция вновь возникала у пациентов экспериментальной группы, однако отсутствовала в контрольной группе. Полученные данные свидетельствуют об эффективности прямого воздействия переменного магнитного поля на кавернозный и глубокий дорсальный нерв для достижения эрекции.

R.V. Pelka и соавт. [36] применяли частоту воздействия импульсов переменного магнитного поля 18 Гц. Пациенты случайным образом были распределены в группу лечения или контрольную группу (по 10 человек в каждую). По окончании лечебного курса 8 пациентов первой группы (80 %) сообщили об улучшении качества и увеличении длительности эрекции. Остальные 2 пациента сообщили лишь о незначительном улучшении (20 %). В группе плацебо общее улучшение отметили 3 пациента (30 %), у остальных 7 (70 %) человек изменений не было.

Д.Ю. Пушкарь и соавт. [37] предлагают для лечения эректильной дисфункции использовать ЭКМС с частотой 6–8 Гц с промежутками отдыха в течение 3–4 с. Для достижения эффекта требуется 8–10 процедур длительностью 15–20 мин.

ЭКМС применяют и в лечении преждевременной эякуляции [38]. Механизм действия заключается в снижении тонуса центра эякуляции в спинном мозге. При воздействии частоты 20 Гц было отмечено стойкое увеличение интравагинального латентного времени эякуляции, которое напрямую было связано с продолжительностью курса лечения. Результаты такого лечения были сопоставимы с поведенческой и фармакологической терапией.

Многие аспекты влияния ЭКМС на восстановление эректильной функции остаются неясными и требуют проведения дополнительных исследований, в частности, для выбора оптимальных режимов воздействия [31].

### **Гипоактивность мочевого пузыря**

Эффективным методом лечения гипоактивности детрузора является сакральная стимуляция [39]. Механизм действия связывают с нейромодуляцией работы центров мочеиспускания [40]. Пилотное исследование Р.Э. Амдия и соавт. [41] показало возможность применения ЭКМС у пациентов с гипоактивностью детрузора. При применении ЭКМС с такой же частотой, как и при сакральной стимуляции, было выявлено улучшение симптоматики и снижение объема остаточной мочи у 37,5 % пациентов.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

ЭКМС показала свою эффективность в урологической практике при заболеваниях тазовых органов и обладает преимуществом перед многими другими консервативными методами лечения урологических заболеваний, благодаря неинвазивному безболезненному воздействию на глубоко расположенные структуры. Метод прост в применении, имеет минимальное количество противопоказаний, не требует дорогостоящих расходных материалов.

Физиологические эффекты во многом зависят от частоты ЭКМС. Низкие частоты (5–15 Гц) переменного магнитного поля эффективны в лечении ургентного недержания мочи за счет снижения тонуса центров мочеиспускания в крестцовом отделе спинного мозга и эффекта расслабления детрузора и мышц тазового дна. Высокие частоты (50 Гц), воздействуя на двигательные нейроны мышц тазового дна, вызывают их сокращение и тренировку, формируют у пациента правильное понимание алгоритма их сокращения. Один из аспектов механизма действия ЭКМС — нейромодуляция деятельности

нервной системы как следствие возбуждения афферентных нервов органов и мышц тазового дна.

Для определения показаний, селекции пациентов, определения наиболее эффективных режимов воздействия ЭКМС необходима дальнейшая практическая и исследовательская работа.

## ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

**Вклад авторов.** Все авторы подтверждают соответствие своего авторства международным критериям ICMJE (все авторы внесли существенный вклад в разработку концепции, проведение исследования и подготовку статьи, прочли и одобрили финальную версию перед публикацией).

**Конфликт интересов.** Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией настоящей статьи.

**Источник финансирования.** Авторы заявляют об отсутствии внешнего финансирования при проведении исследования.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Rossini P.M., Burke D., Chen R., et al. Non-invasive electrical and magnetic stimulation of the brain, spinal cord, roots and peripheral nerves: Basic principles and procedures for routine clinical and research application. An updated report from an I.F.C.N. Committee // *Clin Neurophysiol.* 2015. Vol. 126, No. 6. P. 1071–1107. DOI: 10.1016/j.clinph.2015.02.001
- Barker A.T., Freeston I.L., Jalinous R., Jarratt J.A. Magnetic stimulation of the human brain and peripheral nervous system // *Neurosurgery.* 1987. Vol. 20, No. 1. P. 100–109. DOI: 10.1097/00006123-198701000-00024
- Аль-Шукри С.Х., Ананий И.А., Амдий Р.Э., Кузьмин И.В. Электростимуляция мышц тазового дна в лечении больных с недержанием мочи после радикальной простатэктомии // *Урологические ведомости.* 2016. Т. 6, № 4. С. 10–13. DOI: 10.17816/uroved6410-13
- Yang M.H., Huang Y.H., Lai Y.F., et al. Comparing electromagnetic stimulation with electrostimulation plus biofeedback in treating male refractory chronic pelvic pain syndrome // *Urol Sci.* 2017. Vol. 28, No. 3. P. 156–161. DOI: 10.1016/j.urols.2017.03.006
- Zerman D.H., Ishigooka M., Doggweiler R., Schmidt R.A. Neurourological insights into the etiology of genitourinary pain in men // *J Urol.* 1999. Vol. 161, No. 3. P. 903–908. DOI: 10.1016/S0022-5347(01)61802-0
- Hetrick D.C., Ciol M.A., Rothman I., et al. Musculoskeletal Dysfunction in Men with Chronic Pelvic Pain Syndrome Type III: A Case-control Study // *J Urol.* 2003. Vol. 170, No. 3. P. 828–831. DOI: 10.1097/01.ju.0000080513.13968.56
- Pontari M.A., Ruggieri M.R. Mechanisms in Prostatitis / Chronic Pelvic Pain Syndrome // *J Urol.* 2008. Vol. 179, No. 5S. P. S61–S67. DOI: 10.1016/j.juro.2008.03.139
- Chang P.C., Wu C.T., Huang S.T., et al. Extracorporeal magnetic innervation increases functional bladder capacity and quality of life in patients with urinary incontinence after robotic-assisted radical prostatectomy // *Urol Sci.* 2015. Vol. 26, No. 4. P. 250–253. DOI: 10.1016/j.urols.2015.06.286
- Khedr E.M., Elbeh K.A., Baky A.A., et al. A double-blind randomized clinical trial on the efficacy of magnetic sacral root stimulation for the

treatment of Monosymptomatic Nocturnal Enuresis // *Restor Neurol Neurosci.* 2015. Vol. 33, No. 4. P. 435–445. DOI: 10.3233/RNN-150507

10. Fall M., Lindström S. Functional electrical stimulation: Physiological basis and clinical principles // *Int Urogynecology J.* 1994. Vol. 5, No. 5. P. 296–304. DOI: 10.1007/BF00376246

11. Koh J.S., Kim S.J., Kim H.S., Kim J.C. Comparison of alpha-blocker, extracorporeal magnetic stimulation alone and in combination in the management of female bladder outlet obstruction // *Int Urogynecology J.* 2011. Vol. 22, No. 7. P. 849–854. DOI: 10.1007/s00192-010-1322-y

12. Shaker H., Wang Y., Loung D., et al. Role of C-afferent fibres in the mechanism of action of sacral nerve root neuromodulation in chronic spinal cord injury // *BJU Int.* 2001. Vol. 85, No. 7. P. 905–910. DOI: 10.1046/j.1464-410x.2000.00559.x

13. Lindström S., Fall M., Carlsson C.A., Erlandson B.E. The Neurophysiological Basis of Bladder Inhibition in Response to Intravaginal Electrical Stimulation // *J Urol.* 1983. Vol. 129, No. 2. P. 405–410. DOI: 10.1016/S0022-5347(17)52127-8

14. Chandi D.D., Groenendijk P.M., Venema P.L. Functional extracorporeal magnetic stimulation as a treatment for female urinary incontinence: the chair // *BJU Int.* 2004. Vol. 93, No. 4. P. 439–442. DOI: 10.1111/j.1464-410x.2003.04659.x

15. Yamanishi T., Suzuki T., Sato R., et al. Effects of magnetic stimulation on urodynamic stress incontinence refractory to pelvic floor muscle training in a randomized sham-controlled study. LUTS // *Low Urin Tract Symptoms.* 2019. Vol. 11, No. 1. P. 61–65. DOI: 10.1111/luts.12197

16. Gilling P.J., Wilson L.C., Westenberg A.M., et al. A double-blind randomized controlled trial of electromagnetic stimulation of the pelvic floor vs sham therapy in the treatment of women with stress urinary incontinence // *BJU Int.* 2009. Vol. 103, No. 10. P. 1386–1390. DOI: 10.1111/j.1464-410x.2008.08329.x

17. Weber-Rajek M., Radzimińska A., Strączyńska A., et al. A randomized-controlled trial pilot study examining the effect of extracorporeal magnetic innervation in the treatment of stress urinary incon-

tinence in women // *Clin Interv Aging*. 2018. Vol. 13. P. 2473–2480. DOI: 10.2147/CIAS176588

18. Rowe E., Smith C., Laverick L., et al. A prospective, randomized, placebo controlled, double-blind study of pelvic electromagnetic therapy for the treatment of chronic pelvic pain syndrome with 1 year of followup // *J Urol*. 2005. Vol. 173, No. 6. P. 2044–2047. DOI: 10.1097/01.ju.0000158445.68149.38

19. Bakar Y., Özdemir Ö.C., Özengin N., Duran B. The use of extracorporeal magnetic innervation for the treatment of stress urinary incontinence in older women: a pilot study // *Arch Gynecol Obstet*. 2011. Vol. 284, No. 5. P. 1163–1168. DOI: 10.1007/s00404-010-1814-5

20. Weber-Rajek M., Strączyńska A., Strojek K., et al. Assessment of the Effectiveness of Pelvic Floor Muscle Training (PFMT) and Extracorporeal Magnetic Innervation (ExMI) in Treatment of Stress Urinary Incontinence in Women: A Randomized Controlled Trial // *BioMed Res Int*. 2020. Vol. 2020. P. 1019872. DOI: 10.1155/2020/1019872

21. Chen S.Y., Lin F.S., Shen K.H., et al. Non-invasive therapeutics in female urinary incontinence by extracorporeal magnetic innervation (ExMI) // *Hu Li Za Zhi*. 2005. Vol. 52, No. 3. P. 53–58.

22. Кротова Н.О., Кузьмин И.В., Улитко Т.В. Метод биологической обратной связи в лечении и реабилитации женщин с недержанием мочи // *Вестник восстановительной медицины*. 2020. № 6. С. 57–65. DOI: 10.38025/2078-1962-2020-100-6-57-65

23. Galloway N.T., El-Galley R.E., Sand P.K., et al. Update on extracorporeal magnetic innervation (ExMI) therapy for stress urinary incontinence // *Urology*. 2000. Vol. 56, No. 6. P. 82–86. DOI: 10.1016/S0090-4295(00)00686-5

24. Ünsal A., Saglam R., Cimentepe E. Extracorporeal magnetic stimulation for the treatment of stress and urge incontinence in women-Results of 1-year follow-up // *Scand J Urol Nephrol*. 2003. Vol. 37, No. 5. P. 424–428. DOI: 10.1080/00365590310021258

25. Yamanishi T., Yasuda K., Suda S., et al. Effect of functional continuous magnetic stimulation for urinary incontinence // *J Urol*. 2000. Vol. 163, No. 2. P. 456–459. DOI: 10.1016/S0022-5347(05)67899-8

26. Peng L., Zeng X., Shen H., Luo D. Magnetic stimulation for female patients with stress urinary incontinence, a meta-analysis of studies with short-term follow-up // *Medicine (Baltimore)*. 2019. Vol. 98, No. 19. P. e15572. DOI: 10.1097/MD.00000000000015572

27. Yamanishi T., Homma Y., Nishizawa O., et al. Multicenter, randomized, sham-controlled study on the efficacy of magnetic stimulation for women with urgency urinary incontinence // *Int J Urol*. 2014. Vol. 21, No. 4. P. 395–400. DOI: 10.1111/iju.12289

28. Groenendijk P.M., Halilovic M., Chandi D.D., et al. Extracorporeal magnetic innervation therapy: Assessment of clinical efficacy in relation to urodynamic parameters // *Scand J Urol Nephrol*. 2008. Vol. 42, No. 5. P. 433–436. DOI: 10.1080/00365590802022177

29. Yokoyama T., Nishiguchi J., Watanabe T., et al. Comparative study of effects of extracorporeal magnetic innervation versus electrical stimulation for urinary incontinence after radical prostatectomy // *Urology*. 2004. Vol. 63, No. 2. P. 264–267. DOI: 10.1016/j.urol.2003.09.024

30. Nowak M., Jordan M., Habert S., et al. Prospective study of extracorporeal magnetic innervation pelvic floor therapy (ExMI) versus standard pelvic floor training following radical prostatectomy: impact on timing and magnitude of recovery of continence // *Eur Urol Suppl*. 2007. Vol. 6, No. 2. P. 143. DOI: 10.1016/S1569-9056(07)60480-1

31. Амдий П.Э., Аль-Шукри С.Х., Кузьмин И.В., и др. Терапия недержания мочи после радикальной простатэктомии экстракорпоральной магнитной стимуляцией мышц тазового дна / *Мат-лы 5-й Научно-практической конференции урологов Северо-Западного федерального округа РФ; 18–19 апреля 2019 г.; Санкт-Петербург // Урологические ведомости*. 2019. Т. 9, № 1S. С. 13–14.

32. Anderson C.A., Omar M.I., Campbell S.E. Conservative management for postprostatectomy urinary incontinence // *Cochrane Database Syst Rev*. 2015. No. 1. P. CD001843. DOI: 10.1002/14651858.CD001843.pub5

33. Probert K.J., Litwin M.S., Wang Y., et al. Responsiveness of the National Institutes of Health Chronic Prostatitis Symptom Index (NIH-CPSI) // *Qual Life Res*. 2006. Vol. 15, No. 2. P. 299–305. DOI: 10.1007/s11136-005-1317-1

34. Kim T.H., Han D.H., Cho W.J., et al. The efficacy of extracorporeal magnetic stimulation for treatment of chronic prostatitis / chronic pelvic pain syndrome patients who do not respond to pharmacotherapy // *Urology*. 2013. Vol. 82, No. 4. P. 894–898. DOI: 10.1016/j.urol.2013.06.032

35. Shafik A., el-Sibai O., Shafik A.A. Magnetic stimulation of the cavernous nerve for the treatment of erectile dysfunction in humans // *Int J Impot Res*. 2000. Vol. 12, No. 3. P. 137–141. DOI: 10.1038/sj.ijir.3900521

36. Pelka R.B., Jaenicke C., Gruenwald J. Impulse magnetic-field therapy for erectile dysfunction: A double-blind, placebo-controlled study // *Adv Ther*. 2002. Vol. 19, No. 1. P. 53–60. DOI: 10.1007/BF02850018

37. Пушкарь Д.Ю., Куликова А.Г., Касян Г.Р. Экстракорпоральная магнитная стимуляция нервно-мышечного аппарата тазового дна в урологической практике: учебное пособие. Москва, 2017. 43 с.

38. Morales A., Black A., Clark-Pereira J., Emerson L. A novel approach to premature ejaculation: extracorporeal functional magnetic stimulation // *Can J Urol*. 2009. Vol. 16, No. 1. P. 4458–4462.

39. Ginsberg D., Boone T., Cameron A., et al. AUA/SUFU Guideline on Adult Neurogenic Lower Urinary Tract Dysfunction: Diagnosis and Evaluation // *J Urol*. 2021. Vol. 206, No. 5. P. 1097–1105. DOI: 10.1097/JU.0000000000002235

40. Blok B.F. Sacral neuromodulation for the treatment of urinary bladder dysfunction: mechanism of action and future directions // *Bioelectromed*. 2018. Vol. 1, No. 1. P. 85–94. DOI: 10.2217/bem-2017-0003

41. Амдий П.Э., Аль-Шукри С.Х., Кузьмин И.В. Экстракорпоральная магнитная стимуляция в лечении гипоактивности детрузора / *Мат-лы 5-й Научно-практической конференции урологов Северо-Западного федерального округа РФ; 18–19 апреля 2019 г.; Санкт-Петербург // Урологические ведомости*. 2019. Т. 9, № 1S. С. 14–15.

## REFERENCES

1. Rossini PM, Burke D, Chen R, et al. Non-invasive electrical and magnetic stimulation of the brain, spinal cord, roots and peripheral nerves: Basic principles and procedures for routine clinical and research application. An updated report from an I.F.C.N. Committee. *Clin Neurophysiol*. 2015;126(6):1071–1107. DOI: 10.1016/j.clinph.2015.02.001

2. Barker AT, Freeston IL, Jalinous R, Jarratt JA. Magnetic stimulation of the human brain and peripheral nervous system. *Neurosurgery*. 1987;20(1):100–109. DOI: 10.1097/00006123-198701000-00024

3. Al-Shukri SK, Ananiy IA, Amdiy RE, Kuzmin IV. Electrical stimulation of the pelvic floor in the treatment of patients with urinary

- incontinence after radical prostatectomy. *Urologicheskie vedomosti*. 2016;6(4):10–13. DOI: 10.17816/uroved6410-13
4. Yang MH, Huang YH, Lai YF, et al. Comparing electromagnetic stimulation with electrostimulation plus biofeedback in treating male refractory chronic pelvic pain syndrome. *Urol Sci*. 2017;28(3):156–161. DOI: 10.1016/j.urols.2017.03.006
  5. Zerman DH, Ishigooka M, Doggweiler R, Schmidt RA. Neurourological insights into the etiology of genitourinary pain in men. *J Urol*. 1999;161(3):903–908. DOI: 10.1016/S0022-5347(01)61802-0
  6. Hetrick DC, Ciol MA, Rothman I, et al. Musculoskeletal Dysfunction in Men with Chronic Pelvic Pain Syndrome Type III: A Case-control Study. *J Urol*. 2003;170(3):828–831. DOI: 10.1097/01.ju.0000080513.13968.56
  7. Pontari MA, Ruggieri MR. Mechanisms in prostatitis / chronic pelvic pain syndrome. *J Urol*. 2008;179(5S): S61–S67. DOI: 10.1016/j.juro.2008.03.139
  8. Chang PC, Wu CT, Huang ST, et al. Extracorporeal magnetic innervation increases functional bladder capacity and quality of life in patients with urinary incontinence after robotic-assisted radical prostatectomy. *Urol Sci*. 2015;26(4):250–253. DOI: 10.1016/j.urols.2015.06.286
  9. Khedr EM, Elbeh KA, Baky AA, et al. A double-blind randomized clinical trial on the efficacy of magnetic sacral root stimulation for the treatment of Monosymptomatic Nocturnal Enuresis. *Restor Neurol Neurosci*. 2015;33(4):435–445. DOI: 10.3233/RNN-150507
  10. Fall M, Lindström S. Functional electrical stimulation: Physiological basis and clinical principles. *Int Urogynecology J*. 1994;5(5):296–304. DOI: 10.1007/BF00376246
  11. Koh JS, Kim SJ, Kim HS, Kim JC. Comparison of alpha-blocker, extracorporeal magnetic stimulation alone and in combination in the management of female bladder outlet obstruction. *Int Urogynecology J*. 2011;22(7):849–854. DOI: 10.1007/s00192-010-1322-y
  12. Shaker H, Wang Y, Loung D, et al. Role of C-afferent fibres in the mechanism of action of sacral nerve root neuromodulation in chronic spinal cord injury. *BJU Int*. 2001;85(7):905–910. DOI: 10.1046/j.1464-410x.2000.00559.x
  13. Lindström S, Fall M, Carlsson CA, Erlandson BE. The Neurophysiological Basis of Bladder Inhibition in Response to Intra-vaginal Electrical Stimulation. *J Urol*. 1983;129(2):405–410. DOI: 10.1016/S0022-5347(17)52127-8
  14. Chandi DD, Groenendijk PM, Venema PL. Functional extracorporeal magnetic stimulation as a treatment for female urinary incontinence: the chair. *BJU Int*. 2004;93(4):439–442. DOI: 10.1111/j.1464-410x.2003.04659.x
  15. Yamanishi T, Suzuki T, Sato R, et al. Effects of magnetic stimulation on urodynamic stress incontinence refractory to pelvic floor muscle training in a randomized sham-controlled study. *LUTS Low Urin Tract Symptoms*. 2019;11(1):61–65. DOI: 10.1111/luts.12197
  16. Gillling PJ, Wilson LC, Westenberg AM, et al. A double-blind randomized controlled trial of electromagnetic stimulation of the pelvic floor vs sham therapy in the treatment of women with stress urinary incontinence. *BJU Int*. 2009;103(10):1386–1390. DOI: 10.1111/j.1464-410x.2008.08329.x
  17. Weber-Rajek M, Radzimińska A, Strączyńska A, et al. A randomized-controlled trial pilot study examining the effect of extracorporeal magnetic innervation in the treatment of stress urinary incontinence in women. *Clin Interv Aging*. 2018;13:2473–2480. DOI: 10.2147/CIA.S176588
  18. Rowe E, Smith C, Laverick L, et al. A prospective, randomized, placebo controlled, double-blind study of pelvic electromagnetic therapy for the treatment of chronic pelvic pain syndrome with 1 year of followup. *J Urol*. 2005;173(6):2044–2047. DOI: 10.1097/01.ju.0000158445.68149.38
  19. Bakar Y, Özdemir ÖC, Özençin N, Duran B. The use of extracorporeal magnetic innervation for the treatment of stress urinary incontinence in older women: a pilot study. *Arch Gynecol Obstet*. 2011;284(5):1163–1168. DOI: 10.1007/s00404-010-1814-5
  20. Weber-Rajek M, Strączyńska A, Strojek K, et al. Assessment of the Effectiveness of Pelvic Floor Muscle Training (PFMT) and Extracorporeal Magnetic Innervation (ExMI) in Treatment of Stress Urinary Incontinence in Women: A Randomized Controlled Trial. *BioMed Res Int*. 2020;2020:1019872. DOI: 10.1155/2020/1019872
  21. Chen SY, Lin FS, Shen KH, et al. Non-invasive therapeutics in female urinary incontinence by extracorporeal magnetic innervation (ExMI). *Hu Li Za Zhi*. 2005;52(3):53–58.
  22. Krotova NO, Kuzmin IV, Ulitko TV. Biofeedback in treatment and rehabilitation of urinary incontinence in women. *Bulletin of Rehabilitation Medicine*. 2020;(6):57–65. DOI: 10.38025/2078-1962-2020-100-6-57-65
  23. Galloway NT, El-Galley RE, Sand PK, et al. Update on extracorporeal magnetic innervation (ExMI) therapy for stress urinary incontinence. *Urology*. 2000;56(6):82–86. DOI: 10.1016/S0090-4295(00)00686-5
  24. Ünsal A, Saglam R, Cimentepe E. Extracorporeal magnetic stimulation for the treatment of stress and urge incontinence in women. Results of 1-year follow-up. *Scand J Urol Nephrol*. 2003;37(5):424–428. DOI: 10.1080/00365590310021258
  25. Yamanishi T, Yasuda K, Suda S, et al. Effect of functional continuous magnetic stimulation for urinary incontinence. *J Urol*. 2000;163(2):456–459. DOI: 10.1016/S0022-5347(05)67899-8
  26. Peng L, Zeng X, Shen H, Luo D. Magnetic stimulation for female patients with stress urinary incontinence, a meta-analysis of studies with short-term follow-up. *Medicine (Baltimore)*. 2019;98(19):e15572. DOI: 10.1097/MD.00000000000015572
  27. Yamanishi T, Homma Y, Nishizawa O, et al. Multicenter, randomized, sham-controlled study on the efficacy of magnetic stimulation for women with urgency urinary incontinence. *Int J Urol*. 2014;21(4):395–400. DOI: 10.1111/iju.12289
  28. Groenendijk PM, Halilovic M, Chandi DD, et al. Extracorporeal magnetic innervation therapy: Assessment of clinical efficacy in relation to urodynamic parameters. *Scand J Urol Nephrol*. 2008;42(5):433–436. DOI: 10.1080/00365590802022177
  29. Yokoyama T, Nishiguchi J, Watanabe T, et al. Comparative study of effects of extracorporeal magnetic innervation versus electrical stimulation for urinary incontinence after radical prostatectomy. *Urology*. 2004;63(2):264–267. DOI: 10.1016/j.urology.2003.09.024
  30. Nowak M, Jordan M, Haberl S, et al. Prospective study of extracorporeal magnetic innervation pelvic floor therapy (ExMI) versus standard pelvic floor training following radical prostatectomy: impact on timing and magnitude of recovery of continence. *Eur Urol Suppl*. 2007;6(2):143. DOI: 10.1016/S1569-9056(07)60480-1
  31. Amdiy RE, Al-Shukri SKh, Kuzmin IV, et al. Terapija nederzhanija mochi posle radikal'noj prostatjektomii jekstrakorporal'noj magnitnoj stimulacijej myshc tazovogo dna. Proceedings of the 5<sup>th</sup> science conferences of urologists of the Northwestern Federal District of the Russian Federation; 2019 Apr 18–19; Saint Petersburg. *Urologicheskie vedomosti*. 2019;9(1S):13–14. (In Russ.)
  32. Anderson CA, Omar MI, Campbell SE, et al. Conservative management for postprostatectomy urinary incontinence. *Cochrane Database Syst Rev*. 2015;(1):CD001843. DOI: 10.1002/14651858.CD001843.pub5

33. ProPERT KJ, Litwin MS, Wang Y, et al. Responsiveness of the National Institutes of Health Chronic Prostatitis Symptom Index (NIH-CPSI). *Qual Life Res.* 2006;15(2):299–305. DOI: 10.1007/s11136-005-1317-1
34. Kim TH, Han DH, Cho WJ, et al. The efficacy of extracorporeal magnetic stimulation for treatment of chronic prostatitis / chronic pelvic pain syndrome patients who do not respond to pharmacotherapy. *Urology.* 2013;82(4):894–898. DOI: 10.1016/j.urology.2013.06.032
35. Shafik A, el-Sibai O, Shafik AA. Magnetic stimulation of the cavernous nerve for the treatment of erectile dysfunction in humans. *Int J Impot Res.* 2000;12(3):137–141. DOI: 10.1038/sj.ijir.3900521
36. Pelka RB, Jaenicke C, Gruenwald J. Impulse magnetic-field therapy for erectile dysfunction: A double-blind, placebo-controlled study. *Adv Ther.* 2002;19(1):53–60. DOI: 10.1007/BF02850018
37. Pushkar' DJu, Kulikova AG, Kasjan GR. Ehkstrakorporal'naya magnitnaya stimulyatsiya nervno-myshechnogo apparata tazovogo dna v urologicheskoi praktike: uchebnoe posobie. Moscow; 2017. 43 p. (In Russ.)
38. Morales A, Black A, Clark-Pereira J, Emerson L. A novel approach to premature ejaculation: extracorporeal functional magnetic stimulation. *Can J Urol.* 2009;16(1):4458–4462.
39. Ginsberg D, Boone T, Cameron A, et al. AUA/SUFU Guideline on Adult Neurogenic Lower Urinary Tract Dysfunction: Diagnosis and Evaluation. *J Urol.* 2021;206(5):1097–1105. DOI: 10.1097/JU.0000000000002235
40. Blok BF. Sacral neuromodulation for the treatment of urinary bladder dysfunction: mechanism of action and future directions. *Bioelectron Med.* 2018;1(1):85–94. DOI: 10.2217/bem-2017-0003
41. Amdiy RE, Al-Shukri SKh, Kuzmin IV, et al. Ehkstrakorporal'naya magnitnaya stimulyatsiya v lechenii gipoaktivnosti detruzora. Proceedings of the 5<sup>th</sup> Science Conferences of Urologists of the North-western Federal District of the Russian Federation; 2019 Apr 18–19; Saint Petersburg. *Urologicheskie vedomosti.* 2019;9(1S):14–15. (In Russ)

## ОБ АВТОРАХ

**\*Рефат Эльдарович Амдий**, д-р мед. наук, профессор кафедры урологии; адрес: Россия, 197022, Санкт-Петербург, ул. Льва Толстого, д. 6–8; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1305-5791>; eLibrary SPIN: 2399-7041; Scopus: 6506347944; e-mail: r.e.amdiy@mail.ru

**Сальман Хасунович Аль-Шукри**, д-р мед. наук, профессор, заведующий кафедрой урологии; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4857-0542>; eLibrary SPIN: 2041-8837; Scopus: 6506423220; e-mail: alshukri@mail.ru

**Игорь Валентинович Кузьмин**, д-р мед. наук, профессор кафедры урологии; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7724-7832>; eLibrary SPIN: 2684-4070; Scopus: 56878681300; e-mail: kuzminigor@mail.ru

**Владимир Александрович Makeев**, студент; e-mail: dr.makeev2016@mail.ru

**Петр Викторович Созданов**, старший лаборант кафедры урологии; e-mail: petr.sozdanov@mail.ru

\* Автор, ответственный за переписку / Corresponding author

## AUTHORS' INFO

**\*Refat E. Amdiy**, Dr. Sci. (Med.), Professor of the Department of Urology; address: 6–8, Lva Tolstogo st., Saint Petersburg, 197022, Russia; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1305-5791>; eLibrary SPIN: 2399-7041; Scopus: 6506347944; e-mail: r.e.amdiy@mail.ru

**Salman Kh. Al-Shukri**, Dr. Sci. (Med.), Professor, Head of the Department of Urology; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4857-0542>; eLibrary SPIN: 2041-8837; Scopus: 6506423220; e-mail: alshukri@mail.ru

**Igor V. Kuzmin**, Dr. Sci. (Med.), Professor of the Department of Urology; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7724-7832>; eLibrary SPIN: 2684-4070; Scopus: 56878681300; e-mail: kuzminigor@mail.ru

**Vladimir A. Makeev**, Student; e-mail: dr.makeev2016@mail.ru

**Petr V. Sozdanov**, Senior Laboratory Assistant; e-mail: petr.sozdanov@mail.ru