



Эякуляторно-протективные методики в хирургическом лечении гиперплазии предстательной железы

© Михаил П. Корчагин¹, Роман Ю. Андреев², Константин Б. Колонтарев^{1,2},
Дмитрий Ю. Пушкар^{1,2}

¹ Российский университет медицины [Москва, Россия]

² Московский многопрофильный научно-клинический центр им. С.П. Боткина [Москва, Россия]

Аннотация

Введение. Ретроградная эякуляция имеет множество хорошо описанных причин, от фармакологических нарушений до вмешательства в механизмы иннервации при оперативном лечении гиперплазии предстательной железы (ГПЖ).

Цель исследования. Изучить вопрос анатомо-физиологических особенностей ретроградной эякуляции и проанализировать накопленный научный материал, посвященный частоте сохранения антеградной эякуляции после различных эякуляторно-протективных техник на основании современной медицинской литературы.

Материалы и методы. Проведён обзор литературы с использованием баз данных PubMed, Medline и Scopus за период с 1966 по 2024 год. Для дифференциального поиска использованы ключевые слова «гиперплазия предстательной железы», «ретроградная эякуляция», «эякуляторно-протективные техники», «трансуретральная энуклеация», «оценка эякуляторных расстройств», «физиология эякуляции». Проработаны 1123 источника литературы, в обзор включена 51 работа.

Результаты. Определены основные взгляды на анатомо-физиологическую составляющую ретроградной эякуляции и методы субъективной оценки эякуляторных расстройств, а также освещены современные эякуляторно-протективные техники и альтернативные методы хирургического лечения ГПЖ. Высокотехнологичная медицинская помощь в лечении ГПЖ уже сегодня дарит шанс пациентам после трансуретральных операций иметь детей, благодаря чему запрос пациента сегодня — исчезновение симптомов заболевания, а также повышение удовлетворённости жизнью в психоэмоциональном и социальном аспектах.

Заключение. Разработка и применение эякуляторно-протективных методик значительно повышает социальную и психоэмоциональную оценку пациентов, перенёвших оперативное лечение по поводу ГПЖ. В связи с этим требуется дальнейшее изучение проблемы ретроградной эякуляции, проведение научно-практических исследований, а также разработка новых методик хирургического лечения ГПЖ для нивелирования данного послеоперационного осложнения.

Ключевые слова: гиперплазия предстательной железы; эякуляция; эндоскопическая энуклеация; анатомия; эякуляторные расстройства

Финансирование. Исследование не имело спонсорской поддержки. **Раскрытие интересов.** Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Вклад авторов: М.П. Корчагин — обзор литературы, анализ данных, написание текста рукописи; Р.Ю. Андреев, К.Б. Колонтарев, Д.Ю. Пушкар — разработка дизайна исследования, критический обзор, научное редактирование, научное руководство.

✉ **Корреспондирующий автор:** Михаил Павлович Корчагин; mihailsun@mail.ru

Поступила в редакцию: 01.01.2025. **Принята к публикации:** 08.07.2025. **Опубликована:** 26.08.2025.

Для цитирования: Корчагин М.П., Андреев Р.Ю., Колонтарев К.Б., Пушкар Д.Ю. Эякуляторно-протективные методики в хирургическом лечении гиперплазии предстательной железы. *Вестник урологии*. 2024;13(4):79-88. DOI: 10.21886/2308-6424-2024-13-4-79-88.

Ejaculatory-projective techniques in the surgical treatment of benign prostatic hyperplasia

© Mikhail P. Korchagin¹, Roman Yu. Andreev², Konstantin B. Kolontarev^{1,2},
Dmitry Yu. Pushkar^{1,2}

¹ Russian University of Medicine (RosUniMed) [Moscow, Russia]

² Botkin City Clinical Hospital [Moscow, Russia]

Abstract

Introduction. Retrograde ejaculation (RE) has many well-described causes, ranging from pharmacological disturbances to interference with innervation mechanisms during surgical treatment of benign prostatic hyperplasia (BPH).

Objective. To explore the anatomical and physiological aspects of retrograde ejaculation (RE) and to critically evaluate published evidence regarding the preservation of antegrade ejaculation following various ejaculatory-sparing procedures, drawing on the latest medical literature.

Materials & Methods. A comprehensive literature search was performed across PubMed, MEDLINE, and Scopus databases for the period 1966–2024. Differential searches employed the keywords "benign prostatic hyperplasia", "retrograde ejaculation", "ejaculatory-protective techniques", "transurethral enucleation", "assessment of ejaculatory disorders", and "physiology of ejaculation". In total, 1126 sources were screened, with 51 articles included for review.

Results. The main perspectives on the anatomo-physiological basis of RE were identified, alongside the subjective methods used to assess ejaculatory disorders. Additionally, current ejaculatory-protective techniques and alternative surgical approaches for the treatment of BPH were highlighted. Advances in high-tech medical care for BPH have already provided patients undergoing transurethral procedures with the possibility of fathering children. Consequently, patient expectations today extend beyond mere symptom relief to include improved psycho-emotional wellbeing and enhanced quality of life in social aspects.

Conclusion. Implementation of ejaculatory-sparing surgical techniques markedly improves the psychosocial outcomes and overall quality of life for patients treated for BPH. Continued investigation into the mechanisms of RE, as well as the refinement of surgical methods, is warranted to further mitigate this complication and optimise patient-centred care.

Keywords: benign prostatic hyperplasia; ejaculation; endoscopic enucleation; anatomy; ejaculation disorders

Financing. The study had no sponsorship. **Conflict of interest.** The authors declare no conflict of interest.

Author contributions: M.P. Korchagin — study design, literature review, data analysis, drafting the manuscript; R.Yu. Andreev, K.B. Kolontarev, D.Yu. Pushkar — study design development, critical review, supervision;

✉ **Corresponding author:** Mikhail P. Korchagin; mihailsun@mail.ru

Received: 01.01.2025. **Accepted:** 08.07.2025. **Published:** 26.08.2025.

For citation: Korchagin M.P., Andreev R.Yu., Kolontarev K.B., Pushkar D.Yu. Ejaculatory-projective techniques in the surgical treatment of benign prostatic hyperplasia. *Urology Herald*. 2025;13(4):79-88. (In Russ.). DOI: 10.21886/2308-6424-2025-13-4-79-88.

Введение

Гиперплазия предстательной железы (ГПЖ) является полиэтиологичным заболеванием, возникающим вследствие увеличения предстательной железы из-за неконтролируемого гиперпластического роста эпителиоидной и фибромускулярной тканей периуретральной железистой зоны [1]. Тактика хирургического лечения остаётся по сей день краеугольным камнем в лечении заболевания при субкомпенсированных и декомпенсированных стадиях [2]. Исторически «золотым стандартом» хирургического лечения ГПЖ являлась открытая позадилоная аденомэктомия до тех пор, пока не были внедрены методики трансуретральных резекций простаты (ТУР). Было доказано, что ТУР простаты является эффективной альтернативой открытой операции при объёме простаты от 30 до 80 см³ [3]. Клинической проблемой, связанной с ТУР предстательной железы, является риск развития осложнений, который составляет 11,1% и увеличивается с объёмом предстательной железы [4]. Од-

ним из осложнений, которое может стать большой психологической проблемой для пациентов, является ретроградная эякуляция.

Ретроградная эякуляция является наиболее распространённым эякуляторным расстройством, которое развивается после хирургического лечения ГПЖ. Уже сегодня благодаря пониманию физиологии антеградной эякуляции, разработке эякуляторно-протективных техник, новых альтернативных технологий в хирургическом лечении симптомов нижних мочевыводящих путей у пациентов появился шанс зачать ребёнка после операции естественным путём, благодаря чему запрос пациента сегодня — исчезновение симптомов заболевания, а также повышение удовлетворённости жизни в психоэмоциональном и социальном аспектах. Интерес в мировом сообществе, несомненно, растёт: увеличивается рост публикаций, посвящённых данной теме, появляются новые неабляционные методы хирургического лечения, такие как Rezum®, Prostate Urethral Lift or

Urolift®, Aquablation®, iTIND, эмболизация сосудов предстательной железы (PAE), демонстрирующие многообещающие результаты в сохранении эякуляторной функции.

Цель исследования. Изучить вопрос анатомо-физиологических особенностей ретроградной эякуляции и проанализировать накопленный научный материал, посвященный частоте сохранения антеградной эякуляции после различных модификаций эякуляторно-протективной техники, мини-инвазивных неабляционных методов с сохранением функции антеградной эякуляции на основании современной медицинской литературы.

Алгоритм литературного поиска

Для достижения поставленной цели был проведен обзор литературы с использованием баз данных PubMed, Medline и Scopus за период с 1966 по 2024 год. Для дифференциального поиска использованы ключевые слова «гиперплазия предстательной железы», «ретроградная эякуляция», «эякуляторно-протективные техники», «трансуретральная энуклеация», «оценка эякуляторных расстройств», «физиология эякуляции». Проработаны 1 123 источника литературы, в обзор включена 51 работа.

Анатомофизиологические основы антеградной и ретроградной эякуляции

Эякуляция представляет собой многофазный процесс, включающий скоординированную нейронную активность сокращения и расслабления мышц придатков яичек, семявыносящих протоков, ампул семявыносящих протоков, семенных пузырьков, предстательной железы, шейки мочевого пузыря, уретры и промежности. Она состоит из двух отдельных фаз — эмиссии и изгнания, а также сопровождается пиком сексуального возбуждения и оргазмом [5]. В фазу эмиссии происходит закрытие шейки мочевого пузыря, опосредованное иннервацией симпатической нервной системы. После этого в простатическую часть уретры попадают и смешиваются секреты семенных пузырьков, предстательной железы и придатков яичек [5]. Нейрогенный контроль фазы эмиссии исходит из грудного и поясничного отделов спинного мозга на уровне T10 – L2 и координирует выброс семени. Симпатические эфферентные волокна объединяются в ганглии пояснично-

го симпатического ствола, направляются кзади от нижней полой вены в межаорткавальное пространство справа и латерально к аорте. Далее они сливаются в верхнее гипогастральное сплетение перед L5 и крестцом. Постганглионарные волокна направляются к органам-мишеням: шейке мочевого пузыря, предстательной железе, семенным пузырькам и семявыносящим протокам, опосредуя симпатический контроль эмиссионной фазы эякуляции [6]. Раздражение проксимального отдела уретры запускает парасимпатическую нервную систему. За счёт механического воздействия на уретру семенная жидкость запускает рефлекторную дугу, ответственную за фазу изгнания. Нейроанатомический контроль изгнания зависит от рефлекторной дуги соматической нервной системы. N. pudendus, берущий начало из plexus sacralis (S2 – S4) приводит к скоординированным ритмичным движениям шейки мочевого пузыря, наружного сфинктера уретры, уретры, бульбокавернозной и тазовых поперечнополосатых мышц для продвижения спермы по уретре и выведению её через меатус [7, 8].

Точные механизмы и роль ряда нейротрансмиттеров в физиологии эякуляции только предстоит изучить. На данный момент имеются работы, описывающие ингибирующее действие серотонина на эякуляцию. Скорее всего, он оказывает тормозящее действие в ЦНС, в то время как возбуждающие эффекты преобладают в периферической нервной системе (ПНС). 5-HT1A, 5-HT1B, 5-HT2C — являются серотониновыми рецепторами, наиболее связанными с эякуляторной функцией [9]. Подтверждение ингибирующего действия серотонина отмечено в ряде работ, посвящённых положительному терапевтическому эффекту использования селективных ингибиторов обратного захвата серотонина (СИОЗ) при лечении преждевременной эякуляции [10 – 12]. Роль дофамина в физиологии эякуляции впервые была отмечена благодаря применению препарата L-DOPA у пациентов с болезнью Паркинсона. На фоне приёма препарата у пациентов наблюдались повышение либидо, усиление ночной эрекции, гиперсексуальность с более частой мастурбацией [13]. В исследованиях было подтверждено, что D2-рецептор (DRD2) опосредует возбуждающее действие дофамина, что коррелирует с клинически-

ми наблюдениями задержки эякуляции у пациентов, получающих дофаминергические антагонисты при лечении тревоги и шизофрении [14, 15]. Таким образом, функциональный комплекс шейки мочевого пузыря у мужчин имеет значение не только для выполнения основных функций — мочеиспускания и континенции, но и для реализации репродуктивной функции.

В момент прохождения спермы по уретре *m. sphincter trigonalis* производит закрытие просвета мочеиспускательного канала в целях предотвращения ретроградного заброса семенной жидкости в мочевой пузырь [16, 17]. Мышцы семявыносящих протоков сливаются на уровне семенного бугорка, образуя мышечный пучок, продолжающийся в каудальном направлении к луковице полового члена. Дорсальная продольная система мышц образует складку внутри уретры, так называемый *crista urethralis inferior*. Учитывая тесное взаиморасположение данной мышечной системы с семявыносящими протоками, предполагается, что сокращение дорсальной продольной мышечной системы уретры отвечает за эмиссию и эякуляцию. В связи с чем, для этой структуры было введено описание *m. ejaculatorius* [18].

В понятие ретроградной эякуляции входит заброс семенной жидкости в мочевой пузырь в результате неполного закрытия шейки мочевого пузыря. Факторы, которые могут привести к нарушению сократимости шейки, можно разделить на фармакологические (альфа-адреноблокаторы, психотропные препараты), нейрогенные (травмы спинного мозга, аорто-подвздошная сосудистая хирургия, диабетическая полинейропатия, рассеянный склероз, миелодисплазия), врождённые аномалии развития (клапаны задней уретры, утрикулярные кисты и экстрофия) и приобретённые (ТУР простаты, ТУР шейки мочевого пузыря) причины ретроградной эякуляции [19].

Способы оценки эякуляторных расстройств

Потеря антеградной эякуляции отмечается у подавляющего числа пациентов, перенёсших стандартную ТУР простаты и достигает более 80% [20, 21]. В клинической практике оценка эякуляторных расстройств происходит субъективно, при помощи валидированных опросников. На

данный момент наиболее часто используемыми опросниками, в которых оценивается эякуляторный статус, являются Male Sexual Health Questionnaire (MSHQ), Danish Prostatic Symptoms Score (DAN-PSS), International Continence Society Sex (ICS-Sex), Brief Male Sexual Function Inventory (BMFSI).

Male Sexual Health Questionnaire (MSHQ) имеет раздел MSHQ-EjD, состоящий из 4 вопросов, посвящённых оценке эякуляторной функции. В исследование R.C. Rosen et al. (2007) вошло более 8000 мужчин в рамках трёх исследований. Результаты исследования продемонстрировали отличные психометрические свойства, что позволяет использовать раздел опросника MSHQ-EjD в клинической практике [22].

В опроснике Danish Prostatic Symptoms Score (DAN-PSS), который являлся частью исследования MSAM-7, посвящённого изучению взаимосвязи симптомов нижних мочевых путей у мужчин с сексуальными дисфункциями, помимо вопросов, связанных с мужской сексуальной функцией: эрекции, эякуляцией, оценивается индекс боли, дискомфорта [23].

International Continence Society Sex (ICS-Sex) — часть анкеты ICSmale, созданной для исследования ICS-'BPH'. Многоцентровое исследование, в которое вошло 12 стран, продемонстрировало психометрическую достоверность и надёжность опросника. ICS-Sex оценивает эякуляторный дискомфорт и функциональные расстройства сексуального характера [24].

Усовершенствованный опросник Brief Male Sexual Function Inventory (BMFSI) на четверть состоит из вопросов, оценивающих эякуляторную функцию, и также может применяться в клинической работе и исследованиях [25]. Так, один из последних систематических обзоров, посвящённых определению ценностей, предпочтений и ожиданий пациентов в отношении диагностики и лечения симптомов нижних мочевых путей у мужчин, показал, что лица мужского пола выбирают консервативные методы лечения. А хирургические манипуляции должны обладать минимальным риском побочных эффектов в отношении функциональных результатов (ургентного недержания мочи, ноктурии) и эректильной функции (ретроградной эякуляции, анэякуляции) [26].

Модифицированные эякуляторно-протективные техники хирургического лечения ГПЖ

В последние годы благодаря накопленному хирургическому опыту, физиологическим, клиническим, анатомическим наблюдениям традиционная теория повреждения шейки мочевого пузыря как главного предиктора развития послеоперационной ретроградной эякуляции подвергается большому сомнению. Видеоуродинамические наблюдения демонстрируют, что шейка мочевого пузыря у пациентов с антеградной эякуляцией остаётся в открытом состоянии, а найденная W. Dorschner m. ejaculatorius с каждым годом всё больше признаётся главной в процессе семяизвержения [18]. J.M. Gil-Vernet et al. (1994) в своей работе доказали, что сокращение шейки мочевого пузыря не является необходимым для антеградной эякуляции: в момент эякуляции происходит дислокация верхушки мочевого пузыря каудально, что приводит к соприкосновению верхушки с противоположной стенкой уретры. После чего осуществляется выброс спермы. Семенная жидкость начинает двигаться под действием ритмичных координированных сокращений наружного сфинктера и бульбокавернозных мышц. Всё это свидетельствует о важности сохранения тканей вокруг семенного бугорка. Авторы описали эту зону как «эякуляторную зону высокого давления». По мнению исследователей, именно данная зона играет ключевую роль в сохранении эякуляции в отличие от шейки мочевого пузыря [27]. Поэтому помимо бережного сохранения и предотвращения разрушения внутреннего сфинктера мочевого пузыря существует гипотеза сохранения тканей в области семенного бугорка (минимум 10 мм латеральнее и проксимальнее colliculus seminalis) с целью предотвращения ретроградной эякуляции. В исследовании S.H. Alloussi et al. (2014) продемонстрирована весомость последней. Антеградная эякуляция после сохранения тканей вокруг семенного бугорка была сохранена у 79 из 87 (90,8%) пациентов через 3 месяца [28].

Опираясь на рекомендации РОУ, ЕАУ, АУА, лазерная энуклеация предстательной железы является малоинвазивной эндурологической хирургической технологией, которая сопоставима с результатами ТУР предстательной железы в лечении ГПЖ,

обеспечивая меньшую кровопотерю, возможность выполнения оперативного лечения при размерах простаты более 100 см³ и более [29]. Именно благодаря этой особенности лазерная хирургия обладает огромным потенциалом при лечении ГПЖ, но, тем не менее, как и все остальные хирургические методы лечения (включая открытые, лапароскопические и робот-ассистированные операции), лазерные технологии имеют ограничения в потере антеградной эякуляции. Отталкиваясь от анатомо-физиологических особенностей эякуляции, с целью предотвращения обратного заброса семенной жидкости в мочевой пузырь были разработаны модифицированные техники сохранения антеградной эякуляции: EP-TURP, EP-PVP, EP-HoLEP, EP-ThuLEP, успешность которых сильно варьируется.

Модифицированная техника ТУР простаты (EP-TURP) заключается в резекции срединной доли на 1 см выше verumontanum с сохранением параколликкулярных тканей. Боковые доли резецируются до уровня verumontanum без повреждения параколликкулярных тканей. Шейка мочевого пузыря резецируется стандартным способом. Частота успеха методики EP-TURP оценивается от 66 до 91% [28, 30].

Модифицированная техника вапоризации (EP-PVP) описана в работе S.S. Talab et al. (2013): вапоризация начинается от шейки мочевого пузыря с сохранением мышечных волокон в направлении семенного бугорка. Параколликкулярные ткани остаются нетронутыми [31]. В работе T. Miyauchi et al. (2016) техника иная: ткань, располагающаяся в арех, сохраняется на 10 мм. Антеградная эякуляция при данной технике наблюдается у 87 – 96% пациентов [32]. Активное внедрение в последние годы лазерных энуклеаций ГПЖ связано с меньшей частотой послеоперационных осложнений, а применение эякуляторно-протективных методик при данных видах операций сохраняет фертильность пациентам. В проспективном исследовании L. Carmignani et al. (2015) произведена оценка сохранения антеградной эякуляции после энуклеации тулиевым лазером (ThuLEP) без эякуляторно-протективной техники. В исследование вошло 110 пациентов, перенёвших ThuLEP, для анализа изменений сексуальной функции и симптомов мочеис-

пускания. Уровень сохранения антеградной эякуляции составил 52,7% [33]. Целью проспективного исследования F. Trama et al. (2022), явилась оценка эффективности лазерной энуклеации с использованием эякуляторно-протективной методики. Результаты исследования 48 пациентов (88,6%), у которых удалось сохранить эякуляцию через 3 месяца, в то время как 92,4% и 94,3% пациентов сообщили о сохранении эякуляции в течение 6 и 12 месяцев соответственно. Метод ES-ThuLEP (ejaculation-sparing thulium laser enucleation of the prostate) сохраняет эякуляцию более чем у 90% пациентов [34]. В схожем исследовании G. Bozzini et al. (2021) при выполнении энуклеации с использованием методики ES-ThuLEP эякуляция была спасена у 203 и 219 пациентов через 3 и 6 месяцев после операции [35]. В работе C. Xu et al. (2019) была описана техника EP-HoLEP: авторы избегали повреждения слизистой оболочки шейки мочевого пузыря и части мембранозного отдела уретры, а также круговых волокон внутреннего сфинктера мочеиспускательного канала. Слизистая оболочка простатического отдела уретры с 11 часов до 1 часа была максимально сохранена. Пациенты в группе с модифицированной техникой EP-HoLEP имели статистически значимое снижение частоты инконтиненции (1,03% против 8,51%, $p = 0,036$), а также ретроградной эякуляции на 6-м месяце (33,33% против 63,64%, $p = 0,030$) и 12-м месяце (13,33% против 50%, $p = 0,034$). Кроме того отмечено значимое увеличение объёма эякулята на 6-м ($p = 0,050$) и 12-м ($p = 0,003$) месяцах [36]. В систематическом обзоре F. Guldibi исследовалось влияние лазерной энуклеации на эякуляторную функцию. В обзор вошло 15 клинических исследований, оценены данные 1877 мужчин, которым была проведена лазерная энуклеация. В трёх исследованиях операции проводились с применением тугиевого волоконного лазера (ThuFLEP), в 12 исследованиях операции выполнялись на гольмиевой лазерной системе (HoLEP). Независимо от используемого метода, частота эякуляторных дисфункций при лазерных эякуляциях составила $62,1 \pm 25,1\%$; этот показатель был определен как $71,3 \pm 16,1\%$ при стандартной технике и $27,2 \pm 18,1\%$ при модифицированной технике, сохраняющей эякуляцию ($p < 0,001$). Частота ретроградной эякуляции при HoLEP составила

$64,7 \pm 21,3\%$, а при ThuFLEP — $43,3 \pm 38,8\%$. В то время как при стандартной HoLEP она составила $71,5 \pm 15,1\%$ а при модифицированной HoLEP — $33,5 \pm 28,6\%$, при модифицированной ThuFLEP — $20,9 \pm 2,8\%$ [37].

В крупный систематический обзор с метаанализом C. Manfredi et al. (2022), оценивающим влияние хирургического вмешательства при ГПЖ на сексуальную функцию, включено 151 исследование с участием 20 531 пациента. Статистической значимостью обладала частота выявления ретроградной эякуляции после ТУР простаты (ОШ = 13,31; 95% ДИ 8,37 – 21,17; $p < 0,00001$). При монополярной ТУР простаты был обнаружен достоверно более высокий риск развития ретроградной эякуляции, чем при биполярной ТУР ($p < 0,0001$). Трансуретральная вапоризация предстательной железы ассоциировалась с повышенным риском ретроградной эякуляции по сравнению с исходным уровнем (ОШ = 55,75; 95% ДИ 17,96 – 173,05; $p < 0,00001$). Группа, в которой проводились лазерные операции, показала достоверно более высокий риск ретроградной эякуляции по сравнению с исходным уровнем (ОШ = 17,37; 95% ДИ 5,93 – 50,81; $p < 0,00001$). Достоверно более высокий риск ретроградной эякуляции был обнаружен в подгруппах HoLEP (ОР 8,13; 95% ДИ 2,05 – 32,17; $p = 0,003$) и Greenlight PVP (ОР 24,88; 95% ДИ 8,66 – 71,50; $p < 0,00001$). Однако достоверной разницы в частоте ретроградной эякуляции между лазерными технологиями обнаружено не было ($p = 0,55$). Статистически значимого увеличения частоты ретроградной эякуляции новые альтернативные хирургические операции (Rezum©, Prostate Urethral Lift or Urolift©, эмболизации предстательной железы (PAE)) по лечению ГПЖ также не показали [38].

Для поиска стандартизированной и валидизированной эякуляторно-протективной техники было проведено рандомизированное исследование PARTURP (PARTial Trans Urethral Resection of the Prostate), в котором изучались различные техники, позволяющие устранить обструкцию и сохранить антеградную эякуляцию. Авторам удалось сопоставить основные ориентиры, которых необходимо придерживаться при проведении различных эякуляторно-протективных техник [39].

Альтернативные методики хирургического лечения ГПЖ

В связи с психологическими рисками продолжается поиск и внедрение новых альтернативных методик хирургического лечения ГПЖ: Rezum®, Prostate Urethral Lift or Urolift®, Aquablation®, iTIND, эмболизации предстательной железы (PAE), которые показывают многообещающие результаты. Однако большинство новых методик дороги и остаются недоступными во многих мировых центрах, тем самым уступая признанным стандартам лечения. Авторы крупного систематического обзора с сетевым мета-анализом новых минимально-инвазивных методик ГПЖ пришли к выводу, что лишь технологии эмболизации предстательной железы, абляция водяным паром и технология Urolift® благоприятны с точки зрения эректильной функции, но имеют меньшую эффективность в сравнении с ТУР простаты [40].

Rezum или конвективная абляция энергией водяного пара (NxThera®) — новая мини-инвазивная инъекционно-паровая технология лечения ГПЖ, которая была запатентована и одобрена к использованию FDA с 2017 года. На сегодняшний день более 42 000 пациентов получили лечение с применением технологии Rezum. Принцип аблятивной методики основывается на применении водяного пара, который проходит через ткань ГПЖ в течение нескольких секунд. В момент перехода из газообразного состояния в жидкое высвобождается вся аккумулированная в пару энергия, вызывающая деструктивные изменения в клетках ГПЖ, и тем самым образуется колликационный некроз. Из 1 мл выделяется 540 ккал при переходе из жидкой фазы в газообразную при температуре водяного пара 103 °C, что позволяет получить необходимый эффект [41]. В крупных многоцентровых рандомизированных контролируемых исследованиях отсутствовали существенные эректильные или эякуляторные дисфункции при проведении данной технологии [42, 43].

Prostate Urethral Lift or Urolift® — малоинвазивная хирургическая техника лечения ГПЖ, при которой ткань железы не удаляется, а смещается в стороны благодаря нитям для нивелирования обструкции и возобновления должного оттока мочи. Швы закрепляются металлическим языч-

ком на капсуле предстательной железы, а затем натягиваются, изменяя просвет простатического отдела уретры, чтобы сжать предстательную железу, сохраняя при этом мышечную ткань вокруг семенного бугорка. В проспективных рандомизированных исследованиях отсутствовали эректильная или эякуляторная дисфункция de novo. Результаты были подтверждены через 5 лет наблюдения. Однако нужно отметить, что процедура не рекомендуется пациентам с простатой больше 80 см³ и имеющим выраженную среднюю долю [44 – 46].

Роботизированная система Aquabeam, Procept BioRobotics Corporation® использует высокую скорость потока физиологического раствора с целью резекции только периуретральной части простаты. M. Plante et al. (2019) провели сравнительный анализ методики Aquabeam с ТУР простаты и сообщили о значительно более низкой частоте анэякуляции (2% против 41%, $p = 0,0001$ через 6 месяцев после операции), а также о более низкой частоте ретроградной эякуляции по сравнению с ТУР предстательной железы (10% против 36%, $p = 0,0003$) [47].

iTIND (i-Temporary Implantable Nitinol Device) — временно имплантируемое устройство, представляющее собой переплетение нитиноловых проволок, которые устанавливаются в простатическую часть уретры с целью лечения симптомов нижних мочевыводящих путей, вызванных ГПЖ. Данный имплант может быть установлен под местной анестезией, что позволяет использовать технологию в амбулаторных условиях [48]. B. Chughtai et al. (2021) сообщили о результатах многоцентрового, рандомизированного, контролируемого исследования с имплантированным нитиновым устройством iTIND. В исследовании приняло участие 175 мужчин (средний возраст $61,1 \pm 6,5$). Через 3 месяца 78,6% пациентов, получивших лечение с применением технологии iTIND, продемонстрировали снижение баллов IPSS на ≥ 3 балла в сравнении с контрольной группой, где лишь у 60% пациентов были схожие результаты. Через 12 месяцев группа iTIND сообщила о снижении IPSS на 9,25 балла ($p < 0,0001$), увеличении пикового потока мочи на 3,52 мл/с ($p < 0,0001$). Послеоперационные осложнения в группе iTIND составили 38,1%, в контрольной группе — 17,5%, относящиеся к I и II степени по шкале Clavien-Dindo.

Эякуляторная и эректильная дисфункции отсутствовали в обеих группах [49].

Эмболизация простатических артерий — это эндоваскулярная методика, которая может служить альтернативой более инвазивным процедурам при лечении симптомов нижних мочевыводящих путей. В 2000 году был опубликован первый опыт удачного применения данного метода. [50]. В систематический обзор с метаанализом было включено 1254 пациента. У всех пациентов в исследовании была средняя или тяжелая форма симптомов нижних мочевыводящих путей. Средний показатель IPSS составлял 23,5. Статистически значимое ($p < 0,05$) улучшение всех исследуемых показателей наблюдалось при 12-месячном наблюдении. Серьезные осложнения были зарегистрированы в 0,3% случаев. [51].

Выводы

1. Эякуляция — многофазный процесс, состоящий из скоординированных нейронных активностей сокращений и расслабления ряда анатомических структур.

2. Оценка эякуляторных расстройств происходит субъективно при помощи вали-

дированных опросников: Male Sexual Health Questionnaire (MSHQ), Danish Prostatic Symptoms Score (DAN-PSS), International Continence Society Sex (ICS-Sex), Brief Male Sexual Function Inventory (BMFSI).

3. Традиционная теория повреждения шейки мочевого пузыря как главного предиктора развития послеоперационной ретроградной эякуляции подвергается сомнению.

4. Большинство учёных признает m. ejaculatorius основной анатомической структурой в процессе семяизвержения.

5. Результаты эффективности модифицированных техник сохранения антеградной эякуляции EP-TURP, EP-PVP, EP-HoLEP, EP-ThuLEP сильно варьируются в мировой литературе.

6. Альтернативные методики хирургического лечения ГПЖ Rezum®, Prostate Urethral Lift or Urolift®, Aquablation®, iTIND, эмболизация предстательной железы (PAE) в многоцентровых рандомизированных контролируемых исследованиях показывают отсутствие существенных эректильных или эякуляторных дисфункций.

Список литературы | References

1. Bostwick D. The pathology of benign prostatic hyperplasia. In: Kirby P, McConnell J, Fitzpatrick J, eds. The Textbook of Benign Prostatic Hyperplasia. London: Isis Medical Media; 2002.
2. Gravas S., Gacci M, Gratzke C., Herrmann T.R.W., Karavitakis M., Kyriazis I., Malde S., Mamoulakis C., Rieken M., Sakalis V.I., Schouten N., Speakman M.J., Tikkinen K.A.O., Cornu J.N. Summary Paper on the 2023 European Association of Urology Guidelines on the Management of Non-neurogenic Male Lower Urinary Tract Symptoms. Eur Urol. 2023;84(2):207-222. DOI: 10.1016/j.eururo.2023.04.008
3. Cornu J.N., Ahyai S., Bachmann A., de la Rosette J., Gilling P., Gratzke C., McVary K., Novara G., Woo H., Madersbacher S. A Systematic Review and Meta-analysis of Functional Outcomes and Complications Following Transurethral Procedures for Lower Urinary Tract Symptoms Resulting from Benign Prostatic Obstruction: An Update. Eur Urol. 2015;67(6):1066-1096. DOI: 10.1016/j.eururo.2014.06.017
4. van Kerrebroeck P., Chapple C., Drogendijk T., Klaver M., Sokol R., Speakman M., Traudtner K., Drake M.J.; NEPTUNE Study Group. Combination therapy with solifenacin and tamsulosin oral controlled absorption system in a single tablet for lower urinary tract symptoms in men: efficacy and safety results from the randomised controlled NEPTUNE trial. Eur Urol. 2013;64(6):1003-1012. DOI: 10.1016/j.eururo.2013.07.034
5. Revenig L., Leung A., Hsiao W. Ejaculatory physiology and pathophysiology: assessment and treatment in male infertility. Transl Androl Urol. 2014;3(1):41-49. DOI: 10.3978/j.issn.2223-4683.2014.02.02
6. Lipshultz L.I., Howards S.S., Niederberger C.S., eds. Infertility in the Male. Cambridge University Press; 2009.
7. Gerstenberg T.C., Levin R.J., Wagner G. Erection and ejaculation in man. Assessment of the electromyographic activity of the bulbocavernosus and ischiocavernosus muscles. Br J Urol. 1990;65(4):395-402. DOI: 10.1111/j.1464-410x.1990.tb14764.x
8. Yang C.C., Bradley W.E. Innervation of the human anterior urethra by the dorsal nerve of the penis. Muscle Nerve. 1998;21(4):514-518. DOI: 10.1002/(sici)1097-4598(199804)21:4<514::aid-mus10>3.0.co;2-x
9. Ishigami T., Yoshioka K., Karicheti V., Marson L. A role for peripheral 5-HT2 receptors in serotonin-induced facilitation of the expulsion phase of ejaculation in male rats. J Sex Med. 2013;10(11):2688-2702. DOI: 10.1111/jsm.12306
10. Huyghe E., Cuzin B., Grellet L., Faix A., Almont T., Burte C. Recommandations pour le traitement de l'éjaculation précoce [Recommendations for the treatment of premature ejaculation]. Prog Urol. 2023;33(5):237-246. (In French). DOI: 10.1016/j.purol.2023.02.003
11. Burton T.D., Liday C. The comparison of combination SSRI and PDE-5 inhibitor therapy to SSRI monotherapy in men with premature ejaculation. Ann Pharmacother. 2011;45(7-8):1000-1004. DOI: 10.1345/aph.1Q008
12. Waldinger M.D., Schweitzer D.H., Olivier B. On-demand SSRI treatment of premature ejaculation: pharmacodynamic limitations for relevant ejaculation delay and consequent solutions. J Sex Med. 2005;2(1):121-131. DOI: 10.1111/j.1743-6109.2005.20112.x

13. Gessa G.L., Tagliamonte A. Role of brain monoamines in male sexual behavior. *Life Sci.* 1974;14(3):425-436. DOI: 10.1016/0024-3205(74)90357-9
14. Clément P., Bernabé J., Kia H.K., Alexandre L., Giuliano F. D2-like receptors mediate the expulsion phase of ejaculation elicited by 8-hydroxy-2-(di-N-propylamino) tetralin in rats. *J Pharmacol Exp Ther.* 2006;316(2):830-834. DOI: 10.1124/jpet.105.092411
15. Peeters M., Giuliano F. Central neurophysiology and dopaminergic control of ejaculation. *Neurosci Biobehav Rev.* 2008;32(3):438-453. DOI: 10.1016/j.neubiorev.2007.07.013
16. Kalisch O. Die Urogenitalmuskulatur des Damms mit besonderer Berücksichtigung des Harnblasenverschlusses. Berlin, Karger; 1900.
17. Gräning W. Beitrag zur vergleichenden Anatomie der Muskulatur von Harnblase und Harnröhre. *Z Anat EntwGesch.* 1936;106:226-250.
18. Dorschner W., Stolzenburg J.U. A new theory of micturition and urinary continence based on histomorphological studies. 5. The musculus ejaculatorius: a newly described structure responsible for seminal emission and ejaculation. *Urol Int.* 1994;53(1):34-37. DOI: 10.1159/000282628
19. Parnham A., Serefoglu E.C. Retrograde ejaculation, painful ejaculation and hematospermia. *Transl Androl Urol.* 2016;5(4):592-601. DOI: 10.21037/tau.2016.06.05
20. Reich O., Gratzke C., Bachmann A., Seitz M., Schlenker B., Hermanek P., Lack N., Stief C.G.; Urology Section of the Bavarian Working Group for Quality Assurance. Morbidity, mortality and early outcome of transurethral resection of the prostate: a prospective multicenter evaluation of 10,654 patients. *J Urol.* 2008;180(1):246-249. DOI: 10.1016/j.juro.2008.03.058
21. Rassweiler J., Teber D., Kuntz R., Hofmann R. Complications of transurethral resection of the prostate (TURP)—incidence, management, and prevention. *Eur Urol.* 2006;50(5):969-979; discussion 980. DOI: 10.1016/j.eururo.2005.12.042
22. Rosen R.C., Catania J.A., Althof S.E., Pollack L.M., O'Leary M., Seftel A.D., Coon D.W. Development and validation of four-item version of Male Sexual Health Questionnaire to assess ejaculatory dysfunction. *Urology.* 2007;69(5):805-809. DOI: 10.1016/j.urology.2007.02.036
23. Rosen R., Altwein J., Boyle P., Kirby R.S., Lukacs B., Meuleman E., O'Leary M.P., Pappo P., Robertson C., Giuliano F. Lower urinary tract symptoms and male sexual dysfunction: the multinational survey of the aging male (MSAM-7). *Eur Urol.* 2003;44(6):637-649. DOI: 10.1016/j.eururo.2003.08.015
24. Donovan J.L., Abrams P., Peters T.J., Kay H.E., Reynard J., Chapple C., De La Rosette J.J., Kondo A. The ICS 'BPH' Study: the psychometric validity and reliability of the ICSmale questionnaire. *Br J Urol.* 1996;77(4):554-562. DOI: 10.1046/j.1464-410x.1996.93013.x
25. O'Leary M.P., Fowler F.J., Lenderking W.R., Barber B., Sagnier P.P., Guess H.A., Barry M.J. A brief male sexual function inventory for urology. *Urology.* 1995;46(5):697-706. DOI: 10.1016/S0090-4295(99)80304-5
26. Malde S., Umbach R., Wheeler J.R., Lytvyn L., Cornu J.N., Gacci M., Gratzke C., Herrmann T.R.W., Mamoulakis C., Rieken M., Speakman M.J., Gravas S., Drake M.J., Guyatt G.H., Tikkinen K.A.O. A Systematic Review of Patients' Values, Preferences, and Expectations for the Diagnosis and Treatment of Male Lower Urinary Tract Symptoms. *Eur Urol.* 2021;79(6):796-809. DOI: 10.1016/j.eururo.2020.12.019
27. Gil-Vernet J.M. Jr, Alvarez-Vijande R., Gil-Vernet A., Gil-Vernet J.M. Ejaculation in men: a dynamic endorectal ultrasonographical study. *Br J Urol.* 1994;73(4):442-448. DOI: 10.1111/j.1464-410x.1994.tb07612.x
28. Alloussi S.H., Lang C., Eichel R., Alloussi S. Ejaculation-preserving transurethral resection of prostate and bladder neck: short- and long-term results of a new innovative resection technique. *J Endourol.* 2014;28(1):84-89. DOI: 10.1089/end.2013.0093
29. Sun F., Yao H., Bao X., Wang X., Wang D., Zhang D., Zhou Z., Wu J. The Efficacy and Safety of HoLEP for Benign Prostatic Hyperplasia With Large Volume: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Am J Mens Health.* 2022;16(4):15579883221113203. DOI: 10.1177/15579883221113203
30. Ronzoni G., De Vecchis M. Preservation of anterograde ejaculation after transurethral resection of both the prostate and bladder neck. *Br J Urol.* 1998;81(6):830-833. DOI: 10.1046/j.1464-410x.1998.00658.x
31. Talab S.S., Santiago-Lastra Y.A., Bachmann A., Choi B.B., Muir G.H., Woo H.H., Tabatabaei S. V403 the impact of ejaculation-preserving photo-selective vaporization of the prostate (EP-PVP) on lower urinary tract symptoms and ejaculatory function: results of a multicenter study. *Journal of Urology.* 2013;189(4S):e164. DOI: 10.1016/j.juro.2013.02.1792
32. Miyauchi T., Yusu H., Kanzaki M. V3-06 ejaculation-sparing photoselective vaporization of the prostate: evaluation of the ejaculatory function and the lower urinary tract symptoms. *Journal of Urology.* 2016;195:e468. DOI: 10.1016/j.juro.2016.02.1526
33. Carmignani L., Bozzini G., Macchi A., Maruccia S., Picozzi S., Caselato S. Sexual outcome of patients undergoing thulium laser enucleation of the prostate for benign prostatic hyperplasia. *Asian J Androl.* 2015;17(5):802-806. DOI: 10.4103/1008-682X.139255
34. Trama F., Lauro G.D., Illiano E., Iacono F., Romis L., Mordente S., Nuges M.R., Lai S., Crocetto F., Barone B., Calace F.P., Romeo G., Costantini E. Ejaculation Sparing Thulium Laser Enucleation of the Prostate: An Observational Prospective Study. *J Clin Med.* 2022;11(21):6365. DOI: 10.3390/jcm11216365
35. Bozzini G., Berti L., Maltagliati M., Besana U., Calori A., Müller A., Sighinolfi M.C., Micali S., Pastore A.L., Ledezma R., Brogini P., Rocco B., Buizza C. Ejaculation-sparing thulium laser enucleation of the prostate (ES-ThuLEP): outcomes on a large cohort. *World J Urol.* 2021;39(6):2029-2035. DOI: 10.1007/s00345-020-03442-2
36. Xu C., Xu Z., Lin C., Feng S., Sun M., Chen J., Zheng Y. Holmium Laser Enucleation of the Prostate: Modified Two-Lobe Technique versus Traditional Three-Lobe Technique-A Randomized Study. *Biomed Res Int.* 2019;2019:3875418. DOI: 10.1155/2019/3875418
37. Guldibi F., Altunhan A., Aydın A., Sonmez M.G., Çakır Ö.O., Balasar M., Guven S., Ahmed K. What is the effect of laser anatomical endoscopic enucleation of the prostate on the ejaculatory functions? A systematic review. *World J Urol.* 2023;41(12):3493-3501. DOI: 10.1007/s00345-023-04660-0
38. Manfredi C., García-Gómez B., Arcaniolo D., García-Rojó E., Crocero F., Autorino R., Gratzke C., De Sio M., Romero-Otero J. Impact of Surgery for Benign Prostatic Hyperplasia on Sexual Function: A Systematic Review and Meta-analysis of Erectile Function and Ejaculatory Function. *Eur Urol Focus.* 2022;8(6):1711-1732. DOI: 10.1016/j.euf.2022.06.007
39. Lebdaï S., Ben Boujema M., Benard A., Barry Delongchamps N., Benchikh A., Bruyere F., Della Negra E., Descazeaud A., Doizi S., Fourmarier M., Mallet R., Misrai V., Pelegri T., Rouscotte Y., Ruffion A., Villers A., Saillour F., Robert G. Standardized technique for ejaculation preservation during prostatic endoscopic ablative surgery. *World J Urol.* 2023;41(11):3041-3049. DOI: 10.1007/s00345-023-04592-9
40. Cornu J.N., Zantek P., Burt G., Martin C., Martin A., Springate C., Chughtai B. Minimally Invasive Treatments for Benign Prostatic Ob-

- struction: A Systematic Review and Network Meta-analysis. *Eur Urol.* 2023;83(6):534-547.
DOI: 10.1016/j.eururo.2023.02.028
41. McVary K.T., Gange S.N., Gittelman M.C., Goldberg K.A., Patel K., Shore N.D., Levin R.M., Rousseau M., Beahrs J.R., Kaminetsky J., Cowan B.E., Cantrill C.H., Mynderse L.A., Ulchaker J.C., Larson T.R., Dixon C.M., Roehrborn C.G. Minimally Invasive Prostate Convective Water Vapor Energy Ablation: A Multicenter, Randomized, Controlled Study for the Treatment of Lower Urinary Tract Symptoms Secondary to Benign Prostatic Hyperplasia. *J Urol.* 2016;195(5):1529-1538.
DOI: 10.1016/j.juro.2015.10.181
42. McVary K.T., Gange S.N., Gittelman M.C., Goldberg K.A., Patel K., Shore N.D., Levin R.M., Rousseau M., Beahrs J.R., Kaminetsky J., Cowan B.E., Cantrill C.H., Mynderse L.A., Ulchaker J.C., Larson T.R., Dixon C.M., Roehrborn C.G. Erectile and Ejaculatory Function Preserved With Convective Water Vapor Energy Treatment of Lower Urinary Tract Symptoms Secondary to Benign Prostatic Hyperplasia: Randomized Controlled Study. *J Sex Med.* 2016;13(6):924-933.
DOI: 10.1016/j.jsxm.2016.03.372
43. McVary K.T., Rogers T., Roehrborn C.G. Rezüm Water Vapor Thermal Therapy for Lower Urinary Tract Symptoms Associated With Benign Prostatic Hyperplasia: 4-Year Results From Randomized Controlled Study. *Urology.* 2019;126:171-179.
DOI: 10.1016/j.urology.2018.12.041
44. Roehrborn C.G., Rukstalis D.B., Barkin J., Gange S.N., Shore N.D., Giddens J.L., Bolton D.M., Cowan B.E., Cantwell A.L., McVary K.T., Te A.E., Gholami S.S., Moseley W.G., Chin P.T., Dowling W.T., Freedman S.J., Incze P.F., Coffield K.S., Borges F.D., Rashid P. Three year results of the prostatic urethral L.I.F.T. study. *Can J Urol.* 2015;22(3):7772-7782.
PMID: 26068624
45. Roehrborn C.G., Barkin J., Gange S.N., Shore N.D., Giddens J.L., Bolton D.M., Cowan B.E., Cantwell A.L., McVary K.T., Te A.E., Gholami S.S., Moseley W.G., Chin P.T., Dowling W.T., Freedman S.J., Incze P.F., Coffield K.S., Herron S., Rashid P., Rukstalis D.B. Five year results of the prospective randomized controlled prostatic urethral L.I.F.T. study. *Can J Urol.* 2017;24(3):8802-8813.
PMID: 28646935
46. Beurrier S., Peyromaure M., Belas O., Barry Delongchamps N. La pose d'implants intra-prostatiques UroLift® est-elle une alternative chez les patients ayant une hyperplasie bénigne de la prostate ? Résultats initiaux et facteurs prédictifs d'échec [Are the UroLift® implants an alternative for the treatment of benign prostatic hyperplasia? Short-term results and predictive factors of failure]. *Prog Urol.* 2015;25(9):523-529. (In French).
DOI: 10.1016/j.purol.2015.03.005
47. Plante M., Gilling P., Barber N., Bidair M., Anderson P., Sutton M., Aho T, Kramolowsky E., Thomas A., Cowan B., Kaufman R.P. Jr, Trainer A., Arther A., Badlani G., Desai M., Doumanian L., Te A.E., DeGuenther M., Roehrborn C. Symptom relief and anejaculation after aquablation or transurethral resection of the prostate: subgroup analysis from a blinded randomized trial. *BJU Int.* 2019;123(4):651-660.
DOI: 10.1111/bju.14426
48. Balakrishnan D., Jones P., Somani B.K. iTIND: the second-generation temporary implantable nitinol device for minimally invasive treatment of benign prostatic hyperplasia. *Ther Adv Urol.* 2020;12:1756287220934355.
DOI: 10.1177/1756287220934355
49. Chughtai B., Elterman D., Shore N., Gittleman M., Motola J., Pike S., Hermann C., Terrens W., Kohan A., Gonzalez R.R., Katz A., Schiff J., Goldfischer E., Grunberger I., Tu L.M., Alshak M.N., Kaminetzky J. The iTind Temporarily Implanted Nitinol Device for the Treatment of Lower Urinary Tract Symptoms Secondary to Benign Prostatic Hyperplasia: A Multicenter, Randomized, Controlled Trial. *Urology.* 2021;153:270-276.
DOI: 10.1016/j.urology.2020.12.022
50. DeMeritt J.S., Elmasri F.F., Esposito M.P., Rosenberg G.S. Relief of benign prostatic hyperplasia-related bladder outlet obstruction after transarterial polyvinyl alcohol prostate embolization. *J Vasc Interv Radiol.* 2000;11(6):767-770.
DOI: 10.1016/s1051-0443(07)61638-8
51. Mallin B., Røder M.A., Brasso K., Forman J., Taudorf M., Lönn L. Prostate artery embolisation for benign prostatic hyperplasia: a systematic review and meta-analysis. *Eur Radiol.* 2019;29(1):287-298.
DOI: 10.1007/s00330-018-5564-2

Сведения об авторах | Information about the authors

Михаил Павлович Корчагин | Mikhail P. Korchagin

<https://orcid.org/0000-0001-8060-6691>; mihailsun@mail.ru

Роман Юрьевич Андреев — канд. мед. наук | Roman Yu. Andreev — Cand.Sc.(Med)

<https://orcid.org/0000-0002-9769-5907>; romandree@gmail.com

Константин Борисович Колонтарев — д-р мед. наук | Konstantin B. Kolontarev — Dr.Sc.(Med)

<https://orcid.org/0000-0003-4511-5998>; kb80@yandex.ru

Дмитрий Юрьевич Пушкар — д-р мед. наук, профессор; акад. РАН | Dmitry Yu. Pushkar — Dr.Sc.(Med), Full Prof., Acad. of the RAS

<https://orcid.org/0000-0002-6096-5723>; pushkardm@mail.ru