

<https://doi.org/10.29188/2222-8543-2021-14-2-124-131>

# Мониторинг наполнения мочевого пузыря у пациентов с нейрогенными нарушениями мочеиспускания: роль носимых аппаратно-программных комплексов

ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

**Д.М. Монаков<sup>1</sup>, А.И. Шадёркина<sup>2</sup>, И.А. Шадёркин<sup>3</sup>**

<sup>1</sup> ГБУЗ «Городская клиническая больница имени С.П. Боткина» Департамента здравоохранения города Москвы; д.5, 2-й Боткинский пр-д, Москва, 125284, Россия

<sup>2</sup> ФГАОУ ВО «Первый МГМУ им. И.М. Сеченова» (Сеченовский Университет) Минздрава России; д.2, ст.4, ул. Большая Пироговская, Москва, 119991, Россия

<sup>3</sup> Институт цифровой медицины ФГАОУ ВО «Первый МГМУ им. И.М. Сеченова» (Сеченовский Университет) Минздрава России; д.1, стр.2, Абрикосовский пер., Москва, 119435, Россия

**Контакт:** Монаков Дмитрий Михайлович, [gvkg-monakov@mail.ru](mailto:gvkg-monakov@mail.ru)

## Аннотация:

**Введение.** Использование носимых аппаратно-программных комплексов для контроля наполнения мочевого пузыря считается одной из наиболее важных технологий дистанционного мониторинга у пациентов с нейрогенными нарушениями мочеиспускания.

**Материалы и методы.** Проведен поиск, анализ и систематизация литературы по базам PubMed, e-library и Google Scholar по ключевым словам «нейрогенные нарушения мочеиспускания», «neurogenic bladder», «ультразвуковая диагностика», «ultrasound examination», «мониторинг», «monitoring» – всего 211 источников, из которых для написания статьи были отобраны 46. Из анализа были исключены диссертации и их авторефераты, а также тезисы конференций.

**Результаты.** Ультразвуковой мониторинг и биоимпедансометрия или их сочетание, позволяет проводить неинвазивную оценку объема мочевого пузыря, а использование современных технологий, таких как беспроводные связи и приложения на смартфонах, позволяет пациенту максимально индивидуализировать ритм опорожнения мочевого пузыря. Осложняющими моментами в использовании данных технологий являются консерватизм врачей, комплаентность пациентов, отсутствие методических разработок и рекомендаций по использованию данных технологий мониторинга.

**Обсуждение.** Применение мониторинга наполнения мочевого пузыря позволяет избежать ненужных его катетеризаций и таким образом снизить риск возникновения катетер-ассоциированных инфекций мочевыводящих путей, а также способствует формированию у ребенка с энурезом рефлекса пробуждения при появлении позывов на микцию. Данные технологий в настоящее время относятся к экспериментальным. Требуются дополнительные исследования для внедрения их в повседневную клиническую практику.

**Выводы.** Использование носимых аппаратно-программных комплексов для мониторинга наполнения мочевого пузыря и специальных приложений в смартфонах у пациентов с нейрогенными нарушениями мочеиспускания – важный шаг в поиске решений для каждого конкретного пациента. Необходимо проведение клинических исследований мониторинга в рутинной урологической практике.

**Ключевые слова:** дистанционный ультразвуковой мониторинг; домашний ультразвуковой мониторинг; нейрогенные нарушения мочеиспускания.

**Для цитирования:** Монаков Д.М., Шадёркина А.И., Шадёркин И.А. Мониторинг наполнения мочевого пузыря у пациентов с нейрогенными нарушениями мочеиспускания: роль носимых аппаратно-программных комплексов. Экспериментальная и клиническая урология 2021;14(2):124-131; <https://doi.org/10.29188/2222-8543-2021-14-2-124-131>

<https://doi.org/10.29188/2222-8543-2021-14-2-124-131>

# Monitoring bladder filling in patients with neurogenic urination disorders: the role of wearable hardware and software systems

LITERATURE REVIEW

**D.M. Monakov<sup>1</sup>, A.I. Shaderkina<sup>2</sup>, I.A. Shaderkin<sup>3</sup>**

<sup>1</sup> Clinical hospital named after S. P. Botkin; 5, 2nd Botkinsky pr, Moscow, 125284, Russia

<sup>2</sup> First Moscow Medical University named after I. M. Sechenov; 2, st., 4, st. Bolshaya Pirogovskaya, Moscow, 119991, Russia

<sup>3</sup> Institute of Digital Medicine of First Moscow Medical University named after I. M. Sechenov; 1, bldg. 2, Abrikosovskiy per., Moscow, 119435, Russia

**Contacts:** Dmitry M. Monakov, [gvkg-monakov@mail.ru](mailto:gvkg-monakov@mail.ru)

## Summary:

**Introduction.** The use of wearable hardware and software systems to control bladder filling is considered one of the most important technologies for remote monitoring in patients with neurogenic urinary disorders.

**Materials and methods.** A search, analysis and systematization of literature was carried out in the PubMed, e-library and Google Scholar databases using the keywords «neurogenic urination disorders», «neurogenic bladder», «ultrasound diagnostics», «ultrasound examination», «monitoring», «monitoring» – total 211 sources, from which 46 were selected for writing the article. Theses and their abstracts, as well as conference abstracts were excluded from the analysis.

**Results.** *Ultrasound monitoring and bioimpedansometry, or a combination of both, allows for a non-invasive assessment of bladder volume, and the use of modern technologies, such as wireless communications and smartphone applications, allows the patient to maximize the individualization of the bladder emptying rhythm. Complicating moments in the use of these technologies are the conservatism of doctors, patient compliance, the lack of methodological developments and recommendations for the use of these monitoring technologies.*

**Discussion.** *The monitoring of bladder filling allows to avoid unnecessary catheterizations reducing the risk of urinary tract infections. Also it allows forming a wake-up reflex in a child with enuresis when he or she feels an urge to urinate. These technologies are currently considered experimental. Additional research is required before introducing them into clinical practice.*

**Conclusions.** *The use of wearable hardware and software systems for monitoring bladder filling and special applications in smartphones in patients with neurogenic urinary disorders is an important step in finding solutions for each individual patient. Clinical monitoring studies are needed in routine urological practice.*

**Key words:** *remote ultrasound monitoring; home ultrasound monitoring; neurogenic urination disorders.*

**For citation:** *Monakov D.M., Shaderkina A.I., Shaderkin I.A. Monitoring bladder filling in patients with neurogenic urination disorders: the role of wearable hardware and software systems. Experimental and Clinical Urology, 2021;14(2):124-131; <https://doi.org/10.29188/2222-8543-2021-14-2-124-131>*

## ВВЕДЕНИЕ

Коррекция нарушений мочеиспускания, которые могут наблюдаться у 10-90% неврологических больных, несмотря на достижения современной медицины, остается неразрешенной проблемой [1].

Клинические проявления этих нарушений разнообразны. Они включают гиперактивность или сниженную активность детрузора, детрузорно-сфинктерную диссинергию, нарушение произвольного расслабления наружного сфинктера уретры (псевдодиссинергия), гиперсенсорную форму детрузорной гиперактивности и стрессовое недержание мочи. Тип нарушения мочеиспускания определяются характером и степенью выраженности лежащей в его основе неврологической патологии [2].

При поражении супрапонтинных центров регуляции мочеиспускания у пациентов преобладают симптомы накопления. При локализации патологического процесса в супрасакральном отделе спинного мозга отмечаются гиперактивность мочевого пузыря и сфинктерного аппарата, что клинически может проявляться как симптомами накопления, так и опорожнения. При повреждении сакрального центра мочеиспускания у пациентов диагностируется гипоактивность мочевого пузыря при сниженной или нормальной активности сфинктера [3].

Следует отметить, что симптомы накопления в большей степени влияют на качество жизни пациента, а их возникновение побуждает пациента и его лечащего врача к проведению диагностических процедур и медицинских вмешательств, направленных на их коррекцию. В тоже время, симптомы опорожнения, в силу нарушения у этих пациентов ощущения наполнения мочевого пузыря, часто диагностируются после присоединения инфекционно-воспалительных осложнений или нарушения функции почек.

Это приводит к острой необходимости ультразвукового мониторинга опорожнения мочевого пузыря у пациентов нейрогенными нарушениями мочеиспускания, что затруднительно в амбулаторных условиях при учете низкой мобильности таких пациентов.

Один из способов разрешения этой проблемы – использование носимых аппаратно-программных комплексов для мониторинга наполнения мочевого пузыря. Однако настоящее время количество исследований, посвященных их роли в медицинской реабилитации пациентов с нейрогенными нарушениями мочеиспускания, недостаточно, что побудило нас к подготовке настоящего литературного обзора.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Проведен поиск, анализ и систематизация литературы по базам PubMed, e-library и Google Scholar по ключевым словам «нейрогенные нарушения мочеиспускания», «neurogenic bladder», «ультразвуковая диагностика», «ultrasound examination», «мониторинг», «monitoring» – всего 211 источников, из которых для написания статьи были отобраны 46. Из анализа были исключены диссертации и их авторефераты, а также тезисы конференций.

## РЕЗУЛЬТАТЫ

На первом этапе исследования нами определены группы пациентов, у которых могут развиваться нейрогенные нарушения мочеиспускания, в том числе, оценена частота симптомов опорожнения, то есть тех из них, кому целесообразно проведение ультразвукового мониторинга наполнения мочевого пузыря.

### *Позвоночно-спинальная травма*

Последствия позвоночно-спинальной травмы относятся к наиболее частым патологическим состояниям, которые приводят к развитию нейрогенных нарушений мочеиспускания.

По данным M. Fitzharris и соавт. в 2007 г. частота травматических повреждений спинного мозга в мире составила 23 на 1 000 000 (179,312 случаев в год) [4], а в 2015 году, по данным S.B. Jazayeri и соавт., этот показатель варьировал от 3,6 до 195, 4 на 1 000 000 [4-5].

Клинические проявления нейрогенных нарушений мочеиспускания у пациентов, перенесших травму

позвоночника и спинного мозга, вариабельны, а их диагностика и лечение требует индивидуального и мультидисциплинарного подхода [6].

#### *Дегенеративно-дистрофические и воспалительные заболевания позвоночника*

Другая группа патологических состояний, приводящих к развитию нейрогенных нарушений мочеиспускания, – заболевания позвоночника. Их характер и степень выраженности определяются уровнем поражения.

В.Б. Бердичевский и соавт. при обследовании 157 пациентов (72 мужчин и 85 женщин) с дегенеративно-дистрофическими заболеваниями позвоночника выявил гиперактивность мочевого пузыря у 21,4%, а гипоактивность детрузора – у 8,5% из них [7].

А.И. Горбунов и соавт. обнаружил гипоактивность детрузора у 50% пациентов со спондилитом, у 13,1% – детрузорно-сфинктерную диссинергию [8].

А.Н. Муравьев и соавт. обследовав 78 пациентов с туберкулезным спондилитом, диагностировал нарушения мочеиспускания у каждого второго пациента [9].

#### *ОНМК, болезнь Паркинсона*

Урологические осложнения встречаются у 24-87% пациентов с ОНМК. При этом у 44% их них отмечаются симптомы накопления, у 23% – опорожнения, а 14% наблюдается смешанная симптоматика. Наличие более 150 мл остаточной мочи в 1-е сутки после ОНМК выявляется у 36% больных, на 90-й день – у 19%. Наличие остаточной мочи относится к неблагоприятным прогностическим факторам, которые повышают риск смерти пациентов в течение 90 суток после ОНМК на 16-22%. ИМП составляют до 40% госпитальных инфекций. 80% из них – катетер-ассоциированные. ДЭП – изменение ощущения позывов на микцию (пациент не может четко дифференцировать позыв на микцию), что сопровождается прогрессированием СНМП. Рассеянный склероз – нарушения мочеиспускания до 24-96%. [10].

Возникновение гиперактивности мочевого пузыря после ОНМК обусловлено ишемическим повреждением корковых, подкорковых и стволовых центров мочеиспускания, в том числе ядра Баррингтона, которое участвует в различных адаптационных процессах. Нарушение ассоциативных связей головного мозга, их функциональное разобщение вследствие демиелинизации афферентных и эфферентных путей приводит к снижению церебрального влияния на спинальные рефлексы мочеиспускания. При повреждении околосерого вещества варолиевого моста острая задержка мочи, требующая катетеризации мочевого пузыря, развивается у 64% пациентов, а при повреждении М-зоны ядра Баррингтона – у 22% [11].

У этих пациентов значительно повышается риск развития катетер-ассоциированной инфекции мочевы-

водящих путей, что значительно осложняет течение заболевания и удлиняет сроки реабилитации после острого нарушения мозгового кровообращения [12].

При болезни Паркинсона различные нарушения мочеиспускания встречаются у 40-80% пациентов. Наиболее часто диагностируются сфинктерные нарушения – у 30-90% их них. У 10% пациентов выявляются нарушения сократительной способности детрузора. Эти изменения могут приводить к развитию у этих пациентов острой и хронической задержки мочи [10].

#### *Рассеянный склероз*

Рассеянный склероз часто сопровождается возникновением у пациента нарушений мочеиспускания. Так А.В. Зыряновым и соавт., при обследовании 160 пациентов с рассеянным склерозом нейрогенная дисфункция мочеиспускания выявлена у 65% из них. При этом симптомы опорожнения составили встречались у 76%, а накопления – у 98% из них [13].

#### *Сахарный диабет*

Урологические осложнения сахарного диабета относят к наиболее значимым для пациента. До появления уродинамических исследований все эти осложнения считались инфекционно-воспалительными. У больных сахарным диабетом на первый план выступает симптоматика ГМП [14].

В 1976 г. датский уролог С. Frimodt-Moller описал три уродинамических признака диабетических нарушений мочеиспускания – уменьшение чувствительности мочевого пузыря, увеличение его емкости и уменьшение сократимости с увеличением количества остаточной мочи. Им же предложен термин «диабетическая цистопатия» [15].

На основании экспериментальных исследований предложена гипотеза развития диабетической цистопатии. На первой стадии, вследствие полиурии, развивается гипертрофия детрузора. В дальнейшем, по мере прогрессирования микроангиопатии, происходит его декомпенсация с развитием гипо- или аконтрактивности детрузора и нарушением опорожнения мочевого пузыря [16].

Повреждение интрамуральных нервных окончаний в стенке мочевого пузыря вследствие ее ишемии, обусловленной диабетической микроангиопатией, а также изменения нейромышечной трансмиссии при диабетической цистопатии приводит к снижению сократимости детрузора, диабетической нейропатии и увеличению количества остаточной мочи [17-20].

К другим патогенетическим механизмам развития нейрогенных нарушений мочеиспускания относят дисфункцию уротелия, среди которых выделяют барьерную и сенсорную. Последняя заключается в выработке медиаторов, которые воздействуют на афферентные нервные окончания. При диабетической цистопатии



отмечается повышенный синтез АТФ клетками уротелия, что приводит к гиперактивности детрузора. При его гипоактивности отмечается повышение выработки уротелием NO при нормальном уровне синтеза АТФ [21].

#### *Осложнения оперативных вмешательств на органах малого таза*

В силу анатомической близости, особенностям кровоснабжения и иннервации органов малого таза оперативные вмешательства в данной зоне могут приводить к развитию нарушений мочеиспускания. Чаще всего данные осложнения развиваются после хирургического лечения колоректального рака и рака шейки матки [22].

У 33% этих больных могут развиваться недержание мочи, детрузорная арефлексия, гиперактивность мочевого пузыря [23].

Таким образом, нейрогенные нарушения мочеиспускания возможны у пациентов с последствиями позвоночно-спинальной травмы и оперативных вмешательств на органах малого таза, а также дегенеративно-дистрофическими и воспалительными заболеваниями позвоночника, ОНМК, болезнью Паркинсона, рассеянным склерозом, сахарным диабетом.

В процессе оказания помощи этим пациентам необходимо проведение мониторинга функционального состояния нижних мочевыводящих путей [24]. У пациентов с наличием симптомов опорожнения крайне важно осуществление контроля количества остаточной мочи.

С этой целью наиболее часто используется портативные ультразвуковые сканеры, которые позволяют осуществить исследование непосредственно у постели пациента [25-27].

Применение таких сканеров позволяет с достаточно высокой точностью оценивать количество мочи в мочевом пузыре, избежать ненужных катетеризаций и облегчает ведение пациентов с нарушениями мочеиспускания [28-30].

При этом следует отметить, что несмотря на свои преимущества ультразвуковое исследование остается оператор-зависимым методом, а его результаты достаточно вариабельны, что требует повторных сканирований для повышения его информативности [31-33].

Кроме того, наличие у пациентов некоторых заболеваний органов малого таза может затруднять оценку наполнения мочевого пузыря. Так, например, Соорберг М.Р. с соавт. описано три клинических наблюдения, в которых при проведении ультразвукового сканирования кисты яичников были расценены как мочевой пузырь, содержащий мочу [34].

Эти недостатки затрудняют использование портативных ультразвуковых аппаратов в домашних условиях, когда сканирование выполняется непосредствен-

но пациентом или его родственниками, осуществляющими уход за ним.

Одним из возможных решений было использование импедансной томографии [35, 36].

В основе метода лежит изменение электрического сопротивления биологических тканей. Поскольку среди биологических тканей жидкость имеет наименьшее сопротивление, то по мере наполнения мочевого пузыря оно будет снижаться [37].

В качестве примеров оборудования, которое может быть использовано для амбулаторного мониторинга наполнения мочевого пузыря, нами приведено два устройства, в одном из которых используется принцип измерения биоимпеданса, а во втором – проводится ультразвуковое сканирование в автоматическом режиме [38].

Компанией «Lir Scientific» разработан прибор «Brightly» (рис. 1). Он изготовлен в виде пояса, содержащего биосенсоры, который укрепляется на пояс пациента. При наполнении мочевого пузыря прибор через Bluetooth посылает на смартфон пациента предупреждение о необходимости его опорожнения (рис. 2).

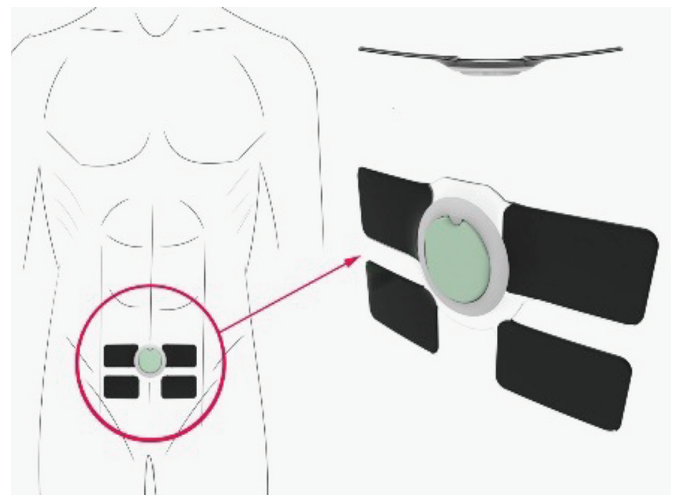


Рис. 1. Прибор «Brightly»  
Fig. 1. Device «Brightly»

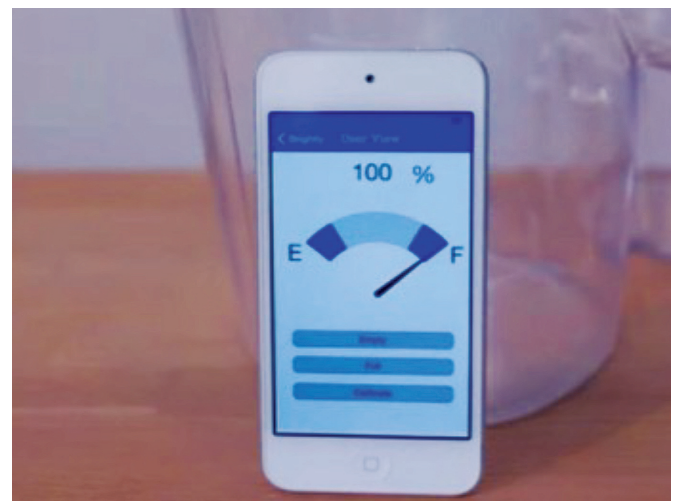


Рис. 2. Сообщение от прибора на смартфон пациента  
Fig. 2. A message from the device to the patient's smartphone

Компанией «Triple W» разработано устройство «DFree» (рис. 3). Он состоит из хаба весом 73 г и подключенного сенсора, которые способны функционировать в непрерывном режиме в течение 24 часов. В системе используется неинвазивный ультразвуковой сенсор, который отслеживает степень наполнения мочевого пузыря (рис. 4). Сенсор фиксируется на передней брюшной стенке. При правильном его расположении светодиод на устройстве изменит свой цвет. Данные, получаемые с помощью ультразвукового датчика, обрабатываются и анализируются прибором, а результаты посредством беспроводной связи направляются в приложение на смартфоне пациента [39].



Рис. 3. Прибор «DFree»  
Fig. 3. Device «DFree»

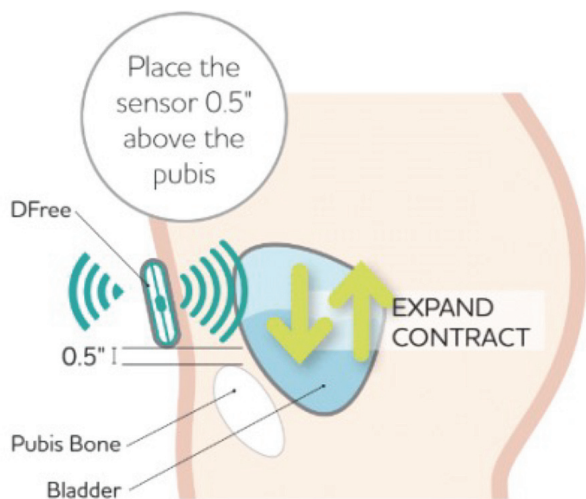


Рис. 4. Принцип работы прибора «DFree»  
Fig. 4. The principle of operation of the device «DFree»

#### Мониторинг наполнения мочевого пузыря у детей

В настоящее время ночной энурез у детей является наиболее часто встречающейся урологической проблемой [40]. Исследования показывают, вероятность снижения качества жизни у детей, страдающих данным заболеванием, в 2,87 раз выше, чем у их сверстников [41]. Лечение может быть как медикаментозным, так и с помощью различных устройств, действие кото-

рых заключается в обучении своевременному пробуждению при первых позывах к мочеиспусканию. Такими устройствами являются энурезные будильники, состоящие из датчика, который воспринимает появление первых капель мочи, и самого будильника [42]. Данный метод позволяет сформировать рефлекс и таким образом вылечить ночной энурез. Существенным недостатком является пробуждение во время мочеиспускания, а не до его начала, что делает необходимым поиск методов для определения объема мочевого пузыря и его наполнения.

Одним из решений стало использование ультразвука. W.M.J. Kwinten и соавт. предлагают использование неинвазивного носимого ультразвукового датчика, который позволяет мониторировать объем мочевого пузыря [43]. Прибор SENS-U устанавливается на 1 см выше лобковой кости, на одной линии с пупком, измеряет наполнение мочевого пузыря в течение ночи и, при достижении критической отметки, начинает вибрировать, пробуждая ребенка. Четыре ультразвуковых датчика с «полем зрения» 30° определяют расстояние от передней до задней стенки мочевого пузыря в сагитальной плоскости по разнице амплитуд отраженных от стенок волн. По полученному результату определяется высота мочевого пузыря и далее – его объем [44]. Расчет максимального объема мочевого пузыря позволяет установить порог его наполнения, при выявлении которого устройство уведомит ребенка о необходимости мочеиспускания. Помимо датчика, авторы предлагают использование приложения, которое получает и хранит информацию с прибора, что позволяет импортировать данные на другие устройства и в дальнейшем анализировать их. Преимущества устройства заключаются в его неинвазивности, определении объема мочевого пузыря, уведомлении пациента о позыве до начала мочеиспускания, а также возможности дальнейшей работы с получаемыми данными. К недостаткам относят сложности самостоятельной постановки датчика на правильную позицию, определение порога наполнения мочевого пузыря и использование устройства у детей с ожирением.

Другим решением стала разрабатываемая K. Kuru и соавт. умная система, состоящая из неинвазивных ультразвуковых датчиков, необходимых для измерения объема мочевого пузыря, прикроватного будильника и приложения для смартфона [45-46]. Определение объема мочевого пузыря происходит не только по расстоянию между стенками, расчету ширины и высоты органа, но и по изменению толщины его стенки. Для минимизирования ошибок при постановке датчика в домашних условиях он прикрепляется к специальному нижнему белью, что делает возможным использование прибора детьми самостоятельно. Прикроватный будильник представляет собой компьютер с собственными источником питания и Wi-Fi-роутером. Все это

позволяет анализировать данные с устройства без подключения к телефону. Частота измерений выбрана на основе исследования скорости наполнения мочевого пузыря у детей и составляет 3 последовательных ультразвуковых импульса один раз в 2 минуты. Приложение для смартфона позволяет корректировать и уточнять параметры мочевого пузыря, необходимые для правильной работы прибора. Достоинствами данного устройства является возможность его адаптации под каждого пациента и неинвазивность. К ограничениям относится небольшое количество участников исследования и сравнение результатов с конвексным датчиком УЗИ, а не определением объема мочевого пузыря с помощью катетеризации.

## ОБСУЖДЕНИЕ

Существует достаточно большая группа пациентов, у которых развиваются нейрогенные нарушения мочеиспускания. Наибольшую опасность представляет нарушение функции опорожнения мочевого пузыря, которое длительное время протекает бессимптомно, что приводит к прогрессирующему и часто необратимому нарушению функции почек [47, 48, 49].

На сегодняшний день возможности лечения таких пациентов весьма ограничены и представляют собой мероприятия, направленные на периодическое опорожнение мочевого пузыря, что необходимо осуществлять несколько раз в день.

Катетеризация мочевого пузыря, которая выполняется с целью опорожнения мочевого пузыря, является инвазивной процедурой. Ее необходимо выполнять только по показаниям, то есть при наличии в мочевом пузыре значительного количества мочи и риске развития инфекционно-воспалительных процессов.

Следует отметить, что темп диуреза индивидуален. Он также зависит от диеты, питьевого режима, функционального состояния пациента и температуры окружающей среды. Ультразвуковой мониторинг и биоимпедансометрия или их сочетание, позволяет проводить неинвазивную оценку объема мочевого пузыря, а использование современных технологий, таких как беспроводная связи и приложения на смартфонах, позволяет пациенту максимально индивидуализировать ритм опорожнения мочевого пузыря. Осложняющими моментами в использовании данных технологий являются консерватизм врачей, комплаентность пациентов, отсутствие методических разработок и рекомендаций по использованию данных технологий мониторинга.

## ВЫВОДЫ

Использование носимых аппаратно-программных комплексов для мониторинга наполнения мочевого пузыря и специальных приложений в смартфонах у пациентов с нейрогенными нарушениями мочеиспускания – важный шаг в реализации стратегии развития «Медицины 5П»: предиктивной и превентивной (их применение позволяет предсказать и, следовательно, предотвратить, возможное развитие осложнений вследствие переполнения мочевого пузыря), персонализированной (частота и ритм периодических катетеризаций мочевого пузыря максимально соответствует текущему физиологическому состоянию пациента), пациент-ориентированной (пациент непосредственно вовлечен в лечебный процесс) и прецизионной (катетеризация мочевого пузыря выполняется строго по показаниям и при достижении порогового объема мочи). Необходимо проведение клинических исследований мониторинга в рутинной урологической практике. ■

## ЛИТЕРАТУРА/REFERENCES

1. Шварц П.Г. Диагностика нейрогенных нарушений мочеиспускания. *PMЖ* 2011;19(32):2063-7. [Shvarts P. G. Diagnostics of neurogenic disorders of urination *RMZh = RMJ* 2011;19(32):2063-7. (In Russian)].
2. Шварц П.Г. Феноменология нейрогенных нарушений мочеиспускания. *PMЖ* 2012;20(18):912-6. [Shvarts P. G. Phenomenology of neurogenic urination disorders *RMZh = RMJ* 2012;20(18):912-6. (In Russian)].
3. Blok B, Castro-Diaz D, Popolo G, Groen J, Hamid R, Karsenty G, et al. Neuro-urology EAU Guidelines. [Electronic resource]. URL: <https://uroweb.org/guideline/neuro-urology/>.
4. Fitzharris M, Cripps RA, Lee BB. Estimating the global incidence of traumatic spinal cord injury. *Spinal Cord* 2014;52(2):117-22. <https://doi.org/10.1038/sc.2013.135>.
5. Jazayeri SB, Beygi S, Shokraneh F, Hagen EM, Rahimi-Movaghgar V. Incidence of traumatic spinal cord injury worldwide: a systematic review. *Eur Spine J* 2015;24(5):905-18. <https://doi.org/10.1007/s00586-014-3424-6>.
6. Тищенко Г.Е., Бородулина И.В., Салюков Р.В., Рачин А.П. Нейрогенные расстройства мочеиспускания при травме позвоночника и спинного мозга: взгляд невролога и уролога. *PMЖ* 2017;25(9):653-6. [Tishchenko G.E., Borodulina I.V., Saliukov R.V., Rachin A.P. Neurogenic urination disorders in spinal cord and spinal cord injury: a neurologist's and urologist's view. *RMZh = RMJ* 2017;25(9):653-6. (In Russian)].
7. Бердичевский В.Б., Бердичевский Б. А., Казенко Н.И., Чибулаева Е.В., Барашин А.Д., Романова А.В. Влияние хронического нейрогенного болевого синдрома на особенности ритма мочеиспускания. *Университетская медицина Урала* 2017;3(4,11):9-10. [Berdichevskii V.B., Berdichevskii B.A., Kazenko N.I., Chibulaeva E.V., Barashin A.D., Romanova A.V. The influence of chronic neurogenic pain syndrome on the peculiarities of urination rhythm. *Universitetskaya meditsina Urala = University Medicine of the Urals* 2017;3(4,11):9-10. (In Russian)].
8. Горбунов А. И., Лебедев А. А., Муравьев А. Н., Яблонский П. К. Нейрогенные нарушения мочеиспускания у больных спондилитом. *Туберкулез и социально-значимые заболевания* 2017;(4):45-8. [Gorbunov A.I.,



## ЛИТЕРАТУРА/REFERENCES

- Lebedev A.A., Muravev A.N., Iablonskii P.K. Neurogenic disorders of urination in patients with spondylitis. *Tuberkulez i sotsialno-znachimye zabolovaniia = Tuberculosis and socially significant diseases* 2017(4):45-8. (In Russian)].
9. Муравьев А.Н., Лебедев А.А., Горбунов А.И., Орлова Н.И., Семченко А.Ф. Нарушения уродинамики нижних мочевых путей у больных туберкулезным спондилитом. *Туберкулез и болезни легких* 2015(1):24-30. [Muravev A.N., Lebedev A.A., Gorbunov A.I., Orlova N.I., Semchenko A.F. Disorders of the urodynamics of the lower urinary tract in patients with tuberculous spondylitis. *Tuberkulez i bolezni legkikh = Tuberculosis and lung diseases* 2015(1):24-30. (In Russian)].
10. Акшулаков С.К., Такенов Ж.Т., Карибай С.Д., Кисамеденов Н.Г. Нарушения мочеиспускания при сосудистых и воспалительных заболеваниях головного мозга. *Нейрохирургия и неврология Казахстана* 2015;39(2):34-40. [Akshulakov S.K., Takenov Zh.T., Karibai S.D., Kisamedenov N.G. Disorders of urination in vascular and inflammatory diseases of the brain. *Neirokhirurgii i neurologiia Kazakhstana = Neurosurgery and neurology of Kazakhstan* 2015;39(2):34-40. (In Russian)].
11. Шварц П.Г., Попов С.В., Бершадский А.В. Патофизиология и принципы терапии нейрогенного гиперактивного мочевого пузыря у пациентов, перенесших нарушение мозгового кровообращения. *Исследования и практика в медицине* 2017;4(2):43-53. [Shvarts P.G., Popov S.V., Bershadskii A.V. *Issledovaniia i praktika v meditsine = Research and Practical Medicine Journal* 2017;4(2):43-53. (In Russian)].
12. Кулов Б.Б., Каскеев Д.М., Сулайманов А.Э. Нарушения мочеиспускания у больных с сосудистыми заболеваниями головного мозга (обзор литературы). *Наука, новые технологии и инновации Кыргызстана* 2018(2):96-8. [Kulov B. B., Kaskeev D. M., Sulaimanov A. E. Disorders of urination in patients with vascular diseases of the brain (literature review). *Nauka, novye tekhnologii i innovatsii Kyrgyzstana = Science, new technologies and innovations of Kyrgyzstan* 2018(2):96-8. (In Russian)].
13. Зырянов А.В., Баженов И.В., Филиппова Е.С., Устинов Г.С., Турова Е.Л., Тореев И.О., Леушин Е.К. Эпидемиология и характер расстройств мочеиспускания у больных с рассеянным склерозом. *Вестник урологии* 2020;8(2):29-36 [Zyrianov A.V., Bazhenov I.V., Filippova E.S., Ustinov G.S., Turova E.L., Toreev I.O., Leushin E.K. Epidemiology and nature of urination disorders in patients with multiple sclerosis. *Vestnik urologii = Bulletin of Urology* 2020;8(2):29-36 (In Russian)].
14. Кузмин И.В., Шабудина Н.О. Патогенетические основы развития диабетической цистопатии. *Экспериментальная и клиническая урология* 2014(4):92-99. [Kuzmin I.V., Shabudina N.O. Pathogenetic bases of diabetic cystopathy development. *Ekspierimentalnaia i klinicheskaiia urologiia=Experimental and clinical urology* 2014;(4):92-99. (In Russian)].
15. Frimodt-Moller C. Diabetic cystopathy I: a clinical study of the frequency of bladder dysfunction in diabetics. *Dan Med Bull* 1976(23):267-78.
16. Daneshgari F, Liu G, Birder L, Hanna-Mitchell AT, Chacko S. Diabetic bladder dysfunction: current translational knowledge. *J Urol* 2009(182):18-26.
17. Yoshimura N, Chancellor MB, Andersson KE. Recent advances in understanding the biology of diabetic-associated bladder complications and novel therapy. *BJU Int* 2006(95):733-8.
18. Yamaguchi O, Nomiya M, Andersson KE. Functional consequences of chronic bladder ischemia. *Neurourol Urodyn* 2014;33(1):54-8.
19. Burnstock G. Purinergic signalling in lower urinary tract: handbook of experimental pharmacology I: purinergic and pyrimidinergic signalling I. In: Molecular, nervous and urinogenitary system function: Springer-Verlag. Berlin 2001(151):423-515.
20. Yi C, Wei Z, Wang H, Song T, Ding L. The effects of peptidergic nerve (calcitonin gene-20. related peptide, cgrp) and calcium-related contraction on the voiding dysfunction and histopathological alteration in the diabetic cystopathy rats. *40th Annual Meeting of International Incontinence Society, Toronto, Canada* 2010:516.
21. Munoz A, Smith C, Boone T, Somogyi G. Overactive and underactive bladder dysfunction is reflected by alterations in urothelial ATP and NO release. *Neurochem Int* 2011;58(3):295-300.
22. Оношко В.Ф., Загайнова Е.А., Кириленко Е.А. Нейрогенная дисфункция мочевого пузыря у онкобольных, оперированных на органах малого таза. *Acta Biomedica Scientifica (East Siberian Biomedical Journal)* 2019;4(3):89-95. [Onopko V. F., Zagainova E. A., Kirilenko E. A. Neurogenic dysfunction of the bladder in cancer patients operated on the pelvic organs. *Acta Biomedica Scientifica (East Siberian Biomedical Journal)* 2019;4(3):89-95. (In Russian)].
23. Франк М.А., Демидов С.М., Мурзин М.О. Нейрогенная дисфункция детрузора и половые расстройства у больных колоректальным раком, после хирургического лечения. *Уральский медицинский журнал* 2017;146(2):118-121. [Frank M. A., Demidov S. M., Murzin M. O. Neurogenic detrusor dysfunction and sexual disorders in patients with colorectal cancer, after surgical treatment. *Uralskii meditsinskii zhurnal = Ural Medical Journal* 2017;146(2):118-121 (In Russian)].
24. Филиппова Е.С., Баженов И.В., Зырянов А.В., Журавлев В.Н. Эпидемиология нейрогенных нарушений мочеиспускания. *Экспериментальная и клиническая урология* 2020(3):25-33. [Filippova E.S., Bazhenov I.V., Zy'ryanov A.V., Zhuravlev V.N. Epidemiology of neurogenic urinary disorders. *E'ksperimental' naya i klinicheskaya urologiya = Experimental and clinical urology* 2020(3):25-33. (In Russian)]. <https://doi.org/10.29188/2222-8543-2020-12-3-25-33>.
25. Byun SS, Kim HH, Lee E, JS Paick, Kamg W, Oh SJ. Accuracy of bladder volume determinations by ultrasonography: are they accurate over entire bladder volume range? *Urology* 2003;62(4):656-60. [https://doi.org/10.1016/s0090-4295\(03\)00559-4](https://doi.org/10.1016/s0090-4295(03)00559-4).
26. Ghani KR, Pilcher J, Rowland D, Patel U, Nassiri D, Anson K. Portable ultrasonography and bladder volume accuracy--a comparative study using three-dimensional ultrasonography. *Urology* 2008;72(1):24-8. <https://doi.org/10.1016/j.urology.2008.02.033>.
27. Oh-Oka H, Nose R. Efficacy and problems of bladder volume measurement using portable three dimensional ultrasound scanning device – in particular, on measuring bladder volume lower than 100 ml. *Nihon Hinyokika Gakkai Zasshi* 2005;96(6):601-9. <https://doi.org/10.5980/jpnjuro1989.96.601>.
28. Al-Shaikh G, Larochelle A, Campbell CE, Schachter J, Baker K, Pascali D. Accuracy of bladder scanning in the assessment of postvoid residual volume. *J Obstet Gynaecol Can* 2009;31(6):526-32. [https://doi.org/10.1016/S1701-2163\(16\)34215-3](https://doi.org/10.1016/S1701-2163(16)34215-3).
29. D'Silva KA, Dahm P, Wong CL. Does this man with lower urinary tract symptoms have bladder outlet obstruction?: The rational clinical examination: a systematic review. *JAMA* 2014;312(5):535-42. <https://doi.org/10.1001/jama.2014.5555>.
30. Cho MK, Noh EJ, Kim CH. Accuracy and precision of a new portable ultrasound scanner, the Biocon-700, in residual urine volume measurement. *Int Urogynecol J* 2017;28(7):1057-61. <https://doi.org/10.1007/s00192-016-3224-0>.
31. Daurat A, Choquet O, Bringuier S, Charbit J, Egan M, Capdevila X. Diagnosis of postoperative urinary retention using a simplified ultrasound bladder measurement. *Anesth Analg* 2015;120(5):1033-8. <https://doi.org/10.1213/ANE.0000000000000595>.
32. Thanagumtorn K. Accuracy of post-void residual urine volume measurement using an ultrasound bladder scanner among postoperative radical hysterectomy patients. *J Med Assoc Thai* 2016;99(10):1061-6.
33. Park YH, Ku JH, Oh SJ. Accuracy of post-void residual urine volume measurement using a portable ultrasound bladder scanner with real-time pre-scan imaging. *Neurourol Urodyn* 2011;30(3):335-8. <https://doi.org/10.1002/nau.20977>.
34. Cooperberg MR, Chambers SK, Rutherford TJ, Foster HE Jr. Cystic pelvic

## ЛИТЕРАТУРА/REFERENCES

- pathology presenting as falsely elevated post-void residual urine measured by portable ultrasound bladder scanning: report of 3 cases and review of the literature. *Urology* 2000;55(4):590. [https://doi.org/10.1016/s0090-4295\(99\)00565-8](https://doi.org/10.1016/s0090-4295(99)00565-8).
35. Schlebusch T, Nienke S, Santos SA, Leonhardt S. Bladder volume estimation from electrical impedance tomography. *Annu Int Conf IEEE Eng Med Biol Soc* 2013;2013:6441-4. <https://doi.org/10.1109/EMBC.2013.6611029>.
36. Leonhäuser D, Castelar C, Schlebusch T, Rohm M, Rupp R, Leonhardt S, Walter M, Grosse JO. Evaluation of electrical impedance tomography for determination of urinary bladder volume: comparison with standard ultrasound methods in healthy volunteers. *Biomed Eng Online* 2018;17(1):95. <https://doi.org/10.1186/s12938-018-0526-0>.
37. Николаев Д. В., Шелькалина С. П. Лекции по биоимпедансному анализу состава тела человека. М., РИО ЦНИИОИЗ МЗ РФ, 2016;152 с. [Nikolaev D. V., Shchelykalina S. P. Lectures on bioimpedance analysis of human body composition. Moscow, Russian Central Research Institute of Healthcare Organization and Informatization, 2016;152 p. (In Russian)].
38. Устройство, помогающее контролировать мочеиспускание [Электронный ресурс]. URL: <https://mhealthrussian.wordpress.com/2015/06/30/brightly/>. [Ustroystvo, pomagayushee kontrolirovat mocheispuskanie [Elektronnyy resurs]. URL: <https://mhealthrussian.wordpress.com/2015/06/30/brightly/>. (In Russian)].
39. Triple W launches DFee, first wearable device for incontinence. [Electronic resource]. URL: [https://www.prweb.com/releases/triple\\_w\\_launches\\_dfree\\_first\\_wearable\\_device\\_for\\_incontinence/prweb15841075.htm](https://www.prweb.com/releases/triple_w_launches_dfree_first_wearable_device_for_incontinence/prweb15841075.htm).
40. Gomez RM, Leslie SW, Lotfollahzadeh S. Nocturnal Enuresis. In: StatPearls [Internet]. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing, 2021.
41. Rangel RA, Seabra CR, Ferrarez CE, Soares JL, Choi M, Cotta RG. Quality of life in enuretic children. *Int Braz J Urol* 2021;3(47):535-41. <https://doi.org/10.1590/S1677-5538.IBJU.2020.0308>.
42. Arda E, Kakiroglu B, Thomas DT. Primary nocturnal enuresis: a review. *Nephrourol Mon* 2016;4(8): e35809. <https://doi.org/10.5812/numonthly.35809>.
43. Kwinten WMJ, Leuterer PG, Iersel M.D., Dik P, Jira P.E. SENS-U: continuous home monitoring of natural nocturnal bladder filling in children with nocturnal enuresis – a feasibility study. *J Pediatr Urol* 2020;2(16):196.e1-196.e6. <https://doi.org/10.1016/j.jpuro.2020.01.012>.
44. Leuterer PG, Klijn AJ, M de Jong TPV, Dik P. SENS-U: validation of a wearable ultrasonic bladder monitor in children during urodynamic studies. *J Pediatr Urol* 2018;6(14):569.e1-569.e6. <https://doi.org/10.1016/j.jpuro.2018.07.018>.
45. Kuru K, Ansell D, Jones M, Goede CD, Leather P. Feasibility study of intelligent autonomous determination of the bladder voiding need to treat bedwetting using ultrasound and smartphone ML techniques: Intelligent autonomous treatment of bedwetting. *Med Biol Eng Comput* 2019;5(57):1079-97. <https://doi.org/10.1007/s11517-018-1942-9>.
46. Kuru K, Ansell D, Jones M, Watkinson BJ, Caswell N, Leather P. Intelligent autonomous treatment of bedwetting using non-invasive wearable advanced mechatronics systems and MEMS sensors: Intelligent autonomous bladder monitoring to treat NE. *Med Biol Eng Comput* 2020;5(58):943-65. <https://doi.org/10.1007/s11517-019-02091-x>.
47. Коршунова Е.С., Коршунов М.Н., Даренков С.П. Нейрогенный и идиопатический гиперактивный мочевого пузыря: камни преткновения. *Consilium Medicum* 2019;21(7):53-57. [Korshunova E.S., Korshunov M.N., Darenkov S.P. Neyrogennyiy i idiopaticheskiy giperaktivnyiy mochevoy puzyr: kamni pretkoveniya. *Consilium Medicum* 2019;21(7):53-57. (In Russian)].
48. Коршунова Е.С., Коршунов М.Н., Даренков С.П. На стыке дисциплин: нейрогенный мочевого пузыря у пациентов с травматической болезнью спинного мозга. *Нейрохирургия* 2018;20(4):87-94. [Korshunova E.S., Korshunov M.N., Darenkov S.P. Na styke distiplin: neyrogennyiy mochevoy puzyr u patsientov s travmaticheskoy boleznью spinnogo mozga. *Neyrohirurgiya = The Russian Journal of Neurosurgery* 2018;20(4):87-94. (In Russian)].
49. Коршунова Е.С., Мазуренко Д.А., Коршунов М.Н., Даренков С.П. Опыт применения ботулинического нейротоксина типа а у больных с нейрогенной детрузорной гиперактивностью вследствие болезни Паркинсона. *Кремлевская медицина. Клинический вестник* 2017(2):53-57. [Korshunova E.S., Mazurenko D.A., Korshunov M.N., Darenkov S.P. Opyit primeniya botulinicheskogo neyrotoksina tipa a u bolnykh s neyrogennoy detruzornoй giperaktivnostyu vsledstvie boleznii Parkinsona. *Kremlevskaya meditsina. Klinicheskiy vestnik = Kremlin Medicine Journal* 2017(2):53-57. (In Russian)].

## Сведения об авторах:

Монаков Д.М. – к.м.н., уролог консультативного отделения ГКБ им. С. П. Боткина; Москва, Россия; [gvkg-monakov@mail.ru](mailto:gvkg-monakov@mail.ru)

Шадеркина А.И. – студентка 3-го курса Института клинической медицины Первого Московского государственного медицинского университета им. И.М. Сеченова (Сеченовского университета); Москва, Россия; [nastyashade01@yandex.ru](mailto:nastyashade01@yandex.ru)

Шадеркин И.А. – к.м.н., заведующий лабораторией электронного здравоохранения Института цифровой медицины Первого Московского государственного медицинского университета им. И.М. Сеченова (Сеченовский университет); Москва, Россия; [info@uroweb.ru](mailto:info@uroweb.ru), РИНЦ AuthorID 695560

## Вклад авторов:

Монаков Д.М. – поиск, обработка и систематизация литературных источников, написание текста, 40%  
Шадеркина А.И. – концепция исследования, написание текста, 30%  
Шадеркин И.А. – дизайн исследования, определение научного интереса, написание текста, 30%

**Конфликт интересов:** Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

**Финансирование:** Исследование проведено без спонсорской поддержки.

**Статья поступила:** 04.04.21

**Принята к публикации:** 15.05.21

## Information about authors:

Monakov D.M. – PhD, urologist of the consultative department of the GKB im. S.P. Botkin; Moscow, Russia; [gvkg-monakov@mail.ru](mailto:gvkg-monakov@mail.ru); <https://orcid.org/0000-0002-9676-1802>

Shaderkina A.I. – 3rd year student Institute of Clinical Medicine of the First Moscow State Medical University named after I.M. Sechenov (Sechenov University); Moscow, Russia; [nastyashade01@yandex.ru](mailto:nastyashade01@yandex.ru); <https://orcid.org/0000-0003-0639-3274>

Shaderkin I.A. – PhD, Head of the Laboratory of Electronic Health, Institute of Digital Medicine Sechenov University; Moscow, Russia; [info@uroweb.ru](mailto:info@uroweb.ru); <https://orcid.org/0000-0001-8669-2674>

## Authors' contributions:

Monakov D.M. – search, processing and systematization of literary sources, text writing, 40%  
Shaderkina A.I. – research concept, text writing, 30%  
Shaderkin I.A. – research design, definition of scientific interest, text writing, 30%

**Conflict of interest.** The authors declare no conflict of interest.

**Financing.** The study was performed without external funding.

**Received:** 04.04.21

**Accepted for publication:** 15.05.21