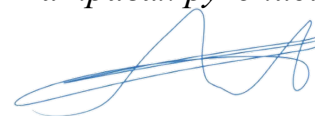


*На правах рукописи*



**Тараткин Марк Сергеевич**

**Тулиевый волоконный лазер в хирургии мягких тканей**

**3.1.13. Урология и андрология**

Автореферат  
диссертации на соискание ученой степени  
кандидата медицинских наук

Москва – 2025

Работа выполнена в федеральном государственном автономном образовательном учреждении высшего образования Первый Московский государственный медицинский университет имени И.М. Сеченова Министерства здравоохранения Российской Федерации (Сеченовский Университет)

**Научный руководитель:**

доктор медицинских наук, профессор

**Рапопорт Леонид Моисеевич**

**Официальные оппоненты:**

**Шатохин Максим Николаевич** – доктор медицинских наук, профессор, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение дополнительного профессионального образования «Российская медицинская академия непрерывного профессионального образования» Министерства здравоохранения Российской Федерации, кафедра эндоскопической урологии, профессор кафедры

**Павлов Андрей Юрьевич** – доктор медицинских наук, профессор, Федеральное государственное бюджетное учреждение «Российский научный центр рентгенорадиологии» Министерства здравоохранения Российской Федерации, заместитель директора по научно-лечебной работе

**Ведущая организация:** Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Российский национальный исследовательский медицинский университет имени Н.И. Пирогова» Министерства здравоохранения Российской Федерации

Защита диссертации состоится «17» марта 2025 г. в 13:00 часов на заседании диссертационного совета ДСУ 208.001.26 при ФГАОУ ВО Первый МГМУ им. И.М. Сеченова Минздрава России (Сеченовский Университет) по адресу: 119435, г. Москва, ул. Большая Пироговская, д. 2, строение 1

С диссертацией можно ознакомиться в Фундаментальной учебной библиотеке ФГАОУ ВО Первый МГМУ им. И.М. Сеченова Минздрава России (Сеченовский Университет) (119034, г. Москва, Зубовский бульвар, д. 37/1) и на сайте организации: <https://www.sechenov.ru>

Автореферат разослан « \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2025 г.

Ученый секретарь диссертационного совета  
доктор медицинских наук, доцент



**Крупин Гертман Евгеньевич**

## **ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ**

### **Актуальность темы исследования**

Доброкачественная гиперплазия предстательной железы (ДГПЖ) является одним из самых распространенных заболеваний у мужчин зрелого и пожилого возраста. Она встречается у 50% мужчин старше 50 лет и у 80% мужчин старше 80 лет (Vuichoud & Loughlin, 2015). Несмотря на доброкачественный характер заболевания, ДГПЖ значительно ухудшает качество жизни пациентов, поскольку приводит к нарушению оттока мочи из мочевого пузыря и развитию симптомов нижних мочевых путей (СНМП) (Gacci et al., 2003; Rosen et al., 2003). Пациентам с легкими и среднетяжелыми нарушениями качества мочеиспускания (оценка проводится по опроснику IPSS) могут быть рекомендованы модификация образа жизни и/или медикаментозное лечение. Однако пациентам с тяжелыми СНМП или при развитии осложнений болезни следует рекомендовать хирургическое лечение.

К традиционным методам хирургического лечения пациентов с ДГПЖ относятся открытая аденомэктомия (ОА) и трансуретральная резекция простаты (ТУРП) (Foster et al., 2019). Обе операции являются высокоэффективными хирургическими пособиями, впрочем, они не лишены ряда недостатков. Безопасность и переносимость открытой аденомэктомии ограничена большой инвазивностью процедуры и длительной катетеризацией; в то же время после ТУРП существует высокая вероятность рецидива болезни (от 5 до 15%) (Cornu et al., 2015). Поэтому до настоящего времени продолжается поиск новых, более эффективных и безопасных, методов хирургического лечения пациентов с ДГПЖ.

Одной из таких методик является эндоскопическая энуклеация простаты (ЭЭП). В современном виде эта операция оформилась в 1996 году благодаря работе ученых из Новой Зеландии под руководством P. Gilling (Gilling et al., 1996). Они занимались внедрением нового, на тот момент, гольмиевого лазера в эндоскопическую хирургию простаты. Ими впервые применена гольмиевая лазерная энуклеация – HoLEP. HoLEP позволяет анатомически точно выделить всю ткань аденомы по ходу волокон простатической капсулы, что сводит к

минимуму объем резидуальной ткани и аденомы и, следовательно, снижает вероятность рецидива болезни.

На сегодняшний день HoLEP неоднократно доказала свою высокую эффективность и безопасность. Из результатов мета-анализа, проведенного Ahyai et al., следует, что при HoLEP ниже частота гемотрансфузии, рецидивов, длительность катетеризации и госпитализации в сравнении с ТУРП (Ahyai et al., 2010). Единственное, в чем гольмиевая энуклеация уступала ТУРП (по данным этого мета-анализа), это в продолжительности операции. В сравнении с ОА HoLEP характеризуется сопоставимой продолжительностью операции, меньшим объемом кровопотери, длительностью катетеризации и госпитализации (Ahyai et al., 2010).

Благодаря перечисленным качествам HoLEP рекомендована Европейской ассоциацией урологов как метод хирургического лечения пациентов с объемом простаты более 30 см куб, а при объеме простаты  $> 80$  см куб – HoLEP рекомендована как операция первого выбора (Cornu et al., 2023). В то же время Американская ассоциация урологов рекомендует HoLEP при любом объеме предстательной железы (Lerner et al., 2021).

В 2017 году в России разработан новый лазер для эндоскопической энуклеации простаты – тулиевый волоконный лазер (TFL). На сегодняшний день TFL рассматривается мировыми экспертами как многообещающий конкурент гольмиевого лазера (Kronenberg & Traxer, 2019). Отличительная особенность TFL – длина волны (1,94 мкм), более приближенная к пику поглощения воды, что в теории, обеспечивает меньшее термическое повреждение тканей, чем Ho:YAG (Taratkin et al., 2020). Предполагается, что благодаря этой особенности тулиевая волоконная лазерная энуклеация простаты (ThuFLEP) может более благоприятно влиять на ирритативную симптоматику пациентов, чем HoLEP.

### **Степень разработанности темы исследования**

В рамках представленной диссертационной работы удалось ответить на основные вопросы, касающиеся воздействия тулиевого волоконного лазера на ткани предстательной железы. Выполненная работа носит трансляционный характер – отслежен путь технологии от лабораторных испытаний нового

лазерного аппарата непосредственно к его клиническому изучению. Итогом клинической части работы стал сравнительный анализ влияния тулиевого волоконного и гольмиевого лазера на выраженность ирритативной симптоматики и частоту послеоперационного недержания мочи.

### **Цель и задачи исследования**

Цель исследования – повышение эффективности лечения пациентов с ДГПЖ.

Задачи исследования:

1. Проанализировать в лабораторных условиях воздействие гольмиевого, тулиевого волоконного (как квазинепрерывного, так и суперимпульсного), голубого и гибридного (тулиевый волоконный + голубой) лазеров на ткань;
2. В лабораторных условиях оценить особенности воздействия гольмиевого и тулиевого волоконного лазеров на ткань в зависимости от диаметра используемого волокна, расстояния до ткани, скорости реза и типа волокна;
3. Оценить влияние гольмиевого и тулиевого волоконного лазеров на частоту развития ирритативной симптоматики у пациентов после лазерной ЭЭП.

### **Научная новизна**

В рамках данной работы проведено трансляционное исследование (экспериментальное и клиническое), посвященное изучению воздействия тулиевого волоконного и гольмиевого лазеров на ткань. В ходе лабораторного этапа работы впервые детально изучены механизмы воздействия тулиевого волоконного лазера на ткань, а также особенности влияния в зависимости от диаметра лазерного волокна, скорости движения волокна и расстояния до ткани. Дано теоретическое обоснование разницы воздействия гольмиевого и тулиевого волоконного лазеров на ткани. Механизмы, отвечающие за различное воздействие лазерных аппаратов, изучены в лабораторных условиях. После чего в рамках клинического исследования установлено влияние различных лазерных аппаратов на проведение ЭЭП.

### **Личный вклад автора**

Автору принадлежит определяющая роль в проведении всех этапов исследования, а именно – аналитический обзор отечественной и зарубежной

литературы, посвященной теме исследования; разработка дизайна исследования; подбор, кодификация и анализ первичной документации; статистическая обработка результатов, полученных в ходе исследования; анализ и интерпретация полученных данных; описание выводов и практических рекомендаций. Автор принимал личное участие в апробации результатов исследования, в подготовке и в хирургическом лечении пациентов, вошедших в исследование, а также послеоперационное наблюдение и в подготовке основных публикаций по выполненной работе.

### **Теоретическая и практическая значимость работы**

Результаты проведенного исследования могут способствовать усовершенствованию тактик оперативного лечения пациентов в ДГПЖ. В рамках данной работы проведено трансляционное исследование (экспериментальное и клиническое), посвященное изучению воздействия тулиевого волоконного и гольмиевого лазеров на ткань. В ходе лабораторного этапа работы впервые детально изучены механизмы воздействия тулиевого волоконного лазера на ткань и изменение этого влияния под воздействием внешних факторов (диаметр лазерного волокна, скорость движения волокна, расстояние до ткани). Дано теоретическое обоснование разницы воздействия гольмиевого и тулиевого волоконного лазеров на ткани. Механизмы, отвечающие за различное воздействие лазерных аппаратов, изучены в лабораторных условиях. После чего в рамках клинического исследования установлено влияние различных лазерных аппаратов на эндоскопической энуклеации простаты.

### **Методология и методы исследования**

Представленная на защиту научно - исследовательская работа выполнена с соблюдением этических норм и принципов доказательной медицины. Методология диссертационной работы предусматривала разработку дизайна исследования, определение объема выборки для обеспечения ее репрезентативности, подбор математических и программных средств статистической обработки полученных данных. Для проведения исследовательской работы использованы современные диагностические методы обследования пациентов.

### **Положения, выносимые на защиту**

1. Тулиевый волоконный и гольмиевый лазеры оказывают разное воздействие на мягкие ткани, изменяющееся в значительной мере в зависимости от диаметра используемого лазерного волокна, скорости реза и расстояния воздействия;

2. Тулиевый волоконный лазер воздействует на ткань посредством абляции с помощью прямого лазерного излучения, что позволяет добиться высокоточных резов и четкой зоны коагуляции;

3. Гольмиевый лазер воздействует на ткань как за счет лазерного излучения, так и за счет потока пара, разделяющего ткань; данное воздействие позволяет минимизировать карбонизацию, однако четкость реза снижается и уменьшается объем зоны коагуляции;

4. Частота развития ирритативной симптоматики в ближайшем послеоперационном периоде не зависит от источника лазерной энергии.

### **Степень достоверности и апробация результатов**

Сформулированные в диссертации научные положения, выводы и практические рекомендации обоснованы теоретическими решениями и экспериментальными данными, полученными в работе, и не противоречат известным положениям наук; базируются на строго доказанных выводах, согласуются с известным опытом создания и совершенствований знаний.

Материалы диссертации представлены на следующих конгрессах:

1. World Congress of Endourology 2018, Paris, France – Конгресс всемирного общества эндоурологов, Париж, Франция (2018 г.);

2. 34th Annual EAU Congress, Barcelona, Spain – Конгресс Европейской Ассоциации Урологов, Барселона, Испания (2019 г.);

3. Congress of AUA 2019, Chicago, USA – Конгресс Американской Урологической Ассоциации, Чикаго, США (2019 г.);

4. XVIII Конгресс Российского Общества Урологов, Екатеринбург, Россия (2019 г.).

Апробация диссертационной работы проведена на заседании Института урологии и репродуктивного здоровья человека ФГАОУ ВО Первый МГМУ им. И.М. Сеченова Минздрава России (Сеченовский Университет).

### **Соответствие диссертации паспорту научной специальности**

Диссертация соответствует паспорту научной специальности 3.1.13. Урология и андрология, группа научных специальностей – клиническая медицина. Результаты диссертационной работы соответствуют пункту 2 «Разработка и усовершенствование методов диагностики и профилактики урологических и андрологических заболеваний направлений исследований».

### **Публикации по теме диссертации**

По результатам исследования автором опубликовано 24 работы, в том числе научных статьи в журналах, включенных в перечень рецензируемых научных изданий Сеченовского Университета/Перечень ВАК при Минобрнауки России – 1 научная статья; 7 научных статей в изданиях рецензируемых в международной базе Scopus; 16 иных публикаций по теме диссертационной работы.

### **Объем и структура диссертации**

Диссертация изложена на 115 страницах машинописного текста и состоит из введения, четырех глав, заключения, выводов, практических рекомендаций и списка литературы. Список цитируемой литературы включает 156 источников литературы, из которых 19 отечественных и 137 зарубежных. Диссертация иллюстрирована 22 рисунками, 5 графиками, 8 диаграммами и 10 таблицами.

## **СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ**

### **Материалы и методы**

В работе задействованы следующие лазерные установки:

- 1) Гольмиевый Ho:YAG лазер, длина волны 2,1 мкм (VersaPulse Power Suite 100, Lumenis, Израиль);
- 2) Непрерывный QCW TFL лазер, длина волны 1,9 мкм (НТО «ИРЭ-Полус», Фрязино, Россия);

3) Суперимпульсный SP TFL лазер, длина волны 1,9 мкм (НТО «ИРЭ-Полус», Фрязино, Россия);

4) Голубой диодный (BDL) лазер, длина волны 445 нм (НТО «ИРЭ-Полус», Фрязино, Россия);

5) Гибридный лазер (прототип, swTFL + BDL), (НТО «ИРЭ-Полус», Фрязино, Россия).

На лабораторном этапе в качестве модели использовалась незамороженная свиная почка (Becker et al., 2020; Yaroslavsky et al., 2018). Свежую незамороженную свиную почку разрезали на образцы толщиной 8 мм, длиной 60 мм и шириной 20 мм. Образцы помещались на металлический фиксатор с полостью глубиной 8 мм и накрывались металлической пластиной (Рисунок 1). Пространство между кончиком волокна и тканью заполнялось физиологическим раствором. Конструкция установки позволяла выставлять расстояние между кончиком волокна и тканью. В ходе эксперимента кончик лазерного волокна проводился над поверхностью образцов со скоростью 2 мм/сек и 5 мм/сек.



Рисунок 1 – Схематичное представление фиксатора для мягких тканей

После разреза *ex vivo* проводился гистологический анализ полученных образцов. Оценке подвергались глубина абляции = глубина разреза (мм) и глубина аксиальной коагуляции (мм). Для определения степени карбонизации тканей проводился визуальный осмотр поверхности ткани. Выраженность карбонизации оценивалась по визуальной градационной шкале от 0 до 3 (0 – отсутствие

карбонизации, 3 – выраженная карбонизация). Скорость вапоризации лазером (мм куб./с) рассчитывалась как площадь вапоризированной ткани, умноженная на скорость реза.

В комплексе с Ho:YAG использовались волокна диаметром 550 мкм, в комплексе с TFL – 600 мкм (во всех экспериментах и клинической части) и 200 мкм (в эксперименте с разными диаметрами волокна).

Клиническая часть работы носила проспективный характер и проводилась на базе Института урологии и репродуктивного здоровья человека Первого МГМУ имени И.М. Сеченова в период с февраля 2018 по октябрь 2021 г. В исследование включались пациенты с тяжелыми СНМП, оцененными > 20 баллов по шкале IPSS или с пиковой скоростью ( $Q_{\max}$ ) мочеиспускания < 10 мл/с. Лечение пациентов проводилось с помощью ЭЭП, выполненной Ho:YAG или TFL; выбор источника лазерной энергии осуществлялся посредством рандомизации через веб-систему управления данными (<https://www.studyrandomizer.com>). Из исследования исключались пациенты с объемом простаты >120 куб. см, гистологически подтверждённым диагнозом аденокарциномы простаты; стриктурами уретры; наличием камней в мочевом пузыре; с предшествующими операциями на предстательной железе; с нейрогенным мочевым пузырем.

Перед операцией собраны демографические данные пациентов, проведены: физикальное обследование с пальцевым ректальным исследованием, трансректальное ультразвуковое исследование с определением объема предстательной железы, урофлоуметрия с измерением  $Q_{\max}$ , измерение уровня остаточной мочи после мочеиспускания (OOM), анализы крови (ПСА, Hb). Функциональные показатели оценены при помощи опросников: IPSS, Международный индекс эректильной функции (МИЭФ-5), Качество жизни (QoL), Опросник для диагностики недержания мочи (QUID), Анкета Международной консультации по недержанию (ICIQ-MLUTS).

Операции выполнялись 4 опытными хирургами. Каждый из хирургов выполнял как HoLEP, так и ThuFLEP. Все энуклеации выполнялись двух-долевой и en bloc методиками; технику выбирал хирург. Всем пациентам выполнялась

регионарная анестезия: эпидуральная на уровне T12-L2 или спинномозговая на уровне L3-L4.

Гольмиевую и тулиевую энуклеации простаты проводили с помощью резектоскопа №26 Ch фирмы Karl Storz (Германия) или Richard Wolf (Германия) с постоянной ирригацией, обеспечивающего низкое давление ирригационной жидкости (типа Iglesias), и специальным рабочим элементом, оснащенным каналом для проведения лазерного волокна. С целью измельчения и эвакуации из мочевого пузыря энуклеированной ткани простаты применялся морцеллятор Piranha фирмы Richard Wolf, Германия. Зонд морцеллятора проводился в мочевой пузырь по рабочему каналу морцескопа Richard Wolf (Германия), который соединялся с тубусом эндоскопа при помощи специального переходника.

После процедуры всем пациентам проводился стандартный набор противовоспалительных препаратов и антибиотикопрофилактики. Пациенты с диагнозом острая инфекция мочевыводящих путей исключались из анализа.

Статистическая обработка данных, полученных в ходе исследования, проводилась с использованием программ Excel и SPSS.

### **Результаты лабораторного этапа**

По результатам лабораторного этапа установлены различия в эффектах воздействия на ткань разных лазеров. Но:YAG характеризуется быстрым нарастанием мощности (пиковая мощность 2-10 кВт) с ее последующим снижением. Благодаря этому происходит мгновенное образование большого потока пара вокруг кончика волокна, что обеспечивает дополнительную диссекцию тканей. У TFL напротив отсутствует выраженный пик мощности, и энергия выделяется равномерно на протяжении всего цикла генерации лазерного импульса (пиковая мощность 500 Вт). По этой причине TFL обеспечивает ровный рез без выраженной диссекции. Сравнение эффектов этих лазеров продемонстрировано на гистологических препаратах (Рисунок 2).

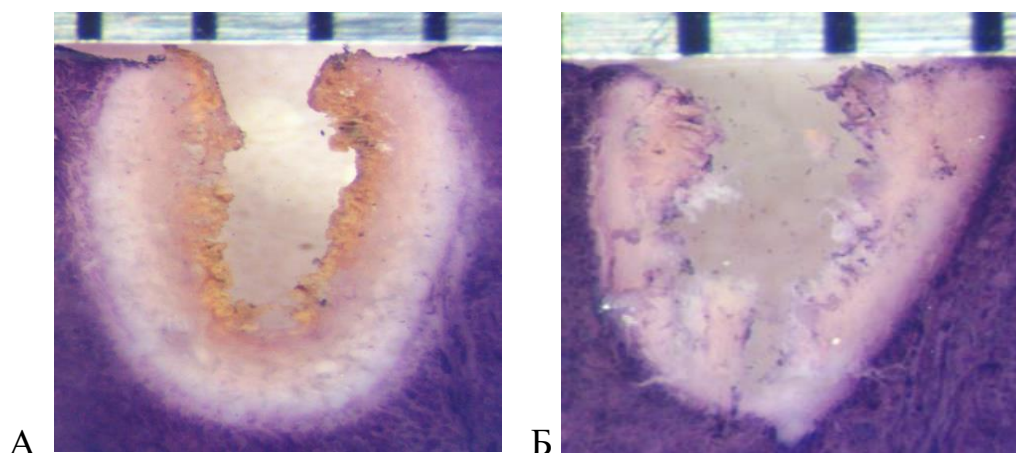


Рисунок 2 – А. Гистологический снимок реза гольмиевым лазером с разрывом тканей паром и недостаточным гемостазом. Б. Гистологический снимок реза тулиевым волоконным лазером с визуализирующийся четкой зоной вапоризации и коагуляции, а также эффективным гемостазом

Сравнение глубины проникновения лазеров в ткани, ширины зоны коагуляции и выраженности карбонизации Ho:YAG и двух режимов TFL приведено в Таблице 1.

Таблица 1 – Глубина абляции и глубина коагуляции лазеров Ho:YAG и TFL во время работы с разными режимами (мм, среднее  $\pm$  стандартное отклонение)

| Лазер          | Режимы  | Глубина абляции (мм) | Глубина коагуляции (мм) | Степень карбонизации, мода (диапазон) |
|----------------|---------|----------------------|-------------------------|---------------------------------------|
| 2 мм/сек       |         |                      |                         |                                       |
| P = 30/40 W    | Ho:YAG  | 1,1 ± 0,2            | 0                       | 0 (0-1)                               |
|                | QCW TFL | 2,1 ± 0,2            | 0,4 ± 0,1               | 1 (1-2)                               |
|                | SP TFL  | 1,3 ± 0,2            | 0,1 ± 0,1               | 0 (0-1)                               |
|                | p-value | < <b>0,001*</b>      |                         |                                       |
| P = 50/60/70 W | Ho:YAG  | 1,6 ± 0,2            | 0,1 ± 0,1               | 0 (0-2)                               |
|                | QCW TFL | 2,7 ± 0,3            | 0,6 ± 0,1               | 2 (1-3)                               |
|                | SP TFL  | 2,2 ± 0,3            | 0,4 ± 0,1               | 1 (1-2)                               |
|                | p-value | < <b>0,001*</b>      | < <b>0,001*</b>         |                                       |
| 5 мм/сек       |         |                      |                         |                                       |
| P = 30/40 W    | Ho:YAG  | 0,5 ± 0,2            | 0                       | 0 (0-1)                               |
|                | QCW TFL | 0,7 ± 0,2            | 0,3 ± 0,1               | 1 (0-2)                               |
|                | SP TFL  | 0,5 ± 0,2            | 0                       | 0 (0-1)                               |
|                | p-value |                      |                         |                                       |

Продолжение Таблицы 1

|                                  |            |               |               |         |
|----------------------------------|------------|---------------|---------------|---------|
| P =<br>50/60/70<br>W             | Ho:YAG     | $1,1 \pm 0,2$ | $0,2 \pm 0,1$ | 0 (0-1) |
|                                  | QCW<br>TFL | $1,7 \pm 0,1$ | $0,4 \pm 0,1$ | 2 (1-3) |
|                                  | SP TFL     | $1,5 \pm 0,2$ | $0,5 \pm 0,1$ | 1 (1-2) |
|                                  | p-value    |               | <b>0,001*</b> |         |
| * Статистически значимая разница |            |               |               |         |

Из результатов эксперимента следует, что гольмиевый и супермпульсный тулиевый волоконный лазеры (SP TFL) оказывает аналогичное воздействие на ткань – глубокий рез, невыраженная карбонизация, выраженные разрывы ткани; применение квазинепрерывного тулиевого волоконного лазера (QCW TFL) характеризуется эффективной вапоризацией тканей, выраженной карбонизацией и ровной, конической формой кратера после реза.

Дополнительно проведена оценка влияния диаметра оптического волокна и режима работы (непрерывный и импульсный) на абляционные и коагуляционные способности лазеров в хирургии мягких тканей. Полученные результаты позволяют судить, что волокна меньшего диаметра характеризуется меньшим объемом вапоризации и коагуляции, однако применение волокон разных диаметров не ведет к изменению особенностей взаимодействия лазера с тканью. В работе также оценивалось влияние расстояния между тканью и кончиком лазерного волокна на глубину проникновения в ткани и глубину коагуляции (Рисунок 3). Из результатов эксперимента следует, что дальность режущего действия большинства лазеров не превышает 2 мм, а дальность коагулирующего воздействия – 3 мм.

Самая большая дальность эффективного действия отмечена у Ho:YAG, в то время как наибольшая дальность коагуляции – у BDL и QCW TFL.

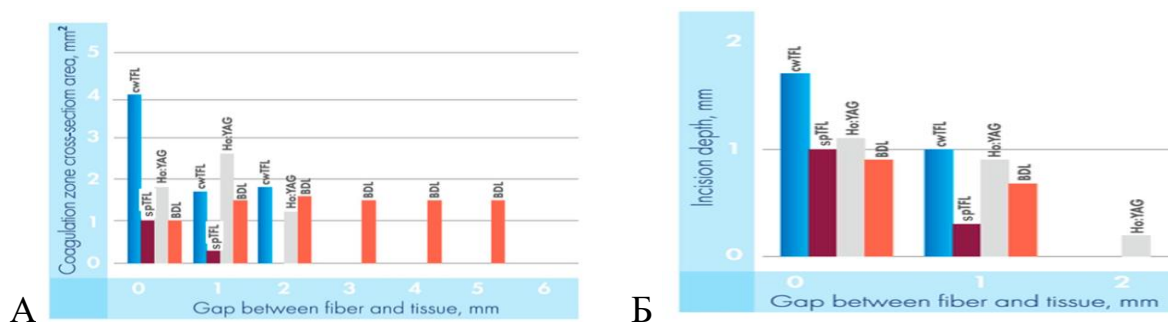


Рисунок 3 – А: Зона коагуляции; Б: Глубина резов четырех видов лазера

Последней задачей лабораторного этапа стала оценка свойств гибридного (TFL + BDL) лазера. Показано, что применение гибридного лазера позволяет значительно увеличить скорость разрезания тканей, при этом сохранив глубину проникновения и коагуляции на уровне QCW TFL (Рисунок 4). Отличительной особенностью гибридного лазера также является меньшая, чем у TFL, степень карбонизации тканей.

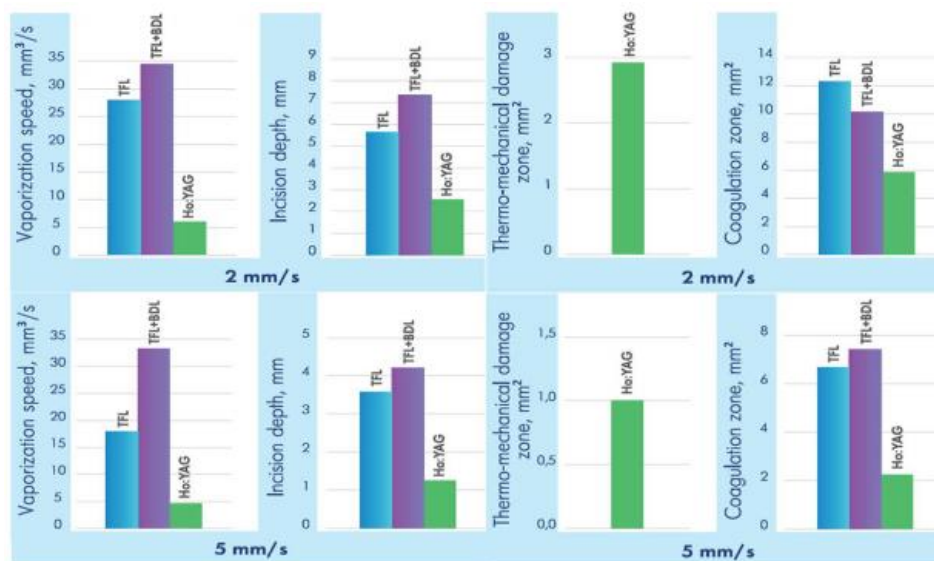


Рисунок 4 – Результаты скорости вапоризации (мм куб/сек) и зоны термомеханического повреждения (мм куб) после лазерного воздействия при скорости 2 и 5 мм/с соответственно

### Результаты клинического исследования и обсуждение

Всего в исследование включены 205 пациентов, 42 из них не завершили весь процесс наблюдения и были исключены из анализа (отказ от участия, невозможность заполнения опросников и т.д.). В итоге в финальный анализ

включены 163 пациента: 77 из них – в группу HoLEP. Группы не различались между собой по возрасту, объему простаты, уровню ПСА и функциональным показателям мочеиспускания (Таблица 2).

Таблица 2 – Исходные характеристики

| Показатели                    | <b>HoLEP<br/>(n=77)</b> | <b>ThuFLEP<br/>(n=86)</b> | <b>p</b> |
|-------------------------------|-------------------------|---------------------------|----------|
| Возраст (лет)                 | 65,0 ± 7,0              | 64,3 ± 6,2                | 0,43     |
| Размер простаты (мл)          | 64,7 ± 17,5             | 66,2 ± 18,9               | 0,61     |
| ПСА (нг/мл)                   | 4,2 ± 4,1               | 3,8 ± 3,8                 | 0,59     |
| Нв (ммоль / л)                | 146,8 ± 13,9            | 149,9 ± 13,3              | 0,15     |
| Qmax (мл/сек)                 | 8,6 ± 2,6               | 8,7 ± 3,2                 | 0,89     |
| Качество жизни                | 5,0 ± 1,0               | 5,1 ± 0,8                 | 0,32     |
| Объем<br>остаточной мочи (мл) | 75,5 ± 77,3             | 76,5 ± 70,2               | 0,94     |
| IPSS                          | 24,3 ± 5,1              | 23,3 ± 6,0                | 0,29     |
| QUID                          | 8,8 ± 2,8               | 8,7 ± 2,4                 | 0,77     |
| МИЭФ-5                        | 15,4 ± 7,0              | 15,7 ± 6,5                | 0,78     |

Общая продолжительность операции, длительность энуклеации и морцелляции не различались между группами ( $p=0,24$ ,  $p=0,32$ ,  $p=0,09$ , соответственно) (Таблица 3). Масса удаленной ткани и снижение уровня гемоглобина также были сопоставимы ( $p=0,44$ ,  $p=0,48$ ). Длительность катетеризации составила  $1,1 \pm 0,3$  дней в группе HoLEP и  $1,0 \pm 0,3$  дней в группе ThuFLEP ( $p = 0,75$ ), а длительность госпитализации –  $2,7 \pm 1,1$  и  $2,2 \pm 1,2$  дней в группах HoLEP и ThuFLEP, соответственно ( $p = 0,61$ ).

Таблица 3 – Периоперационные данные

| Показатели                          | <b>HoLEP<br/>(n=77)</b> | <b>ThuFLEP<br/>(n=86)</b> | <b>p</b> |
|-------------------------------------|-------------------------|---------------------------|----------|
| Продолжительность<br>операции (мин) | 55,9 ± 19,4             | 60,3 ± 26,4               | 0,24     |
| Длительность<br>энуклеации (мин)    | 36,2 ± 13,7             | 38,8 ± 17,9               | 0,32     |

## Продолжение таблицы 3

|                                       |                  |                  |      |
|---------------------------------------|------------------|------------------|------|
| Длительность морцелляции (мин)        | $12,4 \pm 4,9$   | $13,9 \pm 5,6$   | 0,09 |
| Масса удаленной ткани (г)             | $42,7 \pm 15,5$  | $44,8 \pm 15,9$  | 0,44 |
| Нб (ммоль / л)<br>(Послеоперационный) | $141,1 \pm 13,5$ | $142,7 \pm 13,6$ | 0,48 |
| Длительность катетеризации (дни)      | $1,1 \pm 0,3$    | $1,0 \pm 0,3$    | 0,75 |
| Длительность госпитализации (дни)     | $2,7 \pm 1,1$    | $2,2 \pm 1,2$    | 0,61 |

На протяжении периода наблюдения никаких значимых различий в функциональных результатах операции между группами HoLEP и ThuFLEP не отмечено. Так в группе HoLEP IPSS через месяц после операции составлял  $12,2 \pm 5,8$ , в группе ThuFLEP -  $11,3 \pm 5,0$  ( $p=0,36$ ); через 3 эти значения составили  $10,1 \pm 5,7$  и  $9,2 \pm 4,6$  соответственно ( $p=0,39$ ), а через 6 месяцев -  $9,3 \pm 5,8$  и  $7,9 \pm 4,2$  соответственно ( $p=0,15$ ). В обеих группах отмечено статистически значимое улучшение IPSS после операции ( $p < 0,001$ ) (Рисунок 5).

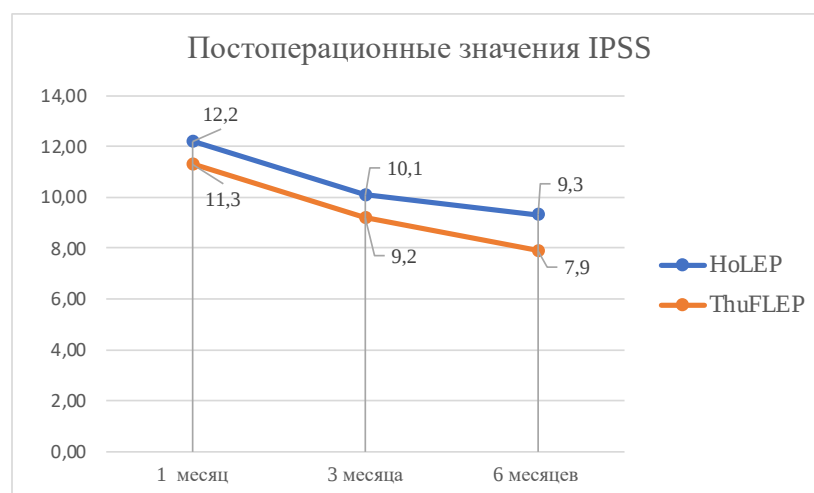


Рисунок 5 – Послеоперационная динамика изменения балла по шкале IPSS в двух группах

Среднее значение QUID в группах HoLEP и ThuFLEP через 1 месяц после операции составило  $10,5 \pm 4,4$  и  $10,3 \pm 4,2$  соответственно ( $p=0,77$ ); через 3 месяца после операции -  $7,8 \pm 3,1$  и  $7,8 \pm 2,7$  соответственно ( $p=0,97$ ), через 6 месяцев -  $7,2 \pm 2,2$  и  $7,3 \pm 2,3$  соответственно ( $p=0,78$ ) (Рисунок 6).

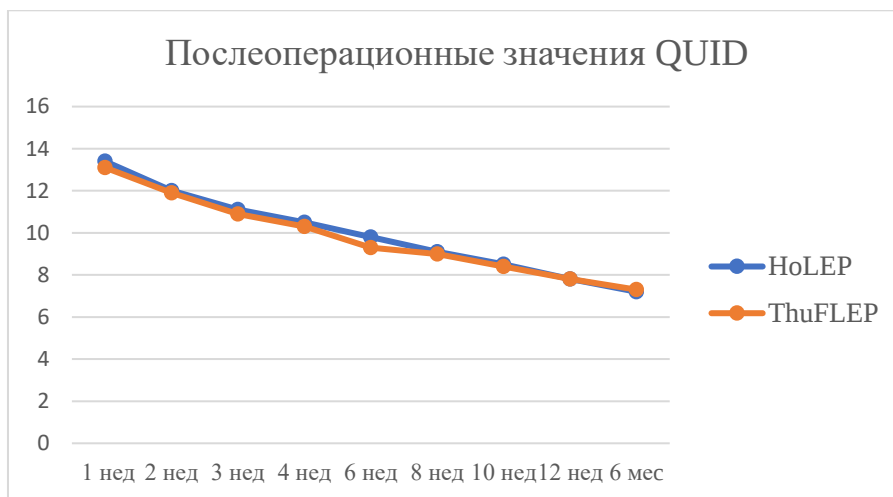


Рисунок 6 – Послеоперационная динамика изменения балла по шкале QUID в двух группах

Средние значения общего балла ICIQ-MLUTS в группах HoLEP и ThuFLEP через 1 месяц после операции  $8,29 \pm 6,27$  и  $6,29 \pm 3,38$  соответственно ( $p = 0,3$ ); через 3 месяца после операции -  $4,14 \pm 5,11$  и  $3,00 \pm 2,15$  соответственно ( $p = 0,45$ ). После операции отмечалось существенное улучшение показателя ICIQ-MLUTS в обеих группах (Таблица 4).

Через 3 месяца после операции стрессовое недержание мочи отмечалось у 1,3% пациентов после HoLEP и у 3,4% пациентов после ThuFLEP ( $p = 0,35$ ). Через шесть месяцев после процедуры это значение сохранилось в группе HoLEP (1,3%) и снизилось до 2,3% в группе ThuFLEP ( $p = 0,54$ ), статистически значимых различий не наблюдалось (Таблица 5).

Таблица 4 – Результаты ICIQ-MLUTS до операции, через 1 и 3 месяца после операции.

| Шкалы                            | До ЭЭП    |             | 1 мес после |             | 3 мес после |             |
|----------------------------------|-----------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
|                                  | HoL<br>EP | Thu<br>FLEP | Ho<br>LEP   | ThuF<br>LEP | HoL<br>EP   | Thu<br>FLEP |
| Общий балл                       | 18,3±5,2  | 20,1±4,9    | 8,3±6,3     | 6,3±3,4     | 4,1±5,1     | 3,0±2,2     |
| р, до операции vs после операции | -         | -           | <0,001      | <0,001      | <0,001      | <0,001      |
| р, HoLEP vs ThuFLEP              | 0,361     |             | 0,303       |             | 0,448       |             |
| Шкала беспокойства               | 59,9±25,6 | 62,4±19,6   | 29,3±22,4   | 20,4±11,9   | 11,8±14,4   | 7,7±6,8     |
| р, до операции vs после операции | -         | -           | 0,002       | <0,001      | <0,001      | <0,001      |
| р, HoLEP vs ThuFLEP              | 0,774     |             | 0,202       |             | 0,347       |             |
| Шкала мочеиспускания             | 11,0±3,0  | 13,4±3,0    | 1,8±3,4     | 0,3±0,5     | 0,9±2,9     | 0,1±0,4     |
| р, до операции vs после операции | -         | -           | <0,001      | <0,001      | <0,001      | <0,001      |
| р, HoLEP vs ThuFLEP              | 0,049     |             | 0,110       |             | 0,237       |             |
| Шкала недержания                 | 3,3±1,8   | 3,3±2,0     | 4,0±2,5     | 3,9±2,3     | 1,6±1,7     | 1,4±1,6     |
| р, до операции vs после операции | -         | -           | 0,393       | 0,485       | 0,015       | 0,012       |
| р, HoLEP vs ThuFLEP              | 1,000     |             | 0,875       |             | 0,821       |             |

Таблица 5 – Частота недержания мочи у пациентов через 3 и 6 месяцев после ThuFLEP или HoLEP

|                      | Время наблюдения |                    |      |                  |                    |      |
|----------------------|------------------|--------------------|------|------------------|--------------------|------|
|                      | 3 месяца         |                    |      | 6 месяцев        |                    |      |
|                      | HoLEP,<br>n = 77 | ThuFLEP,<br>n = 86 | p    | HoLEP,<br>n = 77 | ThuFLEP,<br>n = 86 | p    |
| Стрессовое,<br>n (%) | 1 (1,3)          | 3 (3,4)            | 0,35 | 1 (1,3)          | 2 (2,3)            | 0,54 |
| Ургентное, n<br>(%)  | 4 (5,2)          | 1 (1,2)            | 0,15 | 2 (2,6)          | 0                  | 0,22 |
| Смешанное,<br>n (%)  | 1 (1,3)          | 1 (1,2)            | 0,72 | 1 (1,3)          | 1 (1,2)            | 0,72 |

Значение показателя МИЭФ-5 на третий и шестой месяц после операции составило  $13,7 \pm 7,4$  и  $14,2 \pm 7,5$  в группе HoLEP и  $13,9 \pm 7,2$  и  $14,7 \pm 7,4$  в группе ThuFLEP (Рисунок 7 А). Изменение показателя QoL на первый, третий и шестой месяц после операции составило  $2,7 \pm 1,3$ ;  $2,0 \pm 1,3$  и  $1,8 \pm 1,2$  для группы HoLEP и  $2,7 \pm 1,5$ ;  $2,1 \pm 1,2$ ;  $1,9 \pm 1,3$  для группы ThuFLEP (Рисунок 7 Б).

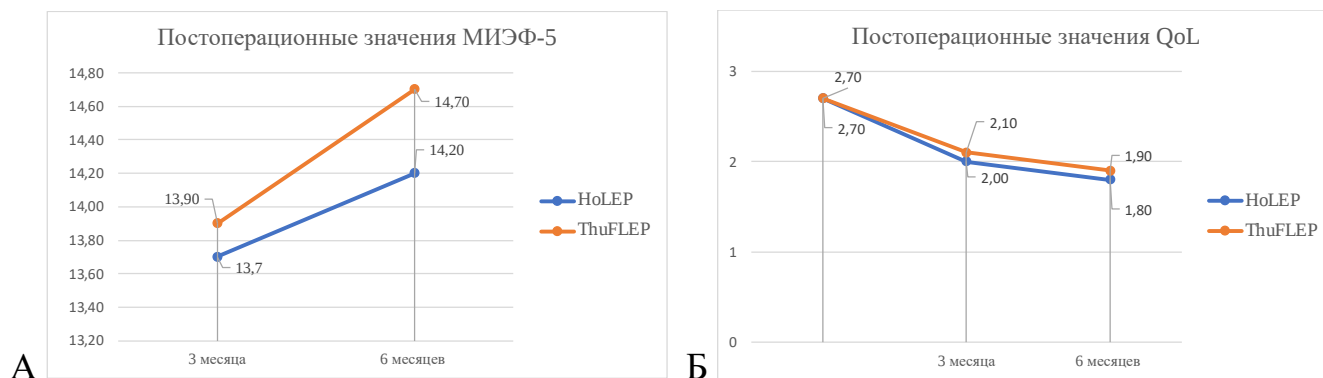


Рисунок 7 – А. Динамика послеоперационного значения балла по шкале МИЭФ-5 в двух группах. Б. Динамика послеоперационного показателя качества жизни в двух групп

Частота послеоперационных осложнений в группах не различалась (Таблица 6). Отсроченная морцелляция выполнена одному пациенту в группе HoLEP (из-за интраоперационного кровотечения и снижения видимости). Также 3 пациентам в группе HoLEP потребовалось повторное вмешательство на 6-м месяце наблюдения по причине развившейся рубцовой деформации шейки мочевого пузыря или

стриктуры уретры. Послеоперационные кровотечения наблюдались у 3 пациентов в группе ThuFLEP и у 1 в группе HoLEP.

Таблица 6 – Ранние и поздние послеоперационные осложнения после ThuFLEP или HoLEP

| Параметры                                                                | HoLEP, n = 77 | ThuFLEP, n = 86 | p    |
|--------------------------------------------------------------------------|---------------|-----------------|------|
| Clavien-dindo II                                                         |               |                 |      |
| Инфекция мочевых путей, n (%)                                            | 2 (2,6)       | 0 (0)           | 0,13 |
| Острая задержка мочеиспускания, n (%)                                    | 3 (3,9)       | 1 (1,2)         | 0,26 |
| Clavien-dindo III                                                        |               |                 |      |
| Тампонада мочевого пузыря, требующая хирургического вмешательства, n (%) | 1 (1,3)       | 3 (3,4)         | 0,35 |
| Поздние осложнения (> 3 мес)                                             |               |                 |      |
| Стриктура уретры или рубцовая деформация шейки мочевого пузыря, n (%)    | 3 (3,9)       | 0 (0)           | 0,10 |

Дополнительно проанализированы результаты различных методик энуклеации. Энуклеация en bloc проведена у 81 пациента, а двух-долевая - у 82. Между en bloc и двух-долевой энуклеацией различий во времени операции и функциональных результатах не было обнаружено ( $p>0,05$ ).

Полученные в клинической части результаты еще раз подтверждает постулат, предложенный Prof. Herrmann – «Энуклеация – это энуклеация» т. е. ключевой фактор, определяющий эффективность методики, это сама техника и, разумеется, навык хирурга, тогда как эффекты, возникающие при взаимодействии лазера и ткани, носят вторичный характер (Herrmann, 2016).

## ВЫВОДЫ

1. В хирургии мягких тканей QCW TFL может рассматриваться в качестве высокоэффективной альтернативы гольмиевому лазеру. QCW TFL обеспечивает быстрый, глубокий и точный рез с умеренной карбонизацией, в то время как SP TFL производит разрез аналогичный разрезу Ho:YAG.

2. Применение гибридного лазера в лабораторном эксперименте позволяет снизить выраженность карбонизации по сравнению с TFL, при этом скорость абляции ткани выше у гибридного лазера.

3. Изменение диаметра лазерного волокна оказывает минимальное влияние на эффективность и безопасность лазеров QCW TFL и SP TFL.

4. У пациентов, перенесших HoLEP и ThuFLEP, частота стрессового недержания и выраженность ирритативных симптомов не различается.

### **ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ**

1. Для эффективной коагуляции гольмиевым лазером необходимо располагать кончика волокна на расстоянии примерно в 4 мм от ткани (при средней мощности 60 Вт); эффективная коагуляция тулиевым волоконным лазером возникает на расстоянии вдвое меньшем (2 мм) (при схожей мощности).

2. В случае, если вы используете тулиевый волоконный лазер в режиме QCW (квази-непрерывный режим), следует ожидать глубокого и быстрого реза, однако с повышенной карбонизацией; при этом, добиться минимальной карбонизации возможно в суперимпульсном режиме (SP), однако следует ожидать снижения глубины и скорости реза.

3. Диаметр лазерного волокна, используемого при энуклеации, не влияет на эффективность реза, однако может уменьшить площадь коагуляции, что отрицательно скажется на эффективности коагуляции.

4. Клинические результаты (частота ирритативной симптоматики и недержания мочи) в послеоперационном периоде для гольмиевого и тулиевого волоконного лазеров схожи в руках опытных хирургов; следовательно, оба лазера могут быть рекомендованы для клинического применения.

## СПИСОК РАБОТ, ОПУБЛИКОВАННЫХ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

1. Becker B, Netsch C, Glybochko P, Rapoport L, **Taratkin M**, Enikeev D. A Feasibility Study Utilizing the Thulium and Holmium Laser in Patients for the Treatment of Recurrent Benign Prostatic Hyperplasia after Previous Prostatic Surgery. // Urol Int. 2018; 101(2):212-218.
2. Enikeev D, Glybochko P, Okhunov Z, Alyaev Y, Rapoport L, Tsarichenko D, Enikeev M, Sorokin N, Dymov A, **Taratkin M**. Retrospective Analysis of Short-Term Outcomes After Monopolar Versus Laser Endoscopic Enucleation of the Prostate: A Single Center Experience. // J Endourol. 2018 May; 32(5):417-423.
3. Enikeev D, Glybochko P, Rapoport L, Okhunov Z, O'Leary M, Potoldykova N, Sukhanov R, Enikeev M, Laukhtina E, **Taratkin M**. Impact of endoscopic enucleation of the prostate with thulium fiber laser on the erectile function. // BMC Urol. 2018 Oct 12;18(1):87.
4. Enikeev D, Glybochko P, Rapoport L, Gahan J, Gazimiev M, Spivak L, Enikeev M, **Taratkin M**. A Randomized Trial Comparing The Learning Curve of 3 Endoscopic Enucleation Techniques (HoLEP, ThuFLEP, and MEP) for BPH Using Mentoring Approach-Initial Results. // Urology. 2018 Nov; 121:51-57.
5. Enikeev D, Glybochko P, Rapoport L, Snurnitsyna O, Potoldykova N, Novoselova T, Laukhtina E, **Taratkin M**, Margulis V. Need for upper urinary tract stenting in cases of ureteral orifice injury during laser enucleation of the prostate. // Int Urol Nephrol. 2018 Dec; 50(12):2173-2177.
6. Enikeev D, Okhunov Z, Rapoport L, **Taratkin M**, Enikeev M, Snurnitsyna O, Capretz T, Inoyatov J, Glybochko P. Novel Thulium Fiber Laser for Enucleation of Prostate: A Retrospective Comparison with Open Simple Prostatectomy. // J Endourol. 2019 Jan; 33(1):16-21.
7. Enikeev D, **Taratkin M**, Laukhtina E, Alekseeva T, Snurnitsyna O, Potoldykova N, Gerasimov A, Glybochko P. En bloc and two-lobe techniques for laser endoscopic enucleation of the prostate: retrospective comparative analysis of peri- and postoperative outcomes. // Int Urol Nephrol. 2019 Nov; 51(11):1969-1974.
8. Enikeev D, Netsch C, Rapoport L, Gazimiev M, Laukhtina E, Snurnitsyna O, Alekseeva T, Becker B, **Taratkin M**, Glybochko P. Novel thulium fiber laser for

endoscopic enucleation of the prostate: A prospective comparison with conventional transurethral resection of the prostate. // *Int J Urol*. 2019 Dec; 26(12):1138-1143.

9. Enikeev D, Shariat SF, **Taratkin M**, Glybochko P. The changing role of lasers in urologic surgery. // *Curr Opin Urol*. 2020 Jan; 30(1):24-29.

10. Morozov A, **Taratkin M**, Kozlov V, Tarasov A, Bezrukov E, Enikeev M, Afyouni AS, Okhunov Z, Glybochko P, Enikeev D. Retrospective Assessment of Endoscopic Enucleation of Prostate Complications: A Single-Center Experience of More Than 1400 Patients. // *J Endourol*. 2020 Feb; 34(2):192-197.

11. Becker B, Enikeev D, Netsch C, Gross AJ, Laukhtina E, Glybochko P, Rapoport L, Herrmann TRW, **Taratkin M**. Comparative Analysis of Vaporization and Coagulation Properties of a Hybrid Laser (Combination of a Thulium and Blue Diode Laser) Vs Thulium and Ho:YAG Lasers: Potential Applications in Endoscopic Enucleation of the Prostate. // *J Endourol*. 2020 Aug; 34(8):862-867.

12. Enikeev D, **Taratkin M**, Morozov A, Singla N, Gabdulina S, Tarasov A, Sukhanov R, Rivas JG, Laukhtina E, Arshiev M, Mikhailov V, Glybochko P. Long-Term Outcomes of Holmium Laser Enucleation of the Prostate: A 5-Year Single-Center Experience. // *J Endourol*. 2020 Oct; 34(10):1055-1063.

13. Enikeev D, Traxer O, **Taratkin M**, Okhunov Z, Shariat S. A review of thulium-fiber laser in stone lithotripsy and soft tissue surgery. // *Curr Opin Urol*. 2020 Nov;30(6):853-860.

14. Enikeev D, Morozov A, **Taratkin M**, Misrai V, Rijo E, Podoinitsin A, Gabdullina S, Herrmann TRW. Systematic review of the endoscopic enucleation of the prostate learning curve. // **World J Urol**. 2021 Jul; 39(7):2427-2438. doi: 10.1007/s00345-020-03451-1.[Scopus]

15. **Taratkin M**, Azilgareeva C, Taratkina D, Goryacheva E, Rapoport L, Enikeev D. Laser endoscopic procedures on the prostate: it is the small details that count. // **Curr Opin Urol**. 2021 Sep 1; 31(5):468-472. doi: 10.1097/MOU.0000000000000919. [Scopus]

16. **Taratkin M**, Azilgareeva C, Cacciamani GE, Enikeev D. Thulium fiber laser in urology: physics made simple. // **Curr Opin Urol**. 2022 Mar 1; 32(2):166-172. doi: 10.1097/MOU.0000000000000967. [Scopus]

17. **Taratkin M**, Enikeev D. Does Endoscopic Enucleation of the Prostate Need New Lasers? Current Perspective on New Laser Devices. // **Eur Urol Focus**. 2022 Mar; 8(2):394-395. doi: 10.1016/j.euf.2022.04.002. [Scopus]

18. Enikeev D, **Taratkin M**, Babaevskaya D, Morozov A, Petov V, Sukhanov R, Shpot E, Misrai V, Chinenov D, Enikeev M, Herrmann T. Randomized prospective trial of the severity of irritative symptoms after HoLEP vs ThuFLEP. // **World J Urol**. 2022 Aug; 40(8):2047-2053. doi: 10.1007/s00345-022-04046-8. [Scopus]

19. Petov V, Babaevskaya D, **Taratkin M**, Chuvalov L, Lusuardi L, Misrai V, Sukhanov R, Scoffone CM, Enikeev D. Thulium Fiber Laser Enucleation of the Prostate: Prospective Study of Mid- and Long-Term Outcomes in 1328 Patients. // **J Endourol**. 2022 Sep; 36(9):1231-1236. doi: 10.1089/end.2022.0029. [Scopus]

20. **Taratkin M**, Shpikina A, Morozov A, Novikov A, Fokin I, Petov V, Herrmann TR, Misrai V, Lusuardi L, Teoh JY, McFarland J, Kozlov V, Enikeev D. Enucleation vs. vaporization of benign prostatic hyperplasia: a head-to-head comparison of the various outcomes and complications. A systematic review and meta-analysis. // **Minerva Urol Nephrol**. 2022 Oct; 74(5):559-569. doi: 10.23736/S2724-6051.21.04639-5. [Scopus]

21. Глыбочко П.В., Аляев Ю.Г., Рапопорт Л.М., Еникеев Д.В., Охунов Ж., Нэтш К., Спивак Л.Г., **Тараткин М.С.** Эндоскопическая энуклеация простаты: временный тренд или новый стандарт лечения? // Урология. 2018; 2:130-133.

22. Еникеев Д.В., Охунов Ж.Х., Рапопорт Л.М., Йоссепович О, **Тараткин М.С.**, Лаухтина Е.А., Алексеева Т.М., Снурницына О.В., Глыбочко П.В. Тулиевая волоконная лазерная энуклеация гиперплазии простаты гигантских размеров (330 см<sup>3</sup>). // Вопросы урологии и андрологии. 2019; 7(2):28-31.

23. **Тараткин М.С.**, Шпикина А.Д., Еникеев Д.В. Лазеры. Главный вопрос - где и как их применять? // **Вопросы урологии и андрологии**. 2020;8(2):33-39. doi: 10.20953/2307-6631-2020-2-33-39.

24. Лаухтина Е.А., Аршиев М.Р., **Тараткин М.С.**, Еникеев Д.В. Сравнение лазерного и электрического видов энергии при эндоскопической энуклеации простаты. // Вопросы урологии и андрологии. 2020;8(2):16-26.

## СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ И УСЛОВНЫХ ОБОЗНАЧЕНИЙ

ДГПЖ – доброкачественная гиперплазия предстательной железы;

МИЭФ-5 – международный индекс эректильной функции (сокращенная версия с пятью вопросами);

СНМП – симптомы нижних мочевых путей;

ОА – открытая аденомэктомия;

ЭЭП – эндоскопическая энуклеация простаты;

ТУРП – трансуретральная резекция простаты;

IPSS – International Prostate Symptom Score – международная система суммарной оценки симптомов при заболеваниях простаты;

Q<sub>max</sub> – максимальная скорость потока мочи;

QoL – Quality of Life – индекс качества жизни;

Ho:YAG (Holmium:YAG) – гольмиевый лазер на иттрийалюминиевом гранате;

HoLEP – holmium laser enucleation of the prostate – гольмиевая лазерная энуклеация

ThuFLEP – thulium fiber laser enucleation of the prostate – тулиевая волоконная лазерная энуклеация простаты;

TFL – тулиевый волоконный лазер.