

Лазеры и лазерные ТЕХНОЛОГИИ

A.S. Merseburger (председатель), T.R. Herrmann, E. Liatsikos,
U. Nagele, O. Traxer

Перевод: Ю.С. Сиромолот
Научное редактирование: Д.С. Меринов



**European
Association
of Urology**

СОДЕРЖАНИЕ

1.	ВВЕДЕНИЕ	5
1.1.	Методология	5
1.1.1.	Идентификация данных	5
1.1.2.	Оценка качества данных	6
1.2.	Литература	6
2.	ЛЕЧЕНИЕ ИНФРАВЕЗИКАЛЬНОЙ ОБСТРУКЦИИ И ДОБРОКАЧЕСТВЕННОЙ ГИПЕРПЛАЗИИ ПРЕДСТАТЕЛЬНОЙ ЖЕЛЕЗЫ С ПОМОЩЬЮ ЛАЗЕРА	7
2.1.	Введение	7
2.2.	Физические принципы воздействия лазера	7
2.2.1.	Отражение	7
2.2.2.	Рассеяние	7
2.2.3.	Поглощение	7
2.2.4.	Глубина полного поглощения	7
2.3.	Исторический опыт использования лазеров	8
2.3.1.	Лазер Nd:YAG	8
2.3.2.	Методики, основанные на применении лазера Nd:YAG	8
2.4.	Литература	9
3.	СОВРЕМЕННЫЕ ЛАЗЕРНЫЕ СИСТЕМЫ	9
3.1.	Введение	9
3.2.	Лазеры с генерацией второй гармоники на основе КТР (калия титанилфосфат, КТР:Nd:YAG (SHG)) и LBO (лития борат, LBO:Nd:YAG (SHG))	10
3.2.1.	Физические свойства	10
3.2.1.1.	Способность к абляции	10
3.2.1.2.	Кровопотеря	11
3.2.1.3.	Зона коагуляции	11
3.2.2.	Хирургические методики с применением лазеров КТР/LBO	11
3.2.3.	Уродинамические результаты и уменьшение выраженности симптомов	11
3.2.4.	Риск и осложнения, устойчивость результатов	13
3.2.4.1.	Интраоперационные осложнения	13
3.2.4.2.	Ранние послеоперационные осложнения	13
3.2.4.3.	Отдаленные осложнения и устойчивость результатов	14
3.2.5.	Заклучения и рекомендации по использованию лазеров на основе КТР и LBO	14
3.2.6.	Литература	15
3.3.	Диодные лазеры	17
3.3.1.	Общие сведения	17
3.3.2.	Физические свойства	17
3.3.2.1.	Способность к абляции	17
3.3.2.2.	Кровопотеря	17
3.3.2.3.	Зона коагуляции	18
3.3.3.	Методики с использованием диодного лазера	19
3.3.4.	Клинические результаты	19
3.3.4.1.	Уродинамические параметры, уменьшение выраженности симптомов, снижение уровня ПСА	19
3.3.5.	Риск и осложнения, устойчивость результатов	19
3.3.5.1.	Интраоперационные осложнения	19
3.3.5.2.	Ранние послеоперационные осложнения	20
3.3.5.3.	Отдаленные осложнения	20
3.3.5.4.	Практические соображения	20
3.3.5.5.	Рекомендации по лечению предстательной железы с помощью диодных лазеров	20
3.4.	Гольмиевый лазер на алюмоиттриевом гранате (Ho:YAG)	21
3.4.1.	Общие аспекты	21
3.4.2.	Физические свойства	21
3.4.3.	Методики с применением гольмиевого лазера	21
3.4.4.	Вапоризация (абляция) предстательной железы с помощью гольмиевого лазера	21

3.4.5.	Резекция предстательной железы с помощью гольмиевого лазера	22
3.4.6.	Энуклеация предстательной железы с помощью гольмиевого лазера	22
3.4.7.	Риск и осложнения, устойчивость результатов	24
3.4.8.	Интраоперационные осложнения	24
3.4.8.1.	HoLAP	24
3.4.8.2.	HoLRP	24
3.4.8.3.	HoLEP	24
3.4.9.	Ранние послеоперационные осложнения	25
3.4.9.1.	HoLAP	25
3.4.9.2.	HoLRP	25
3.4.9.3.	HoLEP	25
3.4.10.	Отдаленные осложнения	25
3.4.10.1.	HoLAP	25
3.4.10.2.	HoLRP	26
3.4.10.3.	HoLEP	26
3.4.11.	Практические соображения	27
3.4.12.	Рекомендации по лечению с помощью гольмиевого лазера (Ho:YAG)	27
3.4.13.	Литература	27
3.5.	Тулиевый лазер на алюмоиттриевом гранате (Tm:YAG)	30
3.5.1.	Физические свойства	31
3.5.1.1.	Способность к абляции	31
3.5.1.2.	Кровопотеря	31
3.5.1.3.	Зона коагуляции	31
3.5.2.	Методики, основанные на применении тулиевого лазера	31
3.5.2.1.	Вапоризация предстательной железы при помощи тулиевого лазера	32
3.5.2.2.	Резекция предстательной железы при помощи тулиевого лазера (ThuVAP)	32
3.5.2.3.	Вапоэнуклеация предстательной железы при помощи тулиевого лазера (ThuVAP)	32
3.5.2.4.	Энуклеация предстательной железы при помощи тулиевого лазера (ThuLEP)	33
3.5.3.	Риск и осложнения, устойчивость результатов	33
3.5.3.1.	Интраоперационные осложнения	33
3.5.3.2.	Ранние послеоперационные осложнения	34
3.5.3.3.	Отдаленные осложнения и частота повторных вмешательств	34
3.5.4.	Заключения и рекомендации относительно использования тулиевых лазеров	34
3.5.5.	Литература	35
4.	ПРИМЕНЕНИЕ ЛАЗЕРНЫХ УСТРОЙСТВ ДЛЯ ЛЕЧЕНИЯ ЗЛОКАЧЕСТВЕННЫХ НОВООБРАЗОВАНИЙ МОЧЕВОГО ПУЗЫРЯ	36
4.1.	Введение	36
4.2.	Клиническое применение и результаты	36
4.3.	Заключения и рекомендации по лазерному лечению рака мочевого пузыря	38
4.4.	Литература	38
5.	ПРИМЕНЕНИЕ ЛАЗЕРОВ В ЛАПАРОСКОПИИ/ЭНДОСКОПИИ	39
5.1.	Резекция почки с помощью лазера	39
5.1.1.	Введение	39
5.1.2.	Клиническое применение и результаты	39
5.1.3.	Заключения относительно резекции почки с применением лазера	41
5.2.	Радикальная нервосберегающая простатэктомия с использованием лазера (LNSPR)	41
5.2.1.	Заключения относительно лапароскопической радикальной нервосберегающей простатэктомии с применением лазера	42

6.	ИНТЕРСТИЦИАЛЬНАЯ АБЛАЦИЯ ОПУХОЛЕЙ ПОЧКИ	42
6.1.	Заключения и рекомендации по лазерному лечению небольших опухолей почки	43
6.2.	Литература	44
7.	РЕТРОГРАДНАЯ ЛАЗЕРНАЯ ЭНДОУРЕТЕРОТОМИЯ	44
7.1.	Введение	44
7.2.	Клиническое применение и результаты	46
7.3.	Заключения и рекомендации относительно ретроградной лазерной эндоуретеротомии	46
7.4.	Литература	50
8.	РЕТРОГРАДНАЯ ЛАЗЕРНАЯ ЭНДОПИЕЛОТОМИЯ ПО ПОВОДУ ОБСТРУКЦИИ ЛОХАНОЧНО-МОЧЕТОЧНИКОВОГО СЕГМЕНТА	47
8.1.	Введение	47
8.2.	Клиническое применение и результаты	49
8.3.	Заключения и рекомендации по лечению обструкции лоханочно-мочеточникового сегмента при помощи лазера	49
8.4.	Литература	50
9.	ТРАНСУРЕТРАЛЬНАЯ ЛАЗЕРНАЯ УРЕТЕРОТОМИЯ	50
9.1.	Введение	50
9.2.	Клиническое применение и результаты	52
9.3.	Заключения и рекомендации относительно трансуретральной лазерной эндоуретеротомии	52
9.4.	Литература	53
10.	КЛИНИЧЕСКОЕ ПРИМЕНЕНИЕ ЛАЗЕРОВ В ЛЕЧЕНИИ КАМНЕЙ И ОПУХОЛЕЙ ВЕРХНИХ МОЧЕВЫВОДЯЩИХ ПУТЕЙ	53
10.1.	Введение	54
10.2.	Камни в верхних мочевыводящих путях	55
	10.2.1. Заключения	55
10.3.	Уротелиальные опухоли верхних мочевыводящих путей	55
10.4.	Заключения и рекомендации относительно лазерного лечения уротелиальных опухолей верхних мочевыводящих путей	56
10.5.	Литература	58
11.	СОКРАЩЕНИЯ	

1. ВВЕДЕНИЕ

Отдел рекомендаций Европейской ассоциации урологов (ЕАУ) учредил рабочий совет по созданию рекомендаций для анализа опубликованных в мировой литературе научных данных о применении лазеров в урологической практике. Рабочий совет состоит из специалистов, которые представляют обнаруженные ими в ходе анализа факты, а также дают рекомендации по применению лазерных методик в урологической практике. Рекомендации также включают информацию по характеристикам лазеров, которая, по мнению совета, будет весьма полезна для практикующих врачей.

Целью данного документа является предоставление информации в отношении технических соображений, а также дополнение информации, содержащейся в других рекомендательных документах ЕАУ, посвященных методам лечения отдельных органов, а отнюдь не попытка конкурировать с этими документами.

Нижеследующие рекомендации по использованию лазеров и новейших технологий в урологии дают практикующим врачам информацию о физических основах, физиологическом и техническом аспектах, а также представляют первые клинические результаты, полученные с применением этой новой и развивающейся технологии. Особое внимание уделяется взаимодействию инструмента и тканей человеческого тела, хирургическим аспектам и возможностям, преимуществам и недостаткам новых инструментов, в том числе удобству работы с ними.

В данном разделе совет сосредоточился на лазерах, но в будущем мы намерены его расширить. Применение лазеров для лечения урологических заболеваний – быстро развивающаяся отрасль, в которой лазерные технологии уже сейчас используются для выполнения различных урологических медицинских вмешательств. В некоторых терапевтических направлениях лазеры стали основным методом лечения и стандартом медицинского обслуживания.

Как и в случае с другими хирургическими вмешательствами или процедурами, отмечается недостаток качественных публикаций. Но для лазерной медицины, в которой развитие технологий продолжается весьма быстрыми темпами, многие методы попросту еще не успели собрать достаточно данных для долговременных исследований. Безусловно, это создает проблемы для тех, кто пытается обсуждать данную тему с позиций доказательной медицины, и совет вполне осознает, что эти рекомендации потребуют обновления и пересмотра в весьма скором времени. Необходимо особо подчеркнуть, что данные клинические рекомендации содержат наилучшие свидетельства из тех, что были в распоряжении специалистов совета, но соблюдение рекомендаций не всегда приводит к наилучшему результату. Никакие рекомендации не заменяют практического опыта при принятии решения о лечении того или иного конкретного пациента, они лишь помогают очертить область возможного решения, но при этом всегда следует учитывать личные ценности и предпочтения, а также индивидуальные характеристики каждого больного.

При использовании лазеров важное место занимает вопрос безопасности. Весь персонал в операционной должен одевать защитные очки во избежание травмы роговицы или сетчатки. Это особенно важно при работе с неодимовыми лазерами на алюмоиттриевом гранате (Nd:YAG), излучение которых обладает сильным проникающим эффектом и может выжечь сетчатку еще до того, как мигательный рефлекс сможет ее защитить. Гольмиевые лазеры на алюмоиттриевом гранате (Ho:YAG) обладают не столь проникающим излучением, но они могут вызвать повреждение роговицы, если их направить в не защищенные специальными очками глаза. При использовании всех видов лазеров наружные участки тела следует адекватно укрывать простынями, а кожные поражения – специальными влажными салфетками. В идеальном случае в операционном поле не должно быть никаких отражающих объектов (например, металлических инструментов); если же это невозможно, операционное поле нужно закрывать влажными простынями. Кроме того, очень опасно использовать лазер в присутствии чистого кислорода в районе операционного поля, так как кислород под действием лазера может воспламениться и стать причиной пожара и тяжелых ожогов [1].

1.1. Методология

Первоочередной целью данной структурированной презентации той доказательной базы, которая имеется на настоящий момент в рассматриваемой области, является помощь лечащему врачу в принятии информированного решения относительно использования лазеров в своей практике.

Второй по важности целью было применение методик рекомендаций ЕАУ в данной области в условиях неразвитой доказательной базы.

1.1.1. Идентификация данных

Для каждого раздела данных рекомендаций к структурированному поиску в литературе привлекался специалист-консультант. Поиск проводился по базе данных систематических обзоров Кокрановской библиотеки, по Кокрановской библиотеке для контролируемых клинических исследований и по базам

данных Medline и Embase на платформе Dialog-Datatar. Использовалась контролируемая терминология соответствующих баз данных, анализ на соответствующие термины в запросах проводился как по словарию MeSH, так и по словарю Emtree.

Поисковая стратегия охватывала публикации последних 25 лет, находящиеся в базах Medline и Embase (1974), а конечная дата поиска была принята равной 15 ноября 2010 г.; более поздние публикации не рассматривались. Всего было найдено 436 документов. После их оценки рабочим советом были сочтены пригодными для включения в данный документ 243 статьи.

В Кокрановской библиотеке был обнаружен один обзор (лазерная простатэктомия при доброкачественной гиперплазии предстательной железы (ДГПЖ)) [2].

Был проведен также отдельный поиск по вопросу экономической эффективности применения лазеров, результатом которого стали 7 уникальных публикаций.

1.1.2. Оценка качества данных

Совет специалистов извлек соответствующие данные из отдельных публикаций, представив основные факты в таблицах, расположенных по всему разделу. Всем статьям присваивался уровень доказательности, а рекомендации ранжировались в соответствии с положениями, приведенными в табл. 1 и 2.

Таблица 1. Уровни доказательности (по данным Sackett et al. [3], с изменениями)

Уровень	Тип данных
1a	Данные получены путем метаанализа рандомизированных исследований
1b	Данные получены по меньшей мере в 1 рандомизированном исследовании
2a	Данные получены при проведении 1 хорошо спланированного контролируемого нерандомизированного исследования
2b	Данные получены как минимум в 1 хорошо спланированном квази-экспериментальном исследовании другого типа
3	Данные получены при проведении неэкспериментального исследования (сравнительного исследования, корреляционного анализа, исследования отдельных клинических случаев)
4	Данные получены из отчетов экспертных комиссий, на основе мнений или клинического опыта авторитетных специалистов

Таблица 2. Степени рекомендаций (по данным Sackett et al. [3], с изменениями)

Степень	Основание рекомендаций
A	Результаты получены при проведении хорошо спланированных клинических исследований, как минимум 1 из которых было рандомизированным
B	Результаты получены при проведении хорошо спланированных нерандомизированных клинических исследований
C	Клинические исследования должного качества не проводились

1.2. Литература

- Handa KK, Bhalla AP, Arora A. Fire during the use of Nd-Yag laser. Int J Pediatr Otorhinolaryngol 2001 Sep 28;60(3):239–42.
<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/11551615>
- Hoffman RM, MacDonald R, Wilt TJ. Laser prostatectomy for benign prostatic obstruction. Cochrane Database Syst Rev 2009;(1):CD001987.
<http://onlinelibrary.wiley.com/o/cochrane/clsysrev/articles/CD001987/frame.html>
- Oxford Centre for Evidence-based Medicine Levels of Evidence (March 2009). Produced by Bob Phillips, Chris Ball, Dave Sackett, Doug Badenoch, Sharon Straus, Brian Haynes, Martin Dawes since November 1998.
<http://www.cebm.net/index.aspx?o=1025> [accessed March 2011]

2. ЛЕЧЕНИЕ ИНФРАВЕЗИКАЛЬНОЙ ОБСТРУКЦИИ И ДОБРОКАЧЕСТВЕННОЙ ГИПЕРПЛАЗИИ ПРЕДСТАТЕЛЬНОЙ ЖЕЛЕЗЫ С ПОМОЩЬЮ ЛАЗЕРА

2.1. Введение

ДГПЖ, приводящая к возникновению инфравезикальной обструкции (ИВО), может подвергаться лечению с помощью лазера несколькими способами, с использованием различных типов лазеров и вариантов их применения. Разные системы оказывают разное качественное и количественное воздействие на ткани, например: вызывают коагуляцию, вапоризацию или резекцию, а также позволяют осуществлять энуклеацию через разрез (табл. 3). Применение лазеров рассматривается как альтернатива трансуретральной резекции предстательной железы (ТУР ПЖ). Соответственно в результате этой процедуры должно достигаться такое же облегчение симптомов и улучшение качества жизни, как при ТУР ПЖ. Лечение должно также улучшать все уродинамические параметры, такие как максимальная скорость мочеиспускания (Q_{\max}), остаточный объем мочи (PVR) и максимальное давление детрузора ($P_{\det_{\max}}$) при меньшем уровне осложнений и более коротком сроке госпитализации, чем в случае выполнения ТУР ПЖ.

Данный раздел в основном посвящен современным методам лечения лазером при ИВО, обусловленной ДГПЖ.

2.2. Физические принципы воздействия лазера

ЛАЗЕР – это сокращение от английского выражения Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation, т. е. «усиление света за счет стимулированного выпуска излучения». Лазерное излучение – это просто направленный пучок света с очень узким диапазоном длин волн. Это, по сути, синоним для света определенной цветовой характеристики, который может относиться как к видимому, так и к невидимому участкам электромагнитного спектра [1].

2.2.1. Отражение

При контакте лазерного пучка с тканями тела часть его отражается на границе проникновения, следовательно, при этом могут нагреваться и повреждаться соседние ткани. Отражение может зависеть от оптических свойств ткани и характера ирригации в этой области. Поскольку отражение мало зависит от длины волны, им можно пренебречь при выборе той длины волны, которая будет использоваться в хирургическом лазере.

2.2.2. Рассеяние

Разнородность состава тканей приводит к тому, что проникающий лазерный пучок рассеивается в них. Рассеяние смещает часть лазерного пучка в сторону от намеченного пути распространения и, следовательно, от его цели. Степень рассеяния зависит от размера частиц на пути лазерного пучка и от длины волны лазерного излучения. Коротковолновое излучение рассеивается значительно сильнее, чем длинноволновое, т. е. голубой лазерный луч дает более сильное рассеяние, чем зеленый, зеленый – более сильное, чем красный, а красный рассеивается сильнее инфракрасного луча.

2.2.3. Поглощение

Поглощение – важнейший процесс при взаимодействии ткани и света, хотя он и не единственный. По мере увеличения плотности среды поглощение лазерного излучения растет экспоненциально. Поглощенное лазерное излучение превращается в тепло, вызывая местный нагрев. В зависимости от количества тепла ткань коагулирует или даже испаряется. Наиболее вероятно повышение температуры в непосредственной близости к поверхности ткани, нежели дальше в глубину, так как интенсивность лазерного пучка по мере проникновения в ткань снижается экспоненциально, а также вследствие непосредственного процесса поглощения лазерной энергии.

Абсорбция, однако, возможна только в присутствии хромофора. Хромофоры – это химические группы, способные поглощать свет определенной частоты, за счет чего молекула представляется нам окрашенной в тот или иной цвет. Примерами хромофоров в теле человека являются меланин, кровь и вода. На рис. 1 показана зависимость глубины поглощения лазерного пучка от длины волны излучения. Под глубиной поглощения понимается оптический путь, на длине которого поглощается 63 % энергии падающего лазерного луча.

2.2.4. Глубина полного поглощения

Под глубиной полного поглощения (исчезновения) понимается такая толщина ткани, в которой 90 % энергии падающего лазерного пучка поглощается и превращается в тепло. Глубина полного поглощения равна 2,3 величины глубины поглощения. Чаще всего в качестве хромофоров для хирургических лазеров используются гемоглобин и вода (см. рис. 1).

Вскоре после поглощения лазерного пучка круглого сечения создаваемое тепло выделяется в цилиндрическом объеме ткани, длина которого соответствует величине полного поглощения, а диаметр приблизительно равен диаметру лазерного волокна. Плотность поглощенной энергии определяет воздействие, оказываемое лазером на ткани.

Важно, чтобы эффект, достигаемый на длине полного поглощения, отвечал задуманному хирургическому эффекту. При одной и той же мощности излучения лазер с длиной волны, отвечающей длинному пути полного поглощения, может вызвать глубокий некроз, в то время как лазер с гораздо более коротким путем полного поглощения вызывает повышение температуры до величины, превышающей температуру кипения, и практически немедленно испаряет ткань.

Таблица 3. Лазеры: кристаллы, сокращения, длины волн, методики и сокращенные названия

Активный кристалл	Сокращенное название	Длина волны излучения (нм)	Методика	Сокращенное название
Гольмий	Ho:YAG	2140	Абляция гольмиевым лазером	HoLAP
			Резекция ПЖ при помощи гольмиевого лазера	HoLRP
			Энуклеация ПЖ при помощи гольмиевого лазера	HoLEP
Неодим	Nd:YAG	1064	Визуальная лазерная абляция ПЖ	VLAP
			Контактная лазерная абляция ПЖ	CLAP
			Интерстициальная лазерная коагуляция (ПЖ)	ILC
Калия титанилфосфат	KTP:Nd:YAG (SHG)	532	Фотоселективная вапоризация ПЖ	PVP
Лития борат	LBO:Nd:YAG (SHG)	532	Фотоселективная вапоризация	PVP
Тулий	Tm:YAG	2013	Вапоризация ПЖ при помощи тулиевого лазера	ThuVAP
			Вапорезекция ПЖ при помощи тулиевого лазера	ThuVARP
			Вапоэнуклеация ПЖ при помощи тулиевого лазера	ThuVEP
			Энуклеация ПЖ при помощи тулиевого лазера	ThuLEP
Диодные лазеры		830	Интерстициальная лазерная коагуляция ПЖ	ILC
		940	Вапоризация	
		980	Вапоризация	
		1318	Вапоризация	
		1470	Вапоризация	

2.3. Исторический опыт использования лазеров

2.3.1. Лазер Nd:YAG

Неодимовый лазер на алюмоиттриевом гранате испускает излучение с длиной волны 1064 нм. У него длинный путь полного поглощения, благодаря которому луч проникает в ткани на глубину от 4 до 18 мм, что позволяет его использовать для гемостаза и коагуляции тканей. В свое время он, как тогда казалось, идеально подходил для лечения ДГПЖ [2]. С 1985 г. для ИВО и ДГПЖ описано множество трансуретральных методов лечения с помощью лазера Nd:YAG [3].

2.3.2. Методики, основанные на применении лазера Nd:YAG

Несколько подходов с использованием неодимового лазера на алюмоиттриевом гранате были широко изучены, в том числе: визуальная лазерная абляция ПЖ (VLAP) [4]; контактная лазерная абляция ПЖ

(CLAP) [5]; интерстициальная лазерная коагуляция (ILC) [6] и смешанные техники с применением лазера Nd:YAG [7].

Все эти методы, однако, ушли в прошлое с приходом новых методик на основе лазера [8]. Так как эти методы более не являются актуальными, далее в тексте рекомендаций они обсуждаться не будут. Однако их обсуждение включено в рекомендации ЕАУ по консервативному лечению симптомов поражения нижних мочевыводящих путей ненейрогенного происхождения у мужчин [9].

2.4. Литература

1. Teichmann HO, Herrmann TR, Bach T. Technical aspects of lasers. World J Urol 2007 Jun;25(3):221–5. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/17534625>
2. Kuntz RM. Laser treatment of benign prostatic hyperplasia. World J Urol 2007 Jun;25(3):241–7. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/17530259>
3. Shanberg AM, Lee IS, Tansey LA et al. Extensive neodymium-YAG photoirradiation of the prostate in men with obstructive prostatism. Urology 1994 Apr;43(4):467–71. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/7512297>
4. Cowles RS III, Kabalin JN, Childs S et al. A prospective randomized comparison of transurethral resection to visual laser ablation of the prostate for the treatment of benign prostatic hyperplasia. Urology 1995 Aug;46(2):155–60. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/7542818>
5. McAllister WJ, Absalom MJ, Mir K et al. Does endoscopic laser ablation of the prostate stand the test of time? Five-year results from a multicentre randomized controlled trial of endoscopic laser ablation against transurethral resection of the prostate. BJU Int 2000 Mar;85(4):437–9. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/10691822>
6. Norby B, Nielsen HV, Frimodt-Moller PC. Transurethral interstitial laser coagulation of the prostate and transurethral microwave thermotherapy vs transurethral resection or incision of the prostate: results of a randomized, controlled study in patients with symptomatic benign prostatic hyperplasia. BJU Int 2002 Dec;90(9):853–62. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/12460345>
7. Tuhkanen K, Heino A, la-Opas M. Two-year follow-up results of a prospective randomized trial comparing hybrid laser prostatectomy with TURP in the treatment of big benign prostates. Scand J Urol Nephrol 2001 Jun;35(3):200–4. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/11487072>
8. Muschter R. Laser therapy for benign prostate hyperplasia. Aktuelle Urol 2008 Sep;39(5):359–68. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/18798125>
9. M. Oelke, A. Bachmann, A. Descazeaud et al; members of the European Association of Urology (EAU) Guidelines Office. Guidelines on Conservative treatment of non-neurogenic male LUTS. In: EAU Guidelines, edition presented at the 25th EAU Annual Congress, Barcelona 2010. ISBN 978-90-7975470-0. <http://www.uroweb.org/guidelines/online-guidelines/>

3. СОВРЕМЕННЫЕ ЛАЗЕРНЫЕ СИСТЕМЫ

3.1. Введение

На смену первому поколению технологий лечения с помощью лазеров – ИВО и ДГПЖ – в настоящее время пришли и используются 4 группы лазерных систем:

- лазеры с генерацией второй гармоники на основе КТР (калия титанилфосфат, КТР:Nd:YAG (SHG)) и LBO (лития борат, LBO:Nd:YAG (SHG));
- диодные лазеры (различные);
- гольмиевые лазеры (Ho):YAG (с алюмоиттриевым гранатом);
- тулиевые лазеры (Tm):YAG (с алюмоиттриевым гранатом).

Во всех ранее упомянутых современных (и исторических) методах лазерной терапии при лечении ИВО и ДГПЖ для ирригации используется 0,9 % физиологический раствор хлорида натрия. Тем самым устраняется риск синдрома водной интоксикации («ТУР-синдрома»), который имел место у 1,4 % пациентов в больших сериях отчетов о проведении ТУР ПЖ [1]. Второе преимущество (относящееся ко всем эндоскопическим минимально инвазивным методам хирургии простаты) – это отсутствие вторичных поражений кожи, связанных с операционной раной и ее заживлением, которые возникают у 5,5 % пациентов в большинстве случаев открытой простатэктомии (ОП) [2].

3.2. Лазеры с генерацией второй гармоники на основе КТР (калия титанилфосфат, КТР:Nd:YAG (SHG)) и LBO (лития борат, LBO:Nd:YAG (SHG))

Лазеры КТР и LBO происходят от лазера Nd:YAG. Кристаллы КТР или LBO, добавленные к лазерному резонатору, превращают излучение неодимового лазера с длиной волны 1064 нм в излучение с длиной волны 532 нм. Эта длина волны отвечает зеленому свету, который сильно поглощается оксигемоглобином. В результате получается лазер с коротким путем полного поглощения, который проникает в васкуляризованную ткань только на глубину нескольких микрометров. В красной, хорошо снабжаемой кровью, ткани плотность поглощенной энергии оказывается высокой, отчего температура ткани мгновенно вырастает до величины, превышающей температуру кипения (см. рис. 1). Из-за этого ткани испаряются, оставляя коагулированный слой, повышенная температура в котором приводит к гемостазу [3]. В этом слое гемоглобин обесцвечивается, но не испаряется. Подводимая лазерная энергия должна проходить через коагулированный слой, в котором пучок испытывает многократное рассеяние. Недостаток поглощения в коагулированной ткани затрудняет ее удаление, а рассеяние зеленого света уменьшает интенсивность лазерного луча, отрицательно сказываясь на испарении следующих слоев ткани [4].

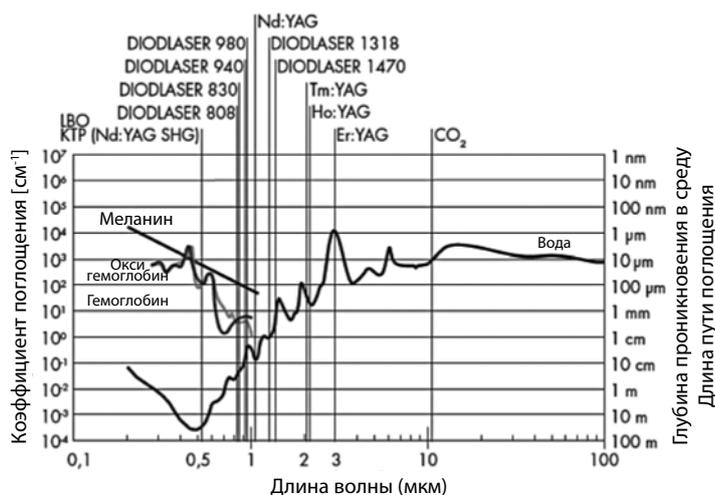


Рис. 1. Длина волны у лазеров разного типа, глубина проникновения в среду и коэффициент поглощения

Er:YAG – эрбий: алюмоиттриевый гранат; *Ho:YAG* – гольмий: алюмоиттриевый гранат; *КТР* – калия титанилфосфат; *LBO* – лития триборат; *Nd:YAG* – неодим: алюмоиттриевый гранат; *Tm:YAG* – тулий: алюмоиттриевый гранат.

3.2.1. Физические свойства

Все новые лазеры широко изучаются в доклинических исследованиях, где сравниваются с наиболее широко распространенными вапоризирующими лазерами, например с 80-ваттным лазером на основе КТР или со 120-ваттным лазером на основе LBO. Удельные величины теплоемкости тканей почек (3,89 кДж/кг/к) и ПЖ (3,80 кДж/кг/к) почти одинаковы, что делает изолированную кровоснабжаемую свиную почку весьма полезной моделью при изучении лазерных процедур [5].

Моделирование на животных было очень полезно для оценки характеристик лазера, включая скорость абляции тканей, эффективность абляции в зависимости от настроек мощности (коэффициент полезного действия по выходной мощности), гемостатические свойства и степень морфологического некроза тканей. В табл. 4 сравниваются разного рода лазеры и их отдельные характеристики, полученные в серии сравнительных исследований *ex vivo* на модельной свиной кровоснабжаемой почке. Данные приводятся в виде среднего значения или с указанием границ доверительного интервала в соответствии с тем, как они были представлены в исходной публикации.

3.2.1.1. Способность к абляции

По мере повышения выходной мощности лазеров КТР и LBO растет достигаемая с их помощью скорость абляции тканей. По сравнению с лазером Tm:YAG (70 Вт) скорость абляции тканей после применения 80-ваттного лазера КТР составила 3,99 г/10 мин и 6,56 г/10 мин (70 Вт Tm:YAG) ($p < 0,05$). При сравнении с ТУР ПЖ оба лазерных устройства показали значительно более низкие скорости удаления тканей (8,28 г/10 мин) [6]. Однако лазер LBO, имеющий скорость абляции тканей, равную 7,01 г/10 мин при 120 Вт, значительно превосходит по этому параметру лазер КТР при 80 Вт ($p < 0,005$) [7].

3.2.1.2. Кровопотеря

Лазер КТР демонстрирует отличный гемостатический потенциал. Для 80-ваттного лазера КТР показатель кровопотери составляет 0,21 г/мин в сравнении с 0,16 г/мин для 70-ваттного лазера Тm:YAG с незаходящей волной (CW). Напротив, при ТУР ПЖ кровопотеря гораздо выше и составляет 20,14 г/мин ($p < 0,05$) [6]. Кровопотеря при использовании 120-ваттного лазера LBO, равная 0,65 г/мин, также выше, чем у 80-ваттного лазера КТР с показателем 0,21 г/мин ($p < 0,05$) [7].

3.2.1.3. Зона коагуляции

В опытах на абляционной модели, представленной изолированной кровоснабжаемой свиной почкой, лазер КТР продемонстрировал в 2,5 раза большую глубину зоны коагуляции (666,9 мкм) по сравнению с лазером Тm:YAG (264,7 мкм) и процедурой ТУР ПЖ (287,1 мкм) ($p = 0,05$). Абляция ткани приводит к образованию плотной коагуляционной зоны на ее поверхности [6]. Для лазеров LBO при 120 Вт и КТР при 80 Вт соответствующая глубина зоны коагуляции составила 835 мкм и 667 мкм ($p < 0,05$) [7].

Таблица 4. Исследование абляционной способности, гемостатических свойств и глубины зоны коагуляции вследствие проникновения в ткань на модели кровоснабжаемой свиной почки *ex vivo*

Исследование	Bach et al., 2010 [8]		Heinrich et al., 2010 [7]		Wendt-Nordahl et al., 2008 [6]		
	Тm:YAG	КТР	LBO	Тm:YAG	КТР	ВЧ (ТУР ПЖ)	
Тип лазера	Тm:YAG	КТР	LBO	Тm:YAG	КТР	ВЧ (ТУР ПЖ)	
Длина волны излучения (нм)	2013	2013	532	532	2013	532	
Настройки мощности (Вт)	70	120	80	120	70	80	160
Скорость абляции тканей (г/10 мин)	9,80	16,41	3,99	7,01	6,56 ± 0,69	3,99 ± 0,48	8,28 ± 0,38
Скорость кровопотери (г/мин)	0,11	0,15	0,21	0,65	0,16 ± 0,07	0,21 ± 0,07	20,14 ± 2,03
Зона коагуляции (мм)	0,36	0,40	0,667	0,835	0,2647	0,669	0,287

SHB:Nd:YAG GreenlightR; SHB:Nd:YAG Greenlight HPSR; Тm (тулий):YAG – лазер Revolix DuoR.

3.2.2. Хирургические методики с применением лазеров КТР/LBO

Лазеры LBO и КТР работают при такой длине волны, при которой наблюдается минимальное поглощение излучения водой. В отсутствие молекул гемоглобина путь полного поглощения резко возрастает, и луч глубоко проникает в орошающий раствор и/или в ткани. Эта методика описана под названием «фотоселективная вапоризация предстательной железы» (PVP) [9]. Кроме того, в процедуре PVP используются световоды бокового свечения, что позволяет хирургу осуществлять лучший, непосредственный визуальный контроль точки, в которой лазерный луч входит в ткани.

Лазерная энергия подается к ткани ПЖ по оптоволоконному зонду с боковым свечением диаметром 600 мкм под углом 70°. При непосредственном наблюдении испарение тканей ПЖ осуществляется путем постепенного продвижения оптического волокна из стороны в сторону, начиная от шейки мочевого пузыря (МП) через боковые доли к верхушке железы. ПЖ испаряется в направлении изнутри к внешним слоям. По сходной методике проводится операция ТУР ПЖ, но, в отличие от нее, при лазерном испарении не остается ткани для гистологического исследования [10].

Начиная с 2006 г. стали доступны 120-ваттные лазеры LBO с коллимацией пучка [7, 11]. Как и при любой операции с применением лазера, хирург должен носить защитные очки. При работе с лазерами КТР/LBO в комплекте с очками должен использоваться цветной фильтр.

3.2.3. Уродинамические результаты и уменьшение выраженности симптомов

Исследование Malek et al. [12], проведенное в 1998 г., показало, что 60-ваттный лазер КТР и безопасен, и пригоден для регулярного использования. С тех пор до 2010 г. в большинстве исследований по лазерной терапии использовался 80-ваттный КТР-лазер. Данные по более мощному 120-ваттному лазеру LBO были немногочисленны. Почти через 10 лет после того, как лазеры с длиной волны 532 нм вошли в клиническую практику, были опубликованы 2 рандомизированных контролируемых исследования (РКИ), в которых сравнивалась эффективность лазера КТР мощностью 80 ватт и процедуры ТУР ПЖ при динамическом наблюдении на протяжении 12 мес [13, 14]. В одном из исследований сравнивался

80-ваттный лазер КТР и ОП [15], и еще 1 исследование было посвящено сравнению 120-ваттного лазера LBO с процедурой ТУР ПЖ [16] (табл. 5).

Одно РКИ в ходе годового периода наблюдения показало результаты, эквивалентные ТУР ПЖ, в то время как другое исследование – нерандомизированное 2-центровое – дало неоднозначные результаты [17]. Напротив, 2-е РКИ ясно показало, что ТУР ПЖ привела к более существенному улучшению уродинамики (Q_{max}), чем применение лазера КТР [14]. Другое исследование, в котором сравнивалась эффективность лечения с помощью КТР и ОП, показало, что были достигнуты эквивалентные результаты в отношении улучшения показателей Q_{max} , PVR и уменьшения выраженности симптомов на протяжении 18-месячного периода наблюдения [15].

Простатический специфический антиген (ПСА), используемый как суррогатный маркер удаления тканей, уменьшился на 68,5 % после ОП и на 61,2 % после PVP [15]. Однако в других исследованиях отмечалось гораздо менее выраженное снижение ПСА после процедуры PVP, включая снижение на 45 % [18], 41,7 % [19] и 37 % [20].

При использовании лазера на основе калия титанилфосфата в случае ПЖ больших размеров (объемом > 80 мл) частота повторных процедур была выше при сроках наблюдения до 12 мес [21]. Другое исследование, в котором сравнивалась эффективность лечения с помощью LBO и процедура ТУР ПЖ, показало, что были достигнуты эквивалентные результаты в отношении улучшения показателей Q_{max} , PVR и уменьшения выраженности симптомов на протяжении 36-месячного периода наблюдения [16]. На протяжении 1 года динамического наблюдения было показано, что процедура PVP уменьшает давление детрузора при максимальной скорости потока мочи ($Pdet_{Q_{max}}$ или $Pdet_{max}$) [22]. Кроме того, проспективные нерандомизированные исследования показали безопасность и эффективность применения лазеров LBO у пациентов, которые постоянно принимают пероральные антикоагулянты [23], у пациентов с задержкой мочи [24] или объемом ПЖ > 80 мл [21].

В исследованиях, сравнивающих эффективность процедуры ТУР ПЖ и применение лазера КТР, время проведения процедуры было гораздо меньше при объеме ПЖ > 80 мл – уменьшение составляло от 30 до 50 мин [17]. При использовании лазера LBO мощностью 120 Вт эта разница уменьшалась до 9 мин [16].

Таблица 5. Лазеры КТР и LBO: улучшение уродинамических параметров, уменьшение выраженности симптомов и снижение уровня ПСА

Литературный источник	Лазерный источник, мощность	Длительность врачебного контроля, мес	Число пациентов	Средний объем ПЖ, мл	Сокращение уровня ПСА, %	Изменение симптомов, %	Изменение Q_{max} , мл/с (%)	Изменение показателя PVR, %	УД
Bouchier-Haydes et al., 2006 [13]	КТР PVP ТУР ПЖ	12	38 38	42,4 33,2	отсут. отсут.	49,83 50,23	+ 12,1 + 9,8	81,63 68,90	1b
Horasanli et al., 2008 [14]	КТР PVP ТУР ПЖ	6	60 60	86,1 88	31,8 44,6	30,68 68,31	+ 11,5 + 4,7	8,36 73,98	1b
Tasci et al., 2008 [17]	КТР PVP ТУР ПЖ	24	40 41	108,4 104,2	56,8 78,7	83,56 82,24	+ 13,5 + 12,8	83,69 84,91	2a
Skolarikos et al., 2008 [15]	КТР PVP ОП	18	65 60	93 96	61,2 68,2	50 59,52	+ 7,4 + 7,0	84,53 86,51	1b
Al-Ansari et al., 2010 [16]	LBO ТУР ПЖ	36	60 60	60,3 61,2	40,4 62,5	60 64	+ 9,6 + 13,6	42,7 48	1b

ОП – открытая простатэктомия; отсут. – отсутствует; УД – уровень доказательности.

3.2.4. Риск и осложнения, устойчивость результатов

3.2.4.1. Интраоперационные осложнения

Безопасность процесса фотоселективной вапоризации ПЖ лазерами на основе КТР и ЛВО была доказана в нескольких исследованиях, в том числе проспективных [25–27] и в РКИ, сравнивавших лазерную хирургию и процедуру ТУР ПЖ [13, 14, 28, 29] или ОП [15]. Кроме того, безопасность была продемонстрирована в анализе подгрупп пациентов с крупными ПЖ [30, 31], у лиц, получающих антикоагулянты [24, 31], или с задержкой мочи [24, 31].

Есть РКИ, в котором сравнивается процедура ТУР ПЖ и применение 80-ваттного лазера КТР, при этом лазерная операция связана с гораздо меньшей кровопотерей (0,45 г/дл) по сравнению с ТУР ПЖ (1,46 г/дл; $p < 0,005$), что приводит к необходимости переливания крови при ТУР ПЖ [13]. Другое РКИ, посвященное сравнению 80-ваттного КТР и ТУР ПЖ, подтвердило эти факты, при этом процедура ТУР ПЖ сопровождалась переливанием крови в 8,1 % случаев. В РКИ, посвященном сравнению применения лазера ЛВО и процедуры ОП, переливание крови при лазерной операции не понадобилось (0 %), в то время как при ОП частота переливаний составила 13,3 % [15]. В целом у 7,69 % пациентов в группе КТР в ходе операции пришлось перейти на процедуру ТУР ПЖ для того, чтобы справиться с кровотечением, которое, вероятнее всего, возникло вследствие перфорации капсулы ПЖ [15]. В исследовании, сравнивавшем применение лазера ЛВО и процедуру ТУР ПЖ, переливание крови отмечалось в 20 %, перфорация капсулы – в 16,7 % и «ТУР-синдром» в 5 % случаев в группе, подвергшейся процедуре ТУР ПЖ, но в группе больных, которым проводилась операция RVP с применением лазера ЛВО, ни одно из этих осложнений не было зарегистрировано [16].

Эти выводы подтверждаются большим количеством других исследований (не включая РКИ). Крупное многоцентровое исследование 500 пациентов, в котором сравнивались процедуры RVP и ТУР ПЖ, показало, что кровотечение в ходе операции возникало у 3,6 %, перфорация капсулы – у 0,2 % и переход на ТУР ПЖ вследствие кровотечения, размера ПЖ или дефекта оптического волокна – у 5,2 % пациентов. Переливание крови не понадобилось. Наиболее высокий уровень кровотечений в ходе операции наблюдался у пациентов, входивших в подгруппу с крупной железой (объем > 80 мл) – у 5,7 % подгруппы [25]. В одном исследовании, не являющемся РКИ, сообщалось, что при использовании лазера ЛВО кровотечение в ходе операции возникало в 2,6 % случаев, перфорация капсулы в 1 % и переливание потребовалось в 0,4 % случаев [27]. В другом исследовании по лазерам ЛВО, не являющемся РКИ, сравнивались различные подгруппы пациентов, в том числе пациенты с задержкой и без задержки мочи, принимавшие антикоагулянты, и те, кто их не принимал, а также больные, у которых размер ПЖ составлял < 80 мл и те, у кого объем железы был > 80 мл. Кровотечение в ходе операции, потребовавшее перехода на процедуру ТУР ПЖ, возникало в 1,5–3,8 % случаев (> 80 мл). Перфорация капсулы ПЖ случалась у 0,8–1,5 % пациентов, принимавших антикоагулянты [31]. Эти выводы были подтверждены исследованиями других авторов на тех же подгруппах пациентов [23, 24, 30, 32].

3.2.4.2. Ранние послеоперационные осложнения

В РКИ, посвященном сравнению применения лазера КТР и процедуры ТУР ПЖ у пациентов с объемом ПЖ > 70 мл, было обнаружено, что после КТР задержка мочи наблюдалась гораздо чаще (15,3 % против 2,7 %; $p < 0,05$). После применения лазера КТР повторные вмешательства потребовались 17,6 % пациентов, в то время как после ТУР ПЖ повторное вмешательство не потребовалось совсем (0 %) [14]. В другом РКИ было обнаружено 0 и 16,7 % задержки мочеиспускания в связи с закупоркой для КТР и ТУР ПЖ соответственно, в то время как преходящее затрудненное мочеиспускание с повторной установкой катетера имело место в 5 % случаев в обеих группах. Инфекции мочевых путей (ИМП) имели место у 3,3 и 5 % пациентов после КТР и ТУР ПЖ соответственно, а повторная госпитализация потребовалась в 1,6 и 5 % случаев [13].

В РКИ, целью которого было сравнение применения КТР и ОП для ПЖ объемом > 80 мл, не было найдено статистически достоверных различий в возникновении послеоперационных осложнений. Длительная дизурия отмечалась при применении КТР у 7,6 % пациентов, а при операции ОП – у 11,6 %. В то время как ИМП возникли у 21,5 % пациентов после КТР и у 25 % пациентов после ОП [15]. В РКИ, сравнивавшем ЛВО и ТУР ПЖ, задержка мочи в связи с обструкцией возникла у 10 % пациентов после операции ТУР ПЖ, в то время как после применения лазера ЛВО такие осложнения не возникали совсем. В том же исследовании дизурия на протяжении 30 дней после операции была отмечена в 31,7 % случаев после ТУР ПЖ и в 93,3 % – после ЛВО. В противоположность этим данным исследование ЛВО, не имевшее характера РКИ, отмечало наличие дизурии в 7,5–14,6 % случаев у пациентов всех подгрупп [31].

Вышеуказанные данные подтверждаются результатами крупного исследования 500 пациентов [25]. После операции RVP, выполняемой с помощью лазера КТР, гематурия отмечалась в 9,8 % случаев, необходимость в переливании крови – в 0,4 % случаев, ревизия – в 0,6 % случаев, острая почечная недостаточность – в 0,6 %, сепсис мочевыводящих путей и МП – в 0,4 %, дизурия – в 14,8 % случаев, преходящее ургентное недержание мочи – в 2,4 % и ИМП – в 6,8 % случаев [25].

Гематурия значительно чаще наблюдалась у пациентов, принимающих антикоагулянты (17,2 % против 5,4 %; $p = 0,001$), [23] и у пациентов с объемом ПЖ > 80 мл (17,2 % против 9,8 %; $p < 0,05$) [25]. Пациенты с объемом ПЖ < 40 мл значительно чаще сталкивались с дизурией, чем это происходило в исследуемой группе в целом (24,3 % против 14,8 % при $p < 0,01$) [25].

3.2.4.3. Отдаленные осложнения и устойчивость результатов

Самый длительный период врачебного контроля в РКИ при оценке длительности и долгосрочных последствий применения КТР и LBO имел место в исследовании Al-Ansari et al., в котором сравнивалась эффективность применения LBO PVP и ТУР ПЖ с последующим динамическим наблюдением на протяжении 36 мес [16]. В нерандомизированном исследовании Наи сроки наблюдения были более длительными и составляли 60 мес. Повторное проведение операции PVP в связи с рецидивом аденомы имело место у 7,7 % пациентов (из 246 человек), у 3 (1,2 %) больных была выполнена инцизия шейки МП, т. е. в целом повторные операции имели место у 8,9 % пациентов [33].

В РКИ с 6-месячным врачебным контролем 8,1 % пациентов после операции ТУР ПЖ и 5,1 % больных после PVP с помощью лазера КТР пришлось делать внутреннюю уретеротомию в связи с образованием стриктуры уретры. Повторное хирургическое вмешательство требовалось в 17,9 % случаев при проведении PVP с помощью лазера КТР, поскольку коагулированные ткани в значительной степени перекрывали выход из МП. Частота возникновения ретроградной эякуляции была одинакова в обеих группах (56,7 % для ТУР ПЖ и 49,9 % для PVP с помощью КТР) [14]. В другом РКИ с 12-месячным врачебным контролем сообщалось об образовании стриктур уретры и субмеатальных участков или о стенозе шейки МП в 13,3 % случаев при проведении ТУР ПЖ и в 8,3 % – у пациентов, при лечении которых применялся лазер КТР [13]. В РКИ, где сравнивалась операция PVP при помощи лазера КТР и операция ОП с 18-месячным последующим динамическим наблюдением, частота повторных операций по причине стриктуры составила соответственно 3,1 и 1,6 %, из-за склероза шейки МП – 0 и 3,3 %, из-за необходимости апикальной резекции 1,5 %, что всего составило частоту повторных операций, равную 4,6 % для PVP КТР и 5 % для ОП. При сравнении PVP LBO и ТУР ПЖ частота повторного лечения при применении лазера LBO гораздо ниже и составляет 1,8 % против 11 % для ТУР ПЖ. Инцизия склерозированной шейки МП потребовалось в 3,6 и 7,4 % случаев соответственно.

Эти факты подтверждаются крупномасштабной серией РКИ для процедуры КТР PVP, в которой общий уровень повторного лечения составил 14,8 % в связи с повторным или продолжающимся разрастанием тканей аденомы (6,8 %), стриктурами шейки МП (3,6 %) или уретры (4,4 %) [32]. Ограничение этого исследования состоит в количестве пациентов, доступных для врачебного контроля на протяжении 5 лет (27/500) [25]. Антикоагуляционное лечение и задержка мочи на момент проведения операции не оказали существенного воздействия на частоту осложнений, возникающих в длительном послеоперационном периоде [23, 24].

Возможно, что эффективность КТР PVP снижается у пациентов с крупной ПЖ. В соответствии с проспективным многоцентровым исследованием эффективность PVP была ниже у пациентов с крупной ПЖ и уровнем ПСА > 6,1 нг/мл [34], но другие исследования этого не подтверждают [25, 30]. Склероз шейки МП, как оказалось, чаще возникает у пациентов с объемом ПЖ < 40 мл (7,8 % против 3,6 %; $p < 0,05$) [25].

РКИ предоставляют свидетельства того, что стойкое недержание мочи при напряжении встречается редко, в целом недержание варьирует от 1,4 % после выполнения КТР PVP до 0,7 % случаев – после LBO PVP [27].

Данные о сохранности сексуальной функции после PVP ограничены. На протяжении 24-месячного врачебного контроля в целом сексуальная функция у мужчин, прошедших через операцию КТР PVP, как оказалось, сохранялась. У лиц, заполнявших вопросник ПЕФ-5 (Международный индекс эректильной функции-5) > 19, среднее предоперационное значение значительно снизилось с 22 до 16,7 ($p < 0,05$) [36]. В РКИ, сравнивавшем LBO PVP и ТУР ПЖ, ни у одного пациента из 82 на протяжении 36 мес не было жалоб на эректильную дисфункцию, и частота возникновения ретроградной эякуляции была сравнимой в обоих случаях (при PVP она составила 49,9 %, при ТУР ПЖ – 56,7 %; $p = 0,21$) [14]. В другом исследовании, где КТР PVP сравнивалось с ОП, о послеоперационных изменениях в эректильной функции не сообщалось [15]. В серии исследований отдельных случаев LBO PVP у пациентов со слабой и слабоумеренной эректильной дисфункцией этот показатель остался без изменений или улучшился [37–39].

3.2.5. Заключение и рекомендации по использованию лазеров на основе КТР и LBO

Заключения	УД
КТР PVP и LBO PVP – безопасные и эффективные способы лечения таких расстройств, как ИВО и ДППЖ, у пациентов с небольшим или средним объемом ПЖ	1b

По данным динамического наблюдения с длительностью от 3 (уровень доказательности 1b) до 5 лет (уровень доказательности 4), частота повторных операций представляется сравнимой с частотой повторных операций при ТУР ПЖ	1b (3 года) 4 (5 лет)
КТР PVP и LBO PVP – безопасные и эффективные способы лечения больных с крупной ПЖ, пациентов, получающих антикоагулянты, и пациентов, имеющих задержку мочеиспускания (уровень доказательности 4, исследования серий случаев)	4

Рекомендации	УД
КТР / LBO PVP – рекомендованный метод лечения пациентов с ИВО и ДППЖ	A
КТР рекомендуется как альтернатива процедуре ТУР ПЖ у пациентов со стойкой задержкой мочеиспускания	B
КТР/LBO можно использовать для пациентов, получающих лечение антикоагулянтами	B
КТР – безопасный метод уменьшения объема в случае крупных размеров ПЖ	A

УД – уровень доказательности; СР – степень рекомендаций.

3.2.6. Литература

1. Reich O, Gratzke C, Bachmann A et al. 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 Jul;180(1):246–9.
<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/18499179>
2. Adam C, Hofstetter A, Deubner J et al. Retropubic transvesical prostatectomy for significant prostatic enlargement must remain a standard part of urology training. Scan J Urol Nephrol 2004;38(6):472–6.
<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/15841780>
3. Kuntzman RS, Malek RS, Barrett DM. High-power potassium titanyl phosphate laser vaporization prostatectomy. Mayo Clin Proc 1998 Aug;73(8):798–801.
<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/9703311>
4. Teichmann HO, Herrmann TR, Bach T. Technical aspects of lasers. World J Urol 2007 Jun;25(3):221–5.
<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/17534625>
5. Cooper TE, Trezek GJ. A probe technique for determining the thermal conductivity of tissue. J Heat Transfer 1972;94:133.
6. Wendt-Nordahl G, Huckle S, Honeck P et al. Systemic evaluation of recently introduced 2-m continuous-wave thulium laser for vaporesction of the prostate. J Endourol 2008 May;22(5):1041–5.
<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/18377234>
7. Heinrich E, Wendt-Nordahl G, Honeck P et al. 120 W lithium triborate laser for photoselective vaporization of the prostate: comparison with 80 W potassium-titanyl-phosphate laser in an *ex vivo* model. J Endourol 2010 Jan;24(1):75–9.
<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/19958155>
8. Bach T, Huck N, Wezel F et al. 70 vs 120 W thulium:yttrium-aluminium-garnet 2 microm continuouswave laser for the treatment of benign prostatic hyperplasia: a systematic ex vivo evaluation. BJU Int 2010 Aug;106(3):368–72.
<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/19912204>
9. McAllister WJ, Gilling PJ. Vaporization of the prostate. Curr Opin Urol 2004 Jan;14(1):31–4.
<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/15091047>
10. Heinrich E, Schiefelbein F, Schoen G. Technique and short-term outcome of green light laser (КТР, 80W) vaporisation of the prostate. Eur Urol 2007;52(6):1632–7.
<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/17689002>
11. Reich O. Greenlight: from potassium-titanyl-phosphate to lithium triborate or from good to better? Curr Opin Urol 2011 Jan;21(1):27–30.
<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/21045703>
12. Malek RS, Barrett DM, Kuntzman RS. High-power potassium-titanyl-phosphate (КТР/532) laser vaporization prostatectomy: 24 hours later. Urology 1998 Feb;51(2):254–6.
<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/9495707>
13. Bouchier-Hayes DM, Anderson P, van Appledorn S et al. KTP laser versus transurethral resection: early results of a randomized trial. J Endourol 2006 Aug;20(8):580–5.
<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/16903819>
14. Horasanli K, Silay MS, Altay B et al. Photoselective potassium titanyl phosphate (КТР) laser vaporization versus transurethral resection of the prostate for prostates larger than 70 mL: a shorttermprospective randomized trial. Urology 2008 Feb;71(2):247–51.
<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/18308094>

15. Skolarikos A, Papachristou C, Athanasiadis G et al. Eighteen-month results of a randomized prospective study comparing transurethral photoselective vaporization with transvesical open enucleation for prostatic adenomas greater than 80 cc. *J Endourol* 2008 Oct;22(10):2333–40.
<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/18837655>
16. Al-Ansari A, Younes N, Sampige VP et al. GreenLight HPS 120-W laser vaporization versus transurethral resection of the prostate for treatment of benign prostatic hyperplasia: a randomized clinical trial with midterm follow-up. *Eur Urol* 2010 Sep;58(3):349–55.
<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/20605316>
17. Tasci AI, Tugcu V, Sahin S et al. Photoselective Vaporization of the Prostate versus Transurethral Resection of the Prostate for the Large Prostate: A Prospective Nonrandomized Bicenter Trial with 2-Year Follow-Up. *J Endourol* 2008 Feb;22(2):347–53.
<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/18257671>
18. Van Iersel MP, Thomas CM, Witjes WP et al. Clinical implications of the rise and fall of prostate specific antigen after laser prostatectomy. *Br J Urol* 1996 Nov;78(5):742–6.
<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/8976771>
19. Hai MA, Malek RS. Photoselective vaporization of the prostate: Initial experience with a new 80 W KTP laser for the treatment of benign prostatic hyperplasia. *J Endourol* 2003 Mar;17(2):93–6.
20. Te AE, Malloy TR, Stein BS. Photoselective vaporization of the prostate for the treatment of benign prostatic hyperplasia: 12-month results from the first United States multicenter prospective trial. *J Urol* 2004 Oct;172(4 Pt 1):1404–8.
<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/15371855>
21. Pfitzenmaier J, Gilfrich C, Pritsch M et al. Vaporization of prostates of > or =80 mL using a potassiumtitanyl-phosphate laser: midterm-results and comparison with prostates of <80 mL. *BJU Int* 2008 Aug;102(3):322–7.
<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/18422772>
22. Hamann MF, Naumann CM, Seif C et al. Functional outcome following photoselective vaporisation of the prostate (PVP): urodynamic findings within 12 months follow-up. *Eur Urol* 2008 Oct;54(4):902–7.
<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/18502565>
23. Ruszat R, Wyler S, Forster T et al. Safety and effectiveness of photoselective vaporization of the prostate (PVP) in patients on ongoing oral anticoagulation. *Eur Urol* 2007 Apr;51(4):1031–8.
<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/16945475>
24. Ruszat R, Wyler S, Seifert HH et al. Photoselective vaporization of the prostate: subgroup analysis of men with refractory urinary retention. *Eur Urol* 2006 Nov; 50(5):1040–9.
<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/16481099>
25. Ruszat R, Seitz M, Wyler SF et al. GreenLight laser vaporization of the prostate: single-center experience and long-term results after 500 procedures. *Eur Urol* 2008 Oct;54(4):893–901.
<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/18486311>
26. Spaliviero M, Araki M, Culkun DJ et al. Incidence, management, and prevention of perioperative complications of GreenLight HPS laser photoselective vaporization prostatectomy: experience in the first 70 patients. *J Endourol* 2009 Mar;23(3):495–502.
<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/19265468>
27. Choi B, Tabatabaei S, Bachmann A et al. GreenLight HPS 120-W laser for benign prostatic hyperplasia: comparative complications and technical recommendations. *Eur Urol* 2008;Suppl7(4):384–92.
28. Ruszat R, Wyler S, Seitz M et al. Comparison of Potassium-titanyl-phosphate laser vaporization of the prostate and transurethral resection of the prostate: update of a prospective non-randomized twocentre study. *BJU Int* 2008 Nov;102(10):1432–8.
<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/18671785>
29. Tugcu V, Tasci AI, Sahin S et al. Comparison of photoselective vaporization of the prostate and transurethral resection of the prostate: a prospective nonrandomized bicenter trial with 2-year followup. *J Endourol* 2008 Jul;22(7):1519–25.
<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/18613777>
30. Rajbabu K, Chandrasekara SK, Barber NJ et al. Photoselective vaporization of the prostate with the potassium-titanyl-phosphate laser in men with prostates of >100 mL. *BJU Int* 2007 Sep;100(3):593–8.
<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/17511771>
31. Woo H, Reich O, Bachmann A et al. Outcome of the GreenLight HPS 120-W laser therapy in specific patient populations: those in retention, on anticoagulants, and with large prostates (>80 ml). *Eur Urol* 2008;Suppl7(4):378–83.
32. Rieken M, Ebinger Mundorff N, Bonkat G et al. Complications of laser prostatectomy: a review of recent data. *World J Urol* 2010 Feb;28(1):53–62.
<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/20052586>
33. Hai MA. Photoselective vaporization of prostate: five-year outcomes of entire clinic patient population. *Urology* 2009 Apr;73(4):807–10.
<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/19200589>

34. Te AE, Malloy TR, Stein BS et al. Impact of prostate-specific antigen level and prostate volume as predictors of efficacy in photoselective vaporization prostatectomy: analysis and results of an ongoing prospective multicentre study at 3 years. *BJU Int* 2006 Jun;97(6):1229–33.
<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/16686717>
35. Te AE, Malloy TR, Stein BS et al. Photoselective vaporization of the prostate for the treatment of benign prostatic hyperplasia: 12-month results from the first United States multicenter prospective trial. *J Urol* 2004 Oct;172(4 Pt 1):1404–8.
<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/15371855>
36. Bruyere F, Puichaud A, Pereira H et al. Influence of photoselective vaporization of the prostate on sexual function: results of a prospective analysis of 149 patients with long-term follow-up. *Eur Urol* 2010 Aug;58(2):207–11.
<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/20466480>
37. Spaliviero M, Strom KH, Gu X et al. Does Greenlight HPS™ Laser Photoselective Vaporization Prostatectomy Affect Sexual Function? *J Endourol* 2010 Dec;24(12):2051–7.
<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/20964486>
38. Kavoussi PK, Hermans MR. Maintenance of erectile function after photoselective vaporization of the prostate for obstructive benign prostatic hyperplasia. *J Sex Med* 2008 Nov;5(11):2669–71.
<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/18785895>
39. Paick JS, Um JM, Kim SW et al. Influence of highpower potassium-titanyl-phosphate photoselective vaporization of the prostate on erectile function: a short-term follow-up study. *J Sex Med* 2007 Nov;4(6):1701–7.
<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/17672845>

3.3. Диодные лазеры

3.3.1. Общие сведения

Термин «диодные лазеры» относится к методу создания лазерного луча.

Лазерный свет может генерироваться резонатором или диодом. Основное преимущество диодных лазеров по сравнению с неодимовым на алюмоиттриевом гранате состоит в том, что диодные лазеры имеют меньшие размеры и гораздо большую эффективность использования энергии (т. е. доля затраченной на их питание электроэнергии, преобразуемой в лазерное излучение, выше). Эта разница коренится в технологических принципах получения лазерного излучения и энергии. В зависимости от типа лазерного генератора эффективность диодных лазеров может быть выше, по сравнению с обычными, более чем на порядок. Более того, потери мощности на тепловое рассеяние в диодных лазерах также гораздо меньше, поэтому их можно просто включать в обычную розетку электропитания.

Диодные лазеры с длиной волны 808–980 нм испытывают сходное поглощение в воде и создают воздействие на ткани, сходное с воздействием неодимового лазера [1, 2]. Другие диодные лазеры имеют длину волны 1318 и 1470 нм [3]. Диодный лазер с длиной волны 830 нм («индиго») очень широко использовался для ИЛС [4].

Для проведения диодно-лазерной простатэктомии выпускаются лазеры с длиной волны 940, 980 и 1470 нм. В настоящее время имеется всего несколько исследований на тему клинического применения диодных лазеров, максимальный срок динамического наблюдения составляет 1 год.

3.3.2. Физические свойства

3.3.2.1. Способность к абляции

На модели кровоснабжаемой свиной почки диодный лазер с длиной волны излучения 1318 нм продемонстрировал наилучшие абляционные свойства (12,43 г/10 мин, 100 Вт) по сравнению с диодным лазером с длиной волны излучения 1470 нм (5,27 г/10 мин, 80 Вт), лазером с длиной волны излучения 980 нм (8,99 г/10 мин, 200 Вт) или лазером ЛВО с мощностью 120 Вт (7,01 г/10 мин, 120 Вт). Такой же результат был получен при расчете эффективности выходной мощности (г/Вт/10 минут) [3]. При сравнении с лазером ЛВО диодные лазеры с длиной волны излучения 980 нм и 1470 нм не показали статистических отличий друг от друга. Лазер с длиной волны 940 нм также показал большую абляционную способность при испытаниях на ПЖ собаки (15,17 г/10 мин) [5]. В дальнейших исследованиях было показано, что диодный лазер с длиной волны излучения 980 нм демонстрировал увеличение абляционной способности в режиме генерации CW, достигая показателя использования выходной мощности, равного 7 г/10 мин при 120 Вт, в то время как лазер КТР демонстрировал значительно более низкую способность к абляции. По сравнению с ТУР ПЖ оба лазерных устройства удаляют значительно меньшее количество ткани [6] (табл. 6).

3.3.2.2. Кровопотеря

В экспериментах, проводимых *ex vivo* на кровоснабжаемой свиной почке, диодные лазеры показали гораздо лучшие гемостатические свойства, рассчитываемые по величине кровопотери, чем лазер на основе ЛВО (0,65 г/мин), а именно: 0,35 г/мин для длины волны излучения 980 нм, 0,27 г/мин – для 1318 нм,

0,24 г/мин – для 1470 нм. Для диодного лазера с длиной волны излучения 940 нм при 60 Вт кровопотеря составляла 0,21 г/мин [5].

3.3.2.3. Зона коагуляции

Диодные лазеры с длиной волны 980 нм (4,62 мм), 1318 нм (4,18 мм) и 1470 нм (1,30 мм) продемонстрировали гораздо более глубокие зоны некроза по сравнению с лазером LBO (0,84 мм) [3]. Средняя глубина зоны коагуляции для лазера с длиной волны 980 нм составила 8,43; 9,15 и 9,58 мм в свиной кровоснабжаемой модельной почке при мощности в 60, 90 и 120 Вт соответственно. По сравнению с лазером на основе КТР мощностью 80 Вт глубина некроза на модельной свиной почке для диодных лазеров была больше в 7,7–8,7 раза ($p < 0,0001$). Смена режима излучения на пульсирующий не изменила эти результаты ($p < 0,001$) [6]. Такие показатели примерно соответствуют показателям для неодимового лазера на алюмоиттриевом гранате [2].

В последующих исследованиях *in vivo* диодный лазер с длиной волны 1470 нм образовывал при мощности 100 Вт зону коагуляции глубиной 2,3 мм. Коагуляционная способность диодного лазера по глубине почти вдвое превысила показатель лазера на основе КТР ($p < 0,005$). Диодный лазер с длиной волны 940 нм изучался на модельной кровоснабжаемой свиной почке. Глубина коагуляции составляла от 0,86 мм (910 Вт) до 9,54 мм (60 Вт). В том же исследовании глубина коагуляции на модельной ПЖ собаки была ограничена 4 мм (мощность 200 Вт, режим генерации CW) [7].

Таблица 6. Физические свойства диодных лазеров, изученные *ex vivo* на кровоснабжаемой свиной почке

Исследование	Wezel et al. 2010 [3]				Seitz et al. 2009 [5]			Seitz et al. 2009 [7]	
	1318	1470	980	532	1470	1470	532	940	940
Длина волны излучения (нм)									
Настройки мощности (Вт)	Безоболочечное волокну	Волокну с боковым излучением							
Животная модель	СКП	СКП	СКП	СКП	СКП	ПЖ ищейки	СКП	ПЖ собаки	СКП
Скорость абляции тканей (г/10 мин)	12,34*	5,27 [§]	8,99 [§]	7,0	отсут.	4,0 [§]	отсут.	15,168	отсут.
Эффективность использования выходной мощности (г/Вт/10 мин)	0,124	0,066 [§]	0,045 [§]	0,058	отсут.	[0,038; 0,042] ⁱ	отсут.	0,07584	отсут.
Скорость кровопотери (г/мин)	0,35 [§]	0,24*	0,27*	0,65	0,17	отсут.	0,19	отсут.	0,21
Глубина некроза тканей (мм)	4,62*	1,3 [§]	4,18*	0,84	3,39 ^t	2,30 ^t	1,27	4,25	отсут.

[§] – статистически незначимое отличие при сравнении с лазером LBO; * $p < 0,001$ по сравнению с лазером LBO; [§] $p = 0,0066$ по сравнению с лазером LBO; [§] – среднее [3,8–4,2]; ⁱ – среднее [0,038–0,042]; ^t – статистически значимо по сравнению с лазером КТР, $p < 0,001$; отсут. – отсутствует; СКП – свиная кровоснабжаемая почка.

3.3.3. Методики с использованием диодного лазера

Диодные лазеры работают на таких длинах волн, при которых поглощение в воде невелико. Как и в случае лазеров на основе КТР и LBO, в процедурах, выполняемых при помощи диодных лазеров, используют световоды бокового свечения, благодаря которым хирург может лучше визуально контролировать точку входа лазерного луча в ткани тела [1]. Методы, о которых идет речь в исследованиях, представляют собой вапоризацию [8–12]. Поскольку степень проникновения лазеров этого типа в ткани выше, а коагуляционная зона шире [3, 7, 13], некоторые авторы предлагают уменьшать мощность при работе у верхушки ПЖ и в нижележащей области сфинктера [10, 11].

3.3.4. Клинические результаты

3.3.4.1. Уродинамические параметры, уменьшение выраженности симптомов, снижение уровня ПСА

Клинические данные ограничены краткосрочностью периода наблюдения (максимальная длительность составила 1 год) и представляют собой исследование сходных случаев по принципу «случай-контроль» или изучение групп больных (рандомизированные групповые исследования) [9–12, 14]. В 2 исследованиях сравнивалось лечение с помощью диодного лазера со стандартным лечением, в качестве которого было принято использование лазера LBO [9, 14]. Наиболее существенные данные накоплены для диодного лазера с длиной волны 980 нм [9, 11–14].

К концу периода наблюдения отмечалось значительное улучшение уродинамических параметров (Q_{\max} и PVR) (табл. 7). Отмечалось также снижение уровня ПСА, суррогатного параметра, маркирующего уменьшение количества ткани ПЖ, в пределах от 30 до 58 % [10]. Однако ни РКИ, не другие испытания, не являющиеся РКИ, не показали значительной разницы в улучшении уродинамических параметров и степени снижения выраженности симптомов (табл. 7).

Таблица 7. Результаты применения диодных лазеров с точки зрения улучшения уродинамических параметров, выраженности симптомов и снижения уровня ПСА

Литературный источник	Лазерный источник (мощность, Вт)	Длительность врачебного контроля, мес	Число пациентов	Средний объем ПЖ, мл	Сокращение уровня ПСА, %	Изменение симптомов, %	Изменение Q_{\max} , мл/с (%)	Изменение показателя PVR, %	УД
Seitz et al., 2007 [12]	1470 (50)	12	10	47,8	-42	-69,32	13,5 (251,68)	-88,93	1b
Chen et al., 2010 [10]	980 (200/150)	6	55	66,3	-58,82	-75,62	13,7 (349,01)	-87,74	3b
Erol et al., 2009 [11]	980 (132/80)	6	47	51,4	-30,31	-54,99	9,4 (205,97)	-58,11	3b
Ruszat et al., 2009 [9]	980 (отсут.) LBO PVP	6	55 65	64,7 67,4	-58,13 -45	-75,93 -57,89	5,1 (147,66) 11,3 (191)	-85,55 -80,64	3b
Chiang et al., 2010 [14]	980 (200) LBO PVP	12	55 84	66,3 60,3	-42,19 -58,82	-84,26 -83,08	14 (425,58) 11,2 (303,64)	-86,37 -85,40	1b

3.3.5. Риск и осложнения, устойчивость результатов

3.3.5.1. Интраоперационные осложнения

Доступные опубликованные исследования диодных лазеров с длинами волн излучения 980 нм [9–11, 14] и 1470 нм [12] представляют собой исследования, выполненные по принципу «случай-контроль», контроль серий пациентов и 1 РКИ. В исследованиях обращается внимание на высокий уровень безопасности при проведении операции. В РКИ, сравнивающем безопасность и эффективность диодного лазера с длиной волны излучения 980 нм и 120-ваттный лазер LBO, в группе диодных лазеров показатель частоты кровотечения в ходе операции был значительно ниже (0 % против 13 % для LBO) [9]. Антико-

агулянтные препараты принимали 23,6 % пациентов, которые подвергались лечению диодным лазером, и 25,0 % пациентов, подвергшихся операции LBO PVP. Эти факты подтверждаются нерандомизированным контролируемым исследованием, в котором были получены почти такие же результаты (0 и 11,94 %) [14]. В этом исследовании [14] 52 % пациентов в группе, получавшей лечение диодным лазером, и 43 % пациентов, подвергшихся LBO PVP, принимали антикоагулянты. Данные этого исследования подтверждаются также данными исследований, посвященных поиску новейших источников лазерной энергии, которые демонстрируют гемостатический потенциал и глубину коагуляции, практически равные показателям у неодимового лазера на алюмоиттриевом гранате [6]. Более того, РКИ сообщают о том, что случаев перфорации капсулы при использовании длины волны 980 нм не наблюдалось. Необходимость перехода к операции ТУР ПЖ была отмечена в 4 % случаев (диодный лазер с длиной волны излучения 980 нм) и в 8 % случаев LBO PVP.

3.3.5.2. Ранние послеоперационные осложнения

Хотя имеющихся данных пока немного, все же можно сделать некоторые выводы. В отчетах отмечается низкая частота возникновения послеоперационных осложнений. Не было случаев послеоперационного переливания крови.

В ходе сравнения диодного лазера с длиной волны излучения 980 нм и процедуры LBO PVP РКИ выявило следующие осложнения: послеоперационная гематурия в 20 % случаев по сравнению с 19 %, переходящее недержание мочи в 14,5 % случаев против 2,4 % ($p < 0,05$), переходящие неотложные позывы к мочеиспусканию в 34,5 % случаев против 16,7 %, отек мошонки в 3,6 % случаев против 0 %, боль в заднем проходе в 3,6 % случаев против 0 % и эпидидимит в 1,2 % против 9,1 %. Другое сравнительное исследование показало, что дизурия встречается при применении диодного лазера с длиной волны излучения 980 нм в 24 % случаев по сравнению с 18 % при LBO PVP, недержание мочи в 7 % против 0 % и переливание крови необходимо в 0 % случаев против 2 % [14]. Частота повторной катетеризации составила от 4,3 % [11] до 20 % [12].

3.3.5.3. Отдаленные осложнения

Представляется, что испарение ПЖ диодным лазером сопряжено с высокой частотой осложнений. В серии исследований отдельных случаев 32,1 % пациентов нуждались в повторной операции на протяжении 12-месячного контроля после того, как были прооперированы с помощью лазера с длиной волны излучения 980 нм в связи с наличием обструктивной некротической ткани или стриктуры шейки МП [15]. Этот факт подтверждается РКИ, в котором сравнивается диодный лазер с длиной волны излучения 980 нм и лазер LBO: 9,6 и 3,6 % пациентов соответственно требовалась повторная операция по методике ТУР ПЖ в связи с обструкцией шейки МП; у 5,5 % пациентов против 0 % развились стриктуры уретры; у 1,8 % против 0 % наблюдалось формирование камней в уретре. В другом исследовании, где сравнивались диодный лазер и процедура LBO PVP, были обнаружены повышенная частота склероза шейки МП (14,5 % против 1,6 %; $p < 0,01$), большая частота повторного лечения (18,2 % против 1,6 %; $p < 0,01$) и более длительное недержание мочи при напряжении (9,1 % против 0 %; $p < 0,05$) [9]. В других исследованиях, однако, отмечалось только сочетание переходящего недержания при напряжении и сильных позывов к мочеиспусканию у 4,3 % пациентов на протяжении 2 нед [110]. Эти расхождения и противоречия стали предметом научных обсуждений в урологическом сообществе [16]. Дальнейшие исследования серий случаев сообщили о наличии отслоившейся ткани при цистоскопическом вмешательстве у 14,5 % пациентов и о проведении повторной операции ТУР ПЖ в 7,3 % случаев. На протяжении 6-месячного периода наблюдения недержание мочи при напряжении сохранялось у 1,8 % пациентов [10]. Кроме того, 20 % пациентов, подвергшихся процедуре с применением диодного лазера с длиной волны излучения 1470 нм, в течение 1 года врачебного контроля потребовалась повторная операция по методике ТУР ПЖ [12].

3.3.5.4. Практические соображения

Судя по имеющимся данным об использовании диодных лазеров, не представляется возможным предлагать их в качестве стандартного метода лечения ДППЖ. По литературным данным, необходимость повторного лечения возникает в 35 % случаев. Временное и постоянное недержание мочи возникает чаще, чем при использовании альтернативных методов лечения. Этот вид лечения может обеспечивать высокий уровень контроля кровотечения в процессе операции в том случае, если пациент принимает антикоагулянты.

3.3.5.5. Рекомендации по лечению предстательной железы с помощью диодных лазеров

Рекомендация	УД	СР
Лечение с помощью диодного лазера может быть принято как альтернатива для пациентов с ИВО и ДППЖ, у которых имеются нарушения свертываемости крови, или для тех, кто принимает антикоагулянты	1b	C

3.4. Гольмиевый лазер на алюмоиттриевом гранате (Ho:YAG)

3.4.1. Общие аспекты

Кристаллической матрицей для гольмиевого лазера служит алюмоиттриевый гранат (YAG). Во избежание перегрева кристалла изнутри при его формировании в расплав граната добавляют хром, тулий и гольмий.

По всей видимости, энергия передается атомам гольмия каскадом от атомов хрома через атомы тулия. Однако накопление тепла в кристаллах лазера ограничивает работу гольмиевого лазера с накачкой от лампы-вспышки при комнатной температуре импульсным режимом при незначительной частоте вспышек. Излучение гольмиевого лазера имеет короткий путь полного поглощения в ткани в связи с сильным поглощением водой при длине волны около 2140 нм (рис. 1). При этой длине волны излучения глубина проникновения составляет около 400 мкм. Плотность поглощенной энергии в орошающей жидкости и/или ткани очень высока и приводит к немедленному подъему температуры до уровня выше точки кипения.

При проведении типичной эндоурологической операции начало vaporизации имеет место в орошающей жидкости вблизи кончика оптического волокна, где при каждой вспышке лазера возникает пузырек пара. Диаметр пузырька зависит от энергии лазерной вспышки, его ширина составляет несколько миллиметров. Длительность существования пузырька сравнима с длительностью лазерной вспышки, т. е. составляет около 500 мкс [17]. Человеческий мозг не может воспринимать такие кратковременные события, поэтому пузырек невидим.

При операции HoLEP пузырьки пара разделяют слои ткани, буквально разрывая ткань [18]. При хирургии мягких тканей vaporизация тканей происходит таким образом, что пузырьки пара разрывают ткань и затем лазерное излучение поглощается тканью. Этим объясняется внешний вид операционного поля при операциях с применением гольмиевого лазера на мягких тканях с ирригацией – оно выглядит как белые фиброзные тяжи. Действие на ткани моментальное, поэтому гольмиевый лазер обладает отличными гемостатическими свойствами.

Обычно энергия каждой вспышки гольмиевого лазера составляет около 2 Дж. В зависимости от того, какой драйвер установлен для управления лампой накачки, длительность вспышки может составлять от 150 мкс до 1 мс. Для диффузии тепла из цилиндрического пространства, определяемого диаметром оптического волокна и длиной пути полного поглощения необходимо около 100 мкс (время тепловой релаксации). Тепло, вырабатываемое в процессе поглощения энергии, накапливается в ходе длительности импульса лазера в точке воздействия до тех пор, пока теплопроводность не выровняет температурный профиль.

В лазерной литотрипсии часть лазерного излучения поглощается внутри камня, вызывая немедленное парообразование, сопровождающееся разрывом камня. Если длительность импульса короче времени тепловой релаксации, то поглощаемая энергия скапливается внутри упомянутого ранее цилиндрического объема. Чем короче длительность лазерного импульса при заданной величине энергии импульса, тем выше будет пиковая мощность и тем выше эффективность дробления камней.

3.4.2. Физические свойства

В целом физические свойства описываются в разд. 3.4.1. Лазеры Ho:YAG не были изучены в такой степени, как лазеры на основе KTP, LBO, Tm:YAG и различного рода диодные лазеры. Поэтому до настоящего времени имеется только весьма ограниченная информация о его работе.

3.4.3. Методики с применением гольмиевого лазера

Все методики с использованием гольмиевого лазера основаны на vaporизации. Энергия подводится к ПЖ через оптическое волокно с торцевым свечением диаметром около 500–600 мкм. Методики с применением гольмиевого лазера развивались от лазерной абляции ПЖ (HoLAP) [20] до резекционных методик с применением гольмиевого лазера (HoLRP) [21], а с появлением устройства для морцелляции стала возможной операция HoLEP [22]. В более поздней модификации операция HoLEP сочетается с электро-резекцией вылущенной доли, которая остается все еще соединенной с шейкой МП [23]. Что касается физических характеристик, то vaporизирующее воздействие излучаемой гольмиевым лазером энергии в сравнении с другими лазерами невелико (15 %).

3.4.4. Vaporизация (абляция) предстательной железы с помощью гольмиевого лазера

В настоящее время процедура HoLAP выполняется с помощью оптического волокна с боковым свечением в тесном контакте с поверхностью при покачивании из стороны в сторону, как при RVP. Поглощение энергии молекулами воды означает, что эта методика будет безопасна даже при работе с обнаженным оптическим волокном. При этом ткань ПЖ испаряется, формируя полость наподобие той, что образуется при TUR ПЖ. Сильное поглощение энергии излучения гольмиевого лазера водой (рис. 1) приводит к плотности энергии, достаточной для испарения ткани ПЖ, что позволяет удалить ее, не вызывая глыбокой коагуляции.

Данных по лечению с применением методики HoLAP мало. В 1 РКИ сравнивалась процедура HoLAP при 60 и 80 Вт с операцией по методике ТУР ПЖ на примере 36 пациентов [24]. Спустя 3, 6 и 12 мес после операции улучшение по параметру Q_{\max} было примерно одинаковым, при этом объем ПЖ уменьшился на 39 % (HoLAP) и 47 % (ТУР ПЖ). Однако для нового 100-ваттного лазера нет данных РКИ по сравнению HoLAP с ТУР ПЖ и ОП. В 1 из РКИ сравнивается 100-ваттная процедура HoLAP и процедура с применением КТР на основе краткосрочного и среднесрочного периодов наблюдения (табл. 8). Антикоагулянты принимали 12,2 % пациентов, у которых проводили процедуру HoLAP, и 15,3 % пациентов, которым выполнялась операция ТУР ПЖ. Не было обнаружено каких-либо различий, за исключением времени операции, которое для ТУР ПЖ было в 1,5 раза больше [25, 26].

3.4.5. Резекция предстательной железы с помощью гольмиевого лазера

В противоположность вапоризации по методике HoLAP процедура HoLRP использует выпаривание только для того, чтобы отрезать от ПЖ небольшие кусочки. Это приводит к тому, что небольшие фрагменты простатической ткани попадают в МП, откуда их в конце операции удаляют шприцом, как это обычно делается при выполнении ТУР ПЖ.

Так как технологически основное внимание уделялось методике HoLEP, случаи клинического применения HoLRP и HoLAP стали встречаться все реже. Таким образом, большая часть данных, имеющихся в литературе относительно гольмиевых лазеров, касается обсуждения процедуры HoLEP.

Методика HoLRP в основном ограничивается ПЖ малых размеров. Время резекции более крупных ПЖ практически вдвое выше, чем время, требуемое для процедуры HoLEP, что делает HoLRP менее пригодной для лечения ИВО/ДГПЖ. В 1 РКИ проводилось сравнение ТУР ПЖ и HoLRP на примере 120 пациентов с ИВО. Простаты пациентов были < 100 мл в объеме. В исследовании были опубликованы результаты по 3 временным точкам в периоде послеоперационного врачебного наблюдения [27–29]. Время резекции при HoLRP было почти вдвое большим, чем при ТУР ПЖ (42,1 против 25,8 мин; $p < 0,005$). Среднее время катетеризации было значительно меньшим (20,0 часов против 37,2 часов; $p < 0,005$). Улучшения симптоматики и уродинамики в обеих группах были близкими по значению. Однако спустя 12 и 18 мес после операции результаты HoLRP были лучше, чем результаты ТУР ПЖ (25,2 мл/с против 20,4 мл после 12 мес соответственно и 25,1 мл/с против 19,2 мл/с спустя 18 мес). Преимущество HoLRP исчезло спустя 24 мес, и такое состояние сохранялось до конца исследования, завершившегося 48 мес спустя после операции. Показатель Q_{\max} для пациентов, прооперированных по методике HoLRP, составил 22,2 мл/с против 18,5 мл/с у пациентов после ТУР ПЖ. Эти данные, однако, недоказательны, так как невозможно определить, лучше или хуже операция HoLRP по сравнению со стандартным методом лечения. Однако результаты говорят в пользу HoLRP в том, что касается качества жизни, срока госпитализации и длительности дренирования МП уретральным катетером в послеоперационном периоде. Безопасное проведение операции у пациентов с крупными средними долями и у пациентов с задержкой мочи возможно [30, 31].

3.4.6. Энуклеация предстательной железы с помощью гольмиевого лазера

Операция HoLEP основана на том же физическом принципе, что и HoLRP. Однако в ходе процедуры HoLEP хирургическая капсула ПЖ обнажается путем инцизии и вапоризации периуретральных тканей ПЖ. После определения плоскости хирургической капсулы аденома простаты выделяется из капсулы путем ее отслаивания от капсулы, подобно методике ОП. Отслаивание достигается попеременным образованием пузырьков пара перед оптическим волноводом при работе лазера Ho:YAG в импульсном режиме. Введение в практику процедуры HoLEP привело к значительному улучшению методики. Доли ПЖ вылушиваются целиком, переводятся в МП и там измельчаются [22] или режутся при помощи петли ТУР на шейке пузыря [23].

В нескольких РКИ сравнивались операции ТУР ПЖ, HoLEP и ОП, основные данные приведены в табл. 8.

С помощью метаанализа было обнаружено, что после операции HoLEP наблюдается тенденция к уменьшению выраженности симптомов на всем протяжении периода наблюдения вплоть до 30 мес, при этом средние значения изменений, полученные в ходе послеоперационных замеров, были больше. Однако различия в результатах отдельных исследований не были статистически значимыми (средневзвешенная разность 0,82; 95 % ДИ 1,76–0,12; $p = 0,09$). В том же метаанализе те же результаты были получены для параметра Q_{\max} в ходе 12-месячного периода наблюдения. По сравнению с ТУР ПЖ для HoLEP наблюдались гораздо более высокие значения Q_{\max} (средневзвешенная разность составила 1,48 мл/с; 95 % ДИ 0,58–2,40; $p = 0,002$) [32].

В другом метаанализе методика HoLEP превзошла ТУР ПЖ (по суммарной оценке) в отношении сроков катетеризации (17,7–31,0 часов против 43,4–57,8 часов соответственно; $p < 0,001$), длительности госпитализации (27,6–59,0 дней против 48,3–85,5 дней; $p = 0,001$). Напротив, ТУР ПЖ превосходила (по суммарной оценке разницы) операцию HoLEP в том, что касается длительности операции (33,1–73,8 против 62,1–94,6 мин соответственно; $p = 0,001$) [33].

Помимо оцениваемых РКИ в других нерандомизированных исследованиях было показано, что для процедуры HoLEP характерен низкий уровень осложнений и что она эффективна при наличии у пациентов задержки мочи [34, 35]. В 1 РКИ сравнивались изменения уродинамических параметров при операции HoLEP по сравнению с ТУР ПЖ; уродинамика изучалась с помощью компьютерного исследования [36]. Определение давления и потока мочи до операции и 6 мес спустя показали, что величина $PdetQ_{max}$ после операции HoLEP (76,2 против 20,8 см водного столба) значительно снизилась по сравнению с результатами операции ТУР ПЖ (с 70 до 40,7 см водного столба; $p < 0,001$). Кроме того, показатель ИВО по Шеферу до операции и спустя 6 мес уменьшался в более выраженной степени после HoLEP (с 3,5 до 0,2), чем после ТУР ПЖ (с 3,7 до 1,2; $p < 0,001$).

В недавние годы было опубликовано множество исследований, посвященных непосредственным и отдаленным результатам операции HoLEP и в их сравнении с результатами для операций ТУР ПЖ и ОП. Gilling et al. [37] сообщают об отдаленных результатах со средним сроком врачебного наблюдения, составившим 6,1 года, которые показывают, что результаты, достигаемые при HoLEP, устойчивы и что большинство пациентов ими удовлетворены. В случаях ПЖ с объемом > 100 мл HoLEP оказалась столь же эффективной, как и ОП, в отношении снижения болезненных и частых позывов к мочеиспусканию при практически одинаковых низких показателях повторных операций при 5-летнем сроке наблюдения [38].

Таблица 8. Результаты операций HoLAP, HoLRP и HoLEP с точки зрения улучшения уродинамических параметров, выраженности симптомов и снижения уровня ПСА

Литературный источник	Методика/лазерный источник	Период Наблюдения, мес	Число пациентов	Средний объем ПЖ, мл	Сокращение уровня ПСА, %	Изменение симптомов, %	Изменение Q_{max} , мл/с (%)	Изменение показателя PVR, %	УД
Mottet et al., 1999 [24]	HoLAP ТУР ПЖ	12	23 13	39 34	отсут. отсут.	-70 -80	11,1 (226) 9,6 (229)	отсут. отсут.	1b
Elmansy et al., 2010 [25]	HoLAP КТР	36	46 42	33,1 37,3	-0,48 -0,28	-71 -64	11 (264) 12,10 (289)	-0,81 -0,80	1b
Westenberg et al., 2004 [29]	HoLRP ТУР ПЖ	48	120	44,3 44,6	отсут. отсут.	-76 -75	13,6 (253) 9,4 (203)	отсут. отсут.	1b
Kuntz et al., 2004 [39]	HoLEP ОП	18	120	114,6 113	отсут. отсут.	-90 -90	23,60 (721) 24,40 (778)	-97 -98	1b
Kuntz et al., 2004 [40]	HoLEP ТУР ПЖ	12	100 100	53,5 49,9	отсут. отсут.	-92 -82	23 (569) 21,80 (469)	-98 -88	1b
Briganti et al., 2006 [41]	HoLEP ТУР ПЖ	24	60 60	73,30 58,20	отсут. отсут.	-83 -83	отсут. отсут.	отсут. отсут.	1b
Gupta et al. 2006 [42]	HoLEP ТУР ПЖ	12	18 16	57,9 59,8	отсут. отсут.	-78 -76	19,20 (527) 19,95 (487)	-83 -77	1b
Naspro et al., 2006 [43]	HoLEP ТУР ПЖ	24	41 39	113,27 124,21	отсут. отсут.	-61 -63	11,36 (245) 11,79 (242)	отсут. отсут.	1b

Wilson et al., 2006 [44]	HoLEP ТУР ПЖ	24	60	77,8 77,0	отсут. отсут.	-77 -78	12,6 (250) 11,0 (233)	отсут. отсут.	1b
Montorsi et al., 2008 [45]	HoLEP ТУР ПЖ	12	52 48	70,3 56,2	отсут. отсут.	-81 -82	16,9 (306) 17,20 (326)	отсут. отсут.	1b
Gilling et al., 2008 [37]	HoLEP	72	71	58,5	отсут.	-67	10,9 (235)	отсут.	3a
Kuntz et al., 2008 [38]	HoLEP ОП	60	60 60	114,6 113	отсут. отсут.	-86 -86	20,5 (639) 20,8 (678)	-96 -98	1b

УД – уровень доказательности; отсут. – отсутствует.

3.4.7. Риск и осложнения, устойчивость результатов

В основном в опубликованной литературе по вопросам лечения ПЖ с помощью лазера Ho:YAG преобладают обсуждения процедуры HoLEP, при этом вопросам процедуры HoLAP посвящены немногие публикации, а обсуждению HoLRP – совсем малое их количество. Появление лазера KTP привело к снижению интереса к гольмиевому лазеру как к единственному лазеру, обладающему способностью vaporизировать ткани.

Однако недавнее появление лазерных устройств Ho:YAG мощностью 100 Вт привело к возобновлению интереса к HoLAP в связи с популярностью vaporизующих методик с применением волноводов бокового свечения [25, 26].

3.4.8. Интраоперационные осложнения

3.4.8.1. HoLAP

В РКИ, сравнивающем HoLAP с KTP PVP, не сообщалось о возникновении кровотечения в ходе операции, выполняемой по методике HoLAP, в то время как для 3 пациентов из группы, в которой операция PVP проводилась с применением лазера KTP, возникла необходимость в процессе операции перейти к методике ТУР ПЖ [26].

В еще 1 РКИ, посвященном сравнению HoLAP с ТУР ПЖ, не сообщалось о каких-либо осложнениях в ходе операции.

3.4.8.2. HoLRP

РКИ, посвященные HoLRP [27–29], склонны сосредотачивать основное внимание на таких результатах, как уменьшение выраженности симптомов и улучшение уродинамических параметров. Не было конкретных указаний на возникновение осложнений в процессе операции HoLRP. Для сравнения – в группе, прооперированной по методике ТУР ПЖ, в 6,7 % случаев потребовалось переливание крови. Кроме того, в имеющихся серийных исследованиях не заостряется внимание на осложнениях, появившихся в ходе операции [30, 31, 46].

3.4.8.3. HoLEP

Безопасность и низкая частота осложнений в ходе операции HoLEP были подтверждены в 7 РКИ [39–45], опубликованных начиная с 1998 г. [22].

Несколько обзоров [47] и 2 метаанализа [32, 33] были посвящены исследованию безопасности операции HoLEP и связанным с ней осложнениям. В 1 из метаанализов была выявлена низкая частота переливаний крови после вылуцивания с применением гольмиевого лазера (относительный риск 0,27; 95 % ДИ 0,07–0,95; $p = 0,04$) по сравнению с ТУР ПЖ [32]; эти выводы подтверждаются и 2-м метаанализом [33]. Кроме того, во 2-м метаанализе показано, что при операции HoLEP уменьшаются время катетеризации и срок пребывания в больнице, хотя операция по методике ТУР ПЖ в целом идет быстрее [33].

В обзоре исследований, опубликованных с 2003 по 2006 г., было обнаружено 1 847 пациентов, прошедших лечение с помощью процедуры HoLEP. Частота переливаний крови составила 1 %, периоперационная смертность – 0,05 %. В других обзорах указывалось, что частота перфорации капсулы ПЖ

варьирует от 0,3 [48] до 10 % [49]. Перфорации в основном квалифицировались как незначительные надрывы капсулы, и на общем состоянии пациентов это не сказывалось. Поверхностные надрывы слизистой оболочки морцеллятором наблюдались в 0,5 % случаев [49], по другим данным – в 18,2 % [45]. Частота незначительных повреждений устья мочеточника, не требовавших установки внутреннего стента или проведения нефростомии, варьировала от 1,0 [50] до 2,1 % [51]. Недостаточно полная морцелляция тканей наблюдалась с частотой от 1,9 [52] до 3,7 % [53] от всех случаев. Тяжелые нарушения сердечной деятельности возникали у 1,2 % пациентов [51].

Решающим фактором общего успеха протекания операции и того, с какой частотой возникали осложнения в ходе операции и после нее, оказался опыт хирурга [54, 55]. В опытных руках размер ПЖ не имел статистически значимого влияния на частоту возникновения осложнений [56]. С уменьшением объема ПЖ возрастала вероятность перфорации капсулы, в то время как травма устья мочеточника чаще возникала при резекции крупных и эндovesикально растущих средних долей [51, 54].

В 2 метаанализах было показано, что пациентам, прооперированным по методике HoLEP, в сравнении с ТУР ПЖ и ОП, требовалось дренирование уретральным катетером в течение более короткого периода времени, сроки нахождения в стационаре после операции были короче, у них была меньшая кровопотеря и ниже вероятность переливания крови, но функциональные результаты были практически одинаковы [32, 33].

3.4.9. Ранние послеоперационные осложнения

3.4.9.1. HoLAP

В РКИ, проведенном для сравнения HoLAP и ТУР ПЖ, сообщалось, что 20 % пациентов испытывали urgentные позывы к мочеиспусканию средней силы или жжение после удаления катетера. Эти проблемы сохранялись на протяжении первого месяца после операции [24]. В другом исследовании, где сравнивались методики HoLAP и КТР PVP, вопросам периоперативных осложнений не уделялось особое внимание. Однако 7 пациентам в группе HoLAP (12,2 %) и 6 пациентам в группе КТР PVP (11,5 %) потребовалась повторная катетеризация [25, 26]. Дизурия и симптомы раздражения после операции исчезали еще до первого послеоперационного посещения врача спустя 1 мес после вмешательства [24].

3.4.9.2. HoLRP

В РКИ, где сравнивались HoLRP и ТУР ПЖ, частота ИМП составила 4,9 % и 8,4 % соответственно. Другие широкие оценки периоперативных осложнений отсутствуют [29].

3.4.9.3. HoLEP

Периоперативные осложнения первых месяцев после операции HoLEP оценивались в многочисленных РКИ, серийных и сравнительных исследованиях, а также в метаанализах [33, 40, 47]. В РКИ, посвященном сравнению HoLEP и ОП для пациентов с размером ПЖ > 70 г, переходящее недержание мочи равным образом наблюдалось у пациентов, оперированных в технике HoLEP (34,1 %) и ОП (38,6 %) на протяжении 3-месячного периода наблюдения, в то время как дизурия значительно чаще наблюдалась в группе прооперированных по методике HoLEP (68,2 % против 41,0 %; $p < 0,001$) [43]. Напротив, по данным многоцентрового исследования, сравнивающего HoLEP и ТУР ПЖ, между этими 2 методиками не наблюдалась значительной разницы в частоте переходящего недержания мочи. У пациентов, прооперированных методом HoLEP, значительно чаще возникала дизурия (58,9 % против 29,5 %; $p = 0,0002$) [45]. Кровотечения, потребовавшие коагуляции, возникали в 0–6 % [57] случаев, а задержка мочи из-за образования сгустков крови – в 0 % случаев [58], по другим данным – в 3,6 % случаев [59, 62].

3.4.10. Отдаленные осложнения

3.4.10.1. HoLAP

В РКИ, посвященном сравнению HoLAP и ТУР ПЖ, был выявлен 1 пациент с недержанием мочи при напряжении и еще 1 пациенту потребовалось повторное лечение после 6 мес наблюдения. Два пациента из группы ТУР ПЖ были оперированы по поводу склероза шейки МП (на 2-м и 6-м мес наблюдения) путем инцизии холодным ножом. Между двумя группами не было выявлено существенных различий в отношении потенции и антеградной эякуляции. Потенция спустя 1 год после операции наблюдалась у 90 % пациентов в группе лазерного лечения и у 100 % – в группе ТУР ПЖ. Антеградная эякуляция наблюдалась у 50 % пациентов в обеих группах [24]. После 7 лет динамического наблюдения частота повторного лечения составила 15 % [61].

В РКИ, сравнивавшем процедуры HoLAP и КТР PVP, при наблюдении на протяжении 36 мес были выявлены примерно одинаковые уровни осложнений. Общая частота повторных вмешательств составила 15,8 % для HoLAP и 19,3 % – для PVP. Частота образования стриктуры уретры составила 3,5 % и 5,8 % соответственно. Склероз шейки МП возникал в 5,3 % и 7,7 % случаев соответственно. Повторная операция потребовалась 7 % пациентов после HoLAP по сравнению с 5,8 % для КТР PVP [25, 26].

У 1 (1,8 %) пациента после HoLAP и у 2 (3,8 %) после PVP наблюдались urgentные позывы к мочеиспусканию и недержание при таких позывах, которые не удавалось преодолеть антихолинэргической терапией к моменту последнего контрольного визита к врачу. Между 2 группами не наблюдалось значительных различий в послеоперационных осложнениях. Общая частота повторного лечения составила 15,8 % для HoLAP и 19,3 % – для PVP.

У сексуально активных пациентов ретроградная эякуляция наблюдалась в 36,3 % случаев в группе HoLAP и в 43,3 % случаев – в группе КТР PVP. Не сообщалось о значительных различиях между 2 группами до и после операции в отношении сексуальной функции в том, что касалось достижения оргазма, выраженности полового желания, или осуществления полового акта, или в плане общей удовлетворенности сексуальной жизнью [25].

3.4.10.2. HoLRP

В 1 РКИ сообщалось об отсутствии различий между HoLRP и ТУР ПЖ в отношении уродинамических параметров, потенции, удержания мочи, выраженности симптомов и серьезных осложнений на протяжении 48 мес. Частота осложнений была сравнима. В группе HoLRP у 3,3 % пациентов наблюдалось устойчивое вновь возникшее подтекание мочи, для сравнения – в группе ТУР ПЖ это осложнение возникало в 1,7 % случаев. Общая частота повторных вмешательств составила 8,2 % для HoLRP и 11,8 % – для ТУР ПЖ, при этом 1,7 % пациентов в группе ТУР ПЖ потребовалась имплантация искусственного сфинктера. Частота образования стриктуры уретры составила 9,8 и 10,1 % соответственно. Инцизия шейки МП по поводу склероза потребовалась 4,9 и 5,1 % пациентов соответственно [29]. До операции потенцию сохраняли 50 % пациентов в группе HoLRP и 70 % – в группе ТУР ПЖ, 4 года спустя после операции 53 % в группе HoLRP и 60 % пациентов в группе ТУР ПЖ имели достаточно выраженную для совершения полового акта эрекцию. О снижении качества эрекции сообщали 8 % пациентов в группе HoLRP и 17 % – в группе ТУР ПЖ. Однако 10 % из группы HoLRP и 7 % из группы ТУР ПЖ сообщили о том, что их эрекция за это время улучшилась [29].

3.4.10.3. HoLEP

По данным метаанализа, не было обнаружено статистически значимых различий между HoLEP и ТУР ПЖ в отношении образования стриктуры уретры (2,6 % против 4,4 %; $p = 0,994$), недержания при напряжении (1,5 % против 1,5 %; $p = 0,980$), переливания крови (0 % против 2,2 %; $p = 0,14$) и повторных вмешательств (4,3 % против 8,8 %; $p = 0,059$). Не было отмечено очевидных отклонений в публикациях (по тесту Эггера; $p = 0,170$) [33].

В дополнительном метаанализе оценивался риск эректильной дисфункции после проведения операции HoLEP по сравнению со стандартным методом лечения. Частота эректильной дисфункции оказалась сравнима с тем же показателем для ТУР ПЖ [32]. В том же метаанализе было выявлено, что частота возникновения стриктур после энуклеации ПЖ с применением гольмиевого лазера была примерно такой же, как при ТУР [32].

Было опубликовано большое количество исследований, посвященных долгосрочным последствиям операции HoLEP, в которых подтверждаются длительные и значительные улучшения параметров мочеиспускания и низкий уровень осложнений. В анализе 6-летнего врачебного наблюдения за 38 пациентами, прошедшими через операцию HoLEP, недержание мочи отмечалось у 3 из 38 (7,9 %) пациентов, недержание смешанного характера – у 10,5 % и недержание при напряжении – у 2,6 %. Повторные операции потребовались 1,4 % пациентов через 5 лет, и 1 (1,4 %) пациенту пришлось выполнить уретеротомию через 6 мес [37, 60].

Сравнимые долгосрочные результаты наблюдались в других исследованиях, где частота повторных операций составила 4,2 % в связи с наличием резидуальной аденоматозной ткани, уретральными стриктурами (1,7 %), стенозом отверстия мочеиспускательного канала (0,8 %) и склерозом шейки МП (0,8 %), что на протяжении 5 лет составило 8 % случаев повторного лечения. В ранних группах пациентов наблюдался более высокий уровень повторного лечения (8 % против 1,4 %) [62]. В другом исследовании отмечался уровень повторного лечения, составивший 2,7 % за 36 мес динамического наблюдения. В группе пациентов с объемом ПЖ < 50 мл частота стриктур уретры и склероза шейки МП была значительно выше [63].

В РКИ, сравнивающим HoLEP и ТУР ПЖ, указывалось, что в течение 3-летнего периода наблюдения частота повторных операций для обоих методов была сравнимой и составила 7,2 и 6,6 % соответственно [64]. Эти данные подтверждаются другими проспективными исследованиями, в которых сравниваются методики HoLEP и ТУР ПЖ [43]. В РКИ, посвященном сравнению HoLEP и ОП, было выявлено, что на протяжении 5-летнего периода наблюдения частота повторных операций составила 5 % для пациентов, оперированных по методике HoLEP и 6,7 % для пациентов, подвергшихся ОП [38].

Исследования, изучающие сексуальную функцию после операции HoLEP, встречаются нечасто. В связи с ретроградной эякуляцией операции HoLEP и ТУР ПЖ значительно понизили баллы, относящиеся к оргазмической функции в вопроснике ПЕФ, в 1 из РКИ. Сходные результаты были получены

при сравнении HoLEP и ОП, при этом не было отмечено значительного снижения эректильной функции по сравнению с исходным состоянием пациентов [38]. Больные после HoLEP и ТУР ПЖ сообщали о ретроградной эякуляции в 75 и 62 % случаев соответственно [44, 60].

3.4.11. Практические соображения

Хотя в литературе основное внимание уделяется операции HoLEP, такие методики, как HoLAP и HoLRP, могут быть использованы в качестве альтернативы для вапоризации (HoLAP) или резекции (HoLRP) при лечении ИВО и ДГПЖ. При этом для обеих методик следует учесть, что время абляции или резекции в этом случае увеличивается. HoLEP представляет собой наиболее изученный метод минимально инвазивной терапии и составляет реальную альтернативу ТУР ПЖ при средних и крупных размерах ПЖ. Однако великолепные ранние результаты, полученные при испытании методики HoLEP в качестве прототипа для трансуретральной лазерной энуклеации, не подтвердились при более широком использовании данной методики.

3.4.12. Рекомендации по лечению с помощью гольмиевого лазера (Ho:YAG)

Рекомендации	УД	СР
HoLAP может быть рекомендована для пациентов с ИВО и ДГПЖ при условии малого и среднего размера ПЖ	1b	A
HoLRP может быть рекомендована для пациентов с ИВО и ДГПЖ при условии малого и среднего размера ПЖ	1b	A
HoLEP может быть рекомендована для всех пациентов с ИВО и ДГПЖ	1a	A
HoLEP может быть рекомендована для пациентов с хронической задержкой мочи	2b	B
HoLEP может быть рекомендована пациентам, получающим антикоагулянтные или антиагрегантные препараты	2b	B

3.4.13. Литература

- Orihuea E, Pow-Sang M, Johnson S et al. Comparison of the extent of Nd:YAG and diode (810 nm) induced thermal coagulation of human prostate: a histopathological analysis of acute response. In: Rox Anderson R (ed). Proceedings of SPIE, vol. 2395 in lasers in surgery. Advanced Characterization, Therapeutics, and Systems V, pp. 47–54.
- Eichler J, GonAalves O. A review of different lasers in endonasal surgery. Ar-, KTP-, dye-, diode-, Nd-, Ho-CO2-laser. Med Laser Appl 2002;17:190–200.
- Wezel F, Wendt-Nordahl G, Huck N et al. New alternatives for laser vaporization of the prostate: experimental evaluation of a 980-, 1,318- and 1,470-nm diode laser device. World J Urol 2010 Apr;28(2):181–6. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/20035427>
- Costello AJ, Agarwal DK, Crowe HR et al. Evaluation of interstitial diode laser therapy for treatment of benign prostatic hyperplasia. Tech Urol 1999 Dec;5(4):202–6. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/10591259>
- Seitz M, Ruzat R, Bayer T et al. Ex vivo and in vivo investigations of the novel 1,470 nm diode laser for potential treatment of benign prostatic enlargement. Lasers Med Sci 2009 May;24(3):419–24. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/18685885>
- Wendt-Nordahl G, Hucklele S, Honeck P et al. 980-nm diode laser: a novel laser technology for vaporization of the prostate. Eur Urol 2007 Dec;52(6):1723–8. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/17611013>
- Seitz M, Bayer T, Ruzat R et al. Preliminary evaluation of a novel side-fire diode laser emitting light at 940 nm, for the potential treatment of benign prostatic hyperplasia: ex vivo and in vivo investigations. BJU Int 2009 Mar;103(6):770–5. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/18990158>
- Leonardi R. Preliminary results on selective light vaporization with the side-firing 980 nm diode laser in benign prostatic hyperplasia: an ejaculation sparing technique. Prostate Cancer Prostatic Dis 2009;12(3):277–80. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/19322136>
- Ruzat R, Seitz M, Wyler SF et al. Prospective single-centre comparison of 120-W diode-pumped solid-state high-intensity system laser vaporization of the prostate and 200-W high-intensive diode laser ablation of the prostate for treating benign prostatic hyperplasia. BJU Int 2009 Sep;104(6):820–5. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/19239441>
- Chen CH, Chiang PH, Chuang YC et al. Preliminary Results of Prostate Vaporization in the Treatment of Benign Prostatic Hyperplasia by Using a 200-W High-intensity Diode Laser. Urology 2010 Mar;75(3):658–63. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/20035978>

11. Erol A, Cam K, Tekin A et al. High power diode laser vaporization of the prostate: preliminary results for benign prostatic hyperplasia. *J Urol* 2009 Sep;182(3):1078–82.
<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/19616811>
12. Seitz M, Sroka R, Gratzke C et al. The diode laser: a novel side-firing approach for laser vaporisation of the human prostate—immediate efficacy and 1-year follow-up. *Eur Urol* 2007 Dec;52(6):1717–22.
<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/17628326>
13. Seitz M, Reich O, Gratzke C et al. High-power diode laser at 980 nm for the treatment of benign prostatic hyperplasia: *ex vivo* investigations on porcine kidneys and human cadaver prostates. *Lasers Med Sci* 2009 Mar;24(2):172–8.
<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/18270761>
14. Chiang PH, Chen CH, Kang CH et al. GreenLight HPS laser 120-W versus diode laser 200-W vaporization of the prostate: comparative clinical experience. *Lasers Surg Med* 2010 Sep;42(7):624–9.
<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/20806388>
15. Rieken M, Wyler S, Muller G et al. Laser vaporization of the prostate: intermediate-term follow-up with the 200 W high-intensity diode (HiDi) laser system. *Eur Urol Suppl* 8(4):269;abstract #589.
16. Rieken M, Bachmann A, Reich O. Re: High power diode laser vaporization of the prostate: preliminary results for benign prostatic hyperplasia A. Erol, K. Cam, A. Tekin, O. Memik, S. Coban And Y. Ozer. *J Urol* 2009;182:78–82. *J Urol* 2010 Feb;183(2):828–9; author reply 829–30.
<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/20022612>
17. Yarborough JM. Taking the confusion out of matching medical lasers. *Lasers and Laser Systems. Medical Lasers. The photonics design and application handbook*, pp. H287–H290.
18. Kuntz RM. Laser treatment of benign prostatic hyperplasia. *World J Urol* 2007 Jun;25(3):241–7.
<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/17530259>
19. Teichman JM. Laser lithotripsy. *Curr Opin Urol* 2002 Jul;12(4):305–9.
<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/12072651>
20. Gillig PJ, Cass CB, Malcolm AR et al. Combination holmium and Nd:YAG laser ablation of the prostate: initial clinical experience. *J Endourol* 1995 Apr;9(2):151–3.
<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/7633476>
21. Gillig PJ, Cass CB, Cresswell MD et al. Holmium laser resection of the prostate: preliminary results of a new method for the treatment of benign prostatic hyperplasia. *Urology* 1996 Jan;47(1):48–51.
<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/8560662>
22. Fraundorfer MR, Gillig PJ. Holmium:YAG laser enucleation of the prostate combined with mechanical orcellation: preliminary results. *Eur Urol* 1998;33(1):69–72.
<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/9471043>
23. Hochreiter WW, Thalmann GN, Burkhard FC et al. Holmium laser enucleation of the prostate combined with electrocautery resection: the mushroom technique. *J Urol* 2002 Oct;168(4 Pt 1):1470–4.
24. Mottet N, Anidjar M, Bourdon O et al. Randomized comparison of transurethral electroresection and holmium: YAG laser vaporization for symptomatic benign prostatic hyperplasia. *J Endourol* 1999 Mar;13(2):127–30.
<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/10213108>
25. Elmansy HM, Elzayat E, Elhilali MM. Holmium laser ablation versus photoselective vaporization of prostate less than 60 cc: long-term results of a randomized trial. *J Urol* 2010 Nov;184(5):2023–8.
<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/20850828>
26. Elzayat EA, Al-Mandil MS, Khalaf I et al. Holmium laser ablation of the prostate versus photoselective vaporization of prostate 60 cc or less: short-term results of a prospective randomized trial. *J Urol* 2009 Jul;182(1):133–8.
<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/19447438>
27. Gillig PJ, Fraundorfer MR, Kabalin JB. Holmium: YAG laser resection of the prostate (HoLRP) versus transurethral electrocautery resection of the prostate (TURP): a prospective randomized, urodynamicbased clinical trial. *J Urol* 1997;157:149A.
28. Gillig PJ, Kennett KM, Fraundorfer MR. Holmium laser resection v transurethral resection of the prostate: results of a randomized trial with 2 years of follow-up. *J Endourol* 2000 Nov;14(9):757–60.
<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/11110572>
29. Westenberg A, Gillig P, Kennett K et al. Holmium laser resection of the prostate versus transurethral resection of the prostate: results of a randomized trial with 4-year minimum long-term followup. *J Urol* 2004 Aug;172(2):616–9.
<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/15247745>
30. Kabalin JN, Mackey MJ, Cresswell MD et al. Holmium:YAG laser resection of the prostate (HoLRP) for patients in urinary retention. *J Endourol* 1997 Aug;11(4):291–3.
<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/9376851>
31. Anderson CB, Helfand BT, McVary KT. Holmium laser prostatic resection for patients presenting with acute urinary retention. *BJU Int* 2008 Dec;102(11):1623–8.
<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/18710443>

32. Lourenco T, Pickard R, Vale L et al. Benign Prostatic Enlargement team Alternative approaches to endoscopic ablation for benign enlargement of the prostate: systematic review of randomized controlled trials *BMJ* 2008 Jun;337:a449.
<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/18595932>
33. Tan A, Liao C, Mo Z et al. Meta-analysis of holmium laser enucleation versus transurethral resection of the prostate for Symptomatic prostatic obstruction *Br J Surg* 2007 Oct;94(10):1201–8.
<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/17729384>
34. Elzayat EA, Habib EI, Elhilali MM. Holmium laser enucleation of prostate for patients in urinary retention. *Urology* 2005 Oct;66(4):789–93.
<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/16230139>
35. Peterson MD, Matlaga BR, Kim SC et al. Holmium laser enucleation of the prostate for men with urinary retention. *J Urol* 2005 Sep;174(3):998–1001.
<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/16094022>
36. Tan AH, Gilling PJ, Kennett KM et al. A randomized trial comparing holmium laser enucleation of the prostate with transurethral resection of the prostate for the treatment of bladder outlet obstruction secondary to benign prostatic hyperplasia in large glands (40 to 200 grams). *J Urol* 2003 Oct;170(4 Pt 1):1270–4.
<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/14501739>
37. Gilling PJ, Aho TE, Frampton CF et al. Holmium laser enucleation of the prostate: results at 6 years. *Eur Urol* 2008 Apr;53(4):744–9.
<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/17475395>
38. Kuntz RM, Lehrich K, Ahyai SA. Holmium laser enucleation of the prostate versus open prostatectomy for prostates greater than 100 grams: 5-year follow-up results of a randomised clinical trial. *Eur Urol* 2008 Jan;53(1):160–6.
<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/17869409>
39. Kuntz RM, Lehrich K, Ahyai S. Transurethral Holmium Laser Enucleation of the Prostate Compared with Transvesical Open Prostatectomy: 18-Month Follow-Up of a Randomized Trial. *J Endourol* 2004 Mar;18(2):189–91.
<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/15072629>
40. Kuntz RM, Ahyai S, Lehrich K et al. Transurethral holmium laser enucleation of the prostate versus transurethral electrocautery resection of the prostate: a randomized prospective trial in 200 patients. *J Urol* 2004 Sep;172(3):1012–6.
<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/15311026>
41. Briganti A, Naspro R, Gallina A et al. Impact on sexual function of holmium laser enucleation versus transurethral resection of the prostate: results of a prospective, 2-center, randomized trial. *J Urol* 2006 May;175(5):1817–21.
<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/16600770>
42. Gupta N, Sivaramakrishna, Kumar R et al. Comparison of standard transurethral resection, transurethral vapour resection and holmium laser enucleation of the prostate for managing benign prostatic hyperplasia of >40 g. *BJU Int* 2006 Jan;97(1):85–9.
<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/16336334>
43. Naspro R, Suardi N, Salonia A et al. Holmium laser enucleation of the prostate versus open prostatectomy for prostates >70 g: 24-month follow-up. *Eur Urol* 2006 Sep;50(3):563–8.
<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/16713070>
44. Wilson LC, Gilling PJ, Williams A et al. A randomised trial comparing holmium laser enucleation versus transurethral resection in the treatment of prostates larger than 40 grams: results at 2 years. *Eur Urol* 2006 Sep;50(3):569–73.
<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/16704894>
45. Montorsi F, Naspro R, Salonia A et al. Holmium laser enucleation versus transurethral resection of the prostate: results from a 2-center prospective randomized trial in patients with obstructive benign prostatic hyperplasia. *J Urol* 2008 May;179(5 Suppl):87–90.
<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/18405765>
46. Gilling PJ, Cass CB, Malcolm A et al. Holmium laser resection of the prostate (HoLRP) versus neodymium: YAG visual laser ablation of the prostate (VLAP): a randomized prospective comparison of two techniques for laser prostatectomy. *Urology* 1998 Apr;51(4):573–7.
<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/9586609>
47. Kuntz R. Current role of lasers in the treatment of benign prostatic hyperplasia (BPH). *Eur Urol* 2006 Jun;49(6):961–9.
<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/16632179>
48. Moody JA, Lingeman JE. Holmium laser enucleation for prostate adenoma greater than 100 gm: comparison to open prostatectomy. *J Urol* 2001 Feb;165(2):459–62.
<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/11176396>

49. Elzayat EA, Habib EI, Elhilali MM. Holmium laser enucleation of the prostate: a size-independent new 'gold standard'. *Urology* 2005 Nov;66(5 Suppl):108–13.
<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/16194716>
50. Kuntz RM, Lehrich K, Ahyai S. Does perioperative outcome of transurethral holmium laser enucleation of the prostate depend on prostate size? *J Endourol* 2004 Mar;18(2):183–8.
<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/15072628>
51. Shah HN, Mahajan AP, Hegde SS et al. Perioperative complications of holmium laser enucleation of the prostate: experience in the first 280 patients, and a review of literature. *BJU Int* 2007 Jul;100(1):94–101.
<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/17419697>
52. Kuo RL, Paterson RF, Siqueira TM Jr et al. Holmium laser enucleation of the prostate: morbidity in a series of 206 patients. *Urology* 2003 Jul;62(1):59–63.
<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/12837423>
53. Kuo RL, Kim SC, Lingeman JE et al. Holmium laser enucleation of prostate (HoLEP): the Methodist Hospital experience with greater than 75 gram enucleations. *J Urol* 2003 Jul;170(1):149–52.
<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/12796668>
54. Placer J, Gelabert-Mas A, Vallmanya F et al. Holmium laser enucleation of prostate: outcome and complications of self-taught learning curve. *Urology* 2009 May;73(5):1042–8.
<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/19394500>
55. Suardi N, Gallina A, Salonia A et al. Holmium laser enucleation of the prostate and holmium laser ablation of the prostate: indications and outcome. *Curr Opin Urol* 2009 Jan;19(1):38–43.
<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/19057214>
56. Shah HN, Sodha HS, Kharodawala SJ et al. Influence of prostate size on the outcome of holmium laser enucleation of the prostate. *BJU Int* 2008 Jun;101(12):1536–41.
<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/18218057>
57. Seki N, Mochida O, Kinukawa N et al. Holmium laser enucleation for prostatic adenoma: analysis of learning curve over the course of 70 consecutive cases. *J Urol* 2003 Nov;170(5):1847–50.
<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/14532790>
58. Aho TE, Gilling PJ, Kennett KM et al. Holmium laser bladder neck incision versus holmium enucleation of the prostate as outpatient procedures for prostates less than 40 grams: a randomized trial. *J Urol* 2005 Jul;174(1):210–4.
<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/15947629>
59. Elzayat E, Habib E, Elhilali M. Holmium laser enucleation of the prostate in patients on anticoagulant therapy or with bleeding disorders. *J Urol* 2006 Apr;175(4):1428–32.
<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/16516015>
60. Rieken M, Ebinger Mundorff N, Bonkat G et al. Complications of laser prostatectomy: a review of recent data. *World J Urol* 2010 Feb;28(1):53–62.
<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/20052586>
61. Tan AH, Gilling PJ, Kennett KM et al. Long-term results of high-power holmium laser vaporization (ablation) of the prostate. *BJU Int* 2003 Nov;92(7):707–9.
<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/14616451>
62. Elzayat EA, Elhilali EM. Holmium laser enucleation of the prostate (HoLEP): long-term results, reoperation rate, and possible impact of the learning curve. *Eur Urol* 2007 Nov;52(5):1465–71.
<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/17498867>
63. Vavassori I, Valenti S, Naspro R et al. Three-year outcome following holmium laser enucleation of the prostate combined with mechanical morcellation in 330 consecutive patients. *Eur Urol* 2008 Mar;53(3):599–604.
<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/17997021>
64. Ahyai SA, Lehrich K, Kuntz RM. Holmium laser enucleation versus transurethral resection of the prostate: 3-year follow-up results of a randomized clinical trial. *Eur Urol* 2007 Nov;52(5):1456–63.
<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/17499427>

3.5. Тулиевый лазер на алюмоиттриевом гранате (Тm:YAG)

Лазерная энергия излучается при длине волны около 2000 нм в режиме постоянно генерируемой волны [1–4]. В противоположность возбуждаемому лампой-вспышкой излучению гольмиевого лазера, ионы тулия непосредственно возбуждаются лазерными диодами большой мощности. Хотя тулиевый лазер обладает теми же характеристиками поглощения в воде и мягких тканях, что и гольмиевый лазер, он лучше работает в мягких тканях благодаря непрерывно генерируемому лазерному пучку. Из-за несколько меньшей длины волны глубина проникновения в ткани уменьшается до 250 мкм. Длина излучения этого лазера близка к пику поглощения для воды, и в сочетании с малой глубиной проникновения это приводит к высокой плотности энергии, передаваемой тканям, что сопровождается быстрым испарением воды и мягких тканей. Вместо разрывающего действия, которое вызывается пульсирующим излучением гольмиевого лазера, постоянно генерируемая волна тулиевого лазера позволяет плавно иссекать ткани и испарять их, добиваясь великолепного гемостаза. Поскольку вода

содержится в мягких тканях повсюду и является целевым хромофором, это создает постоянство содержания хромофора в облучаемых лазером тканях и приводит к однородному взаимодействию излучения с тканями. Вода сохраняет свои поглощающие свойства по мере нагревания ее лазерным лучом вплоть до точки кипения, что означает начало испарения тканей.

После каждого воздействия лазерного луча в ткани остается след в виде коагуляционного слоя, чем обеспечивается гемостаз. В этом слое все еще содержится достаточно воды для того, чтобы обеспечить эффективное поглощение излучения при следующем проходе лазера. Таким образом, на протяжении всего хирургического вмешательства сохраняется взаимодействие лазера и мягких тканей. В отличие от импульсного режима гольмиевого лазера лазеры с постоянным излучением света не позволяют осуществлять литотрипсию.

3.5.1. Физические свойства

До настоящего времени имеется 1 статья с клиническими данными об эффективности вапоризации мягких тканей с применением постоянно генерирующего излучение тулиевого лазера Tm:YAG с длиной волны 2013 нм (2 мкм). Имеется по одной публикации для 70-ваттного и 120-ваттного тулиевого лазера с постоянно излучаемой волной длиной 2 мкм на идентичных экспериментальных кровоснабжаемых моделях на основе свиной почки.

3.5.1.1. Способность к абляции

Скорость абляции тканей возрастает по мере роста выходной мощности. В сравнении с лазером КТР средняя скорость абляции тканей составила 6,56 г/10 мин (70-ваттный Tm:YAG лазер) и 3,99 г/10 мин (80-ваттный лазер КТР) ($p < 0,05$). При сравнении с процедурой ТУР ПЖ оба лазерных устройства показали значительно более низкие скорости удаления тканей (8,28 г/10 мин) [5].

Абляционный потенциал лазеров Thu:YAG был подтвержден в дальнейших исследованиях. При использовании безоболочечного световода диаметром 550 мкм и мощности 70 Вт скорость абляции составила 3,03 г/10 мин. При мощности в 120 Вт и использовании безоболочечного световода диаметром 550 мкм количество удаленной ткани составило 16,41 г/10 мин. При использовании световодов большего диаметра (800 мкм) количество удаляемой ткани уменьшается, так как плотность энергии есть функция диаметра световода [6].

3.5.1.2. Кровопотеря

Тулиевый лазер обладает хорошим гемостатическим потенциалом. На одной и той же модели уровень кровопотери для постоянно излучающего тулиевого лазера мощностью 70 Вт составил $0,16 \pm 0,07$ г/мин по сравнению с $0,21 \pm 0,07$ г/мин для 80-ваттного лазера КТР. Напротив, при ТУР ПЖ кровопотеря гораздо выше и составляет 20,14 г/мин ($p < 0,05$) [5]. Результаты не зависят от увеличения выхода энергии и от диаметра световода [6].

3.5.1.3. Зона коагуляции

При использовании в качестве модели кровоснабжаемой почечной ткани тулиевый лазер показал самую малую глубину коагуляции. Гистологическое исследование показало, что абляция тканей привела к возникновению плотной зоны коагуляции на поверхности ткани. Соответствующая глубина зоны коагуляции составила $264,7 \pm 41,3$ мкм для тулиевого лазера с постоянной генерацией волны, что почти сопоставимо с глубиной при ТУР ПЖ ($287,1 \pm 27,5$ мкм), но меньше, чем глубина зоны коагуляции, достигаемая при помощи лазера КТР (0,6669 мм, т. е. почти в 2,5 раза больше) ($p < 0,05$) (табл. 4) [5]. При увеличении выходной мощности и повышении диаметра оптического волокна степень коагуляции и зона некротизации тканей остались стабильными [6].

Степень абляции тканей возрастала по мере повышения мощности и превышала ту, которая достигается с помощью лазера КТР мощностью 80 Вт. Кроме того, кровопотеря для постоянно излучающего 70-ваттного лазера составила $0,16 \pm 0,07$ г/мин в сравнении с $0,21 \pm 0,07$ г/мин для 80-ваттного лазера КТР, хотя эти цифры значительно ниже, чем при проведении однополюсной операции ТУР ПЖ [5]. В отличие от 120-ваттного лазера LBO [7], 120-ваттный тулиевый лазер с повышенной скоростью абляции тканей демонстрировал стабильную величину кровопотери. Кроме того, исследование показало небольшую глубину проникновения, равную 0,4 мм, и независимость глубины некроза тканей от подводимой энергии [6].

3.5.2. Методики, основанные на применении тулиевого лазера

До настоящего времени описаны 4 разных технических подхода:

- 1) Вапоризация ПЖ тулиевым лазером (ThuVAP);
- 2) Вапорезекция с помощью тулиевого лазера (ThuVARP);
- 3) Вапорэнуклеация с помощью тулиевого лазера (ThuVAP);
- 4) Энуклеация ПЖ с помощью тулиевого лазера (ThuLEP) [8].

Так как данные проспективных РКИ весьма скудны, нет возможности оценить уровень доказательности для данных методик. Но все же до настоящего времени было опубликовано некоторое количество исследований, включая 2 РКИ и 1 неклиническое исследование. Данные, приведенные в этих исследованиях, обсуждаются ниже.

3.5.2.1. *Вапоризация предстательной железы при помощи тулиевого лазера*

ThuVAP – это метод, основанный исключительно на вапоризации. Поскольку луч полностью поглощается водой, нет необходимости в световоде бокового свечения, как при использовании КТР или LBO. Многоцентровое нерандомизированное исследование серии случаев обнародовало клинические данные чистой вапоризации ПЖ у 99 пациентов с небольшими простатами (объем < 35 мл). Так как результаты отображаются совместно с результатами для пациентов с крупными простатами (> 35 мл), клинические данные не могут быть разделены. Улучшение уродинамических параметров у всех пациентов ($n = 200$) показывает наличие клинического эффекта вапоризации или вапорезекции на протяжении 12 мес динамического наблюдения (табл. 9). Эти факты отражают результаты 2 доклинических исследований на модельных кровоснабжаемых органах, в которых изучались физические свойства лазера Tm:YAG.

По сравнению с лазером КТР 70-ваттный лазер Tm:YAG продемонстрировал большую абляционную способность, меньший уровень кровопотери и меньшую по глубине зону коагуляции [5]. 70-ваттный тулиевый лазер и новейший 120-ваттный лазер КТР продемонстрировали сходные показатели по кровопотере и коагулирующим свойствам [6] в отличие от 120-ваттного лазера LBO, для которого характерна несколько большая кровопотеря и небольшое увеличение коагуляционной зоны [7]. Повышение энергии привело к значительному повышению абляционной способности как у тулиевого лазера, так и у лазера LBO (табл. 4).

Процедура ThuVAP/ThuVARP была успешно проведена 12 пациентам, принимавшим антикоагулянты [9]. Время проведения операции составило от 25 до 140 мин, длительность дренирования уретральным катетером составила 16 часов, переливание крови не понадобилось [10]. Не сообщалось о возникновении стриктур уретры или склероза шейки МП. Однако у 7 пациентов не удалось добиться полного выпаривания ткани, и потребовалась повторная операция, а у 4 больных после удаления катетера наблюдалась задержка мочи. У 6 % пациентов, оперированных путем ThuVAP, в послеоперационном периоде наблюдалась ирритативная симптоматика, которая купировалась в течение 1–3 мес.

3.5.2.2. *Резекция предстательной железы при помощи тулиевого лазера (ThuVARP)*

ThuVARP – это методика, при которой ткань ПЖ, так же как и при ТУР ПЖ, нарезается на мелкие фрагменты. Хотя тулиевый лазер подобен гольмиевому в отношении неглубокого проникновения в воду и ткани, а также в отношении гемостаза, его работа в режиме постоянной генерации волны значительно повышает вапоризирующую способность. Поэтому абляция тканей достигается не только за счет резекции, но и благодаря одновременному выпариванию.

Методике ThuVARP посвящено большинство статей, в которых идет речь об использовании тулиевого лазера. С 2007 г. было опубликовано 1 РКИ, 1 нерандомизированное контролируемое исследование и 3 проспективных исследования. Всего через них прошли 730 пациентов, и отчеты были опубликованы в рецензируемых журналах.

В 1 РКИ [11] и в 1 нерандомизированном клиническом исследовании [12] процедура ThuVARP сравнивалась с монополярной ТУР ПЖ. Обе процедуры продемонстрировали сходные клинические результаты и улучшение уродинамических параметров в сочетании с меньшими осложнениями. По сравнению с группой, прооперированной по методике ТУР ПЖ, пациенты, оперированные с помощью лазера Tm:YAG, демонстрировали меньшую кровопотерю, меньшую частоту переливаний крови, необходимость в катетеризации и общее время госпитализации для них также были меньше, чем для 1-й группы [11, 12]. Все прочие исследования [13–16] продемонстрировали клинические и уродинамические результаты, находящиеся в пределах вышеуказанных исследований, а также стойкие улучшения функции мочеиспускания (табл. 9) на протяжении 18-месячного периода наблюдения. Снижение ПСА в послеоперационном периоде (суррогатный параметр, отражающий уменьшение количества простатической ткани) составило 56 % [16] и 69,4 % [16].

3.5.2.3. *Вапоэнуклеация предстательной железы при помощи тулиевого лазера (ThuVER)*

Эволюция хирургических методов лечения простаты с помощью лазера Tm:YAG практически повторяла последовательность событий для хирургии с помощью Ho:YAG. Процедура ThuVER была внедрена в 2008 г. для пациентов с крупными ПЖ. Публикаций по этой теме в реферируемых журналах недостаточно. До настоящего времени лечение было применено к 296 пациентам в 4 исследованиях [1–3, 17].

Клиническая эффективность процедуры ThuVER по сравнению с HoLEP изучалась в 1 проспективном РКИ [17] и 2 нерандомизированных проспективных исследованиях. Отмечено эффективное уменьшение количества тканей и стойкое улучшение клинических симптомов на протяжении 18-месячного врачебного контроля [1, 2]. Кровопотеря в группе Tm:YAG была меньше, чем в группе, оперированной по методике HoLEP, при равно эффективном разрешении обструкции в течение короткого периода наблюдения, составившего 3 мес [17].

У пациентов с хронической задержкой мочи не было отмечено различий относительно улучшения уродинамических параметров и периоперационных осложнений, за исключением большей частоты ИМП (15,5 против 4,6) [4]. Операция ThuVER была безопасно проведена у 96 больных группы высокого риска, из которых 16 принимали антикоагулянты. Во всей группе исследования у 6 пациентов возникла ИМП, 3 из них потребовалось либо послеоперационное переливание крови, либо повторная операция в связи с наличием тампонады МП сгустками крови, или же у них наблюдалось неадекватное мочеиспускание [13].

3.5.2.4. Энуклеация предстательной железы при помощи тулиевого лазера (ThuLEP)

ThuLEP – это трансуретральная методика с преимущественно тупым отделением аденомы, как в методике ОП. Постоянные разрезы выполняются в апекальной зоне ПЖ и в области шейки МП; питающие сосуды, идущие от периферии к переходной зоне, точно прижигаются, при этом капсула по большей части остается нетронутой. До настоящего времени никакие клинические данные, за исключением описания методики, не публиковались [18].

Таблица 9. Результаты операций ThuVAP, ThuVARP, ThuVEP в части улучшения уродинамических параметров

Литературный источник	Методика	Период наблюдения	Число пациентов	Средний объем ПЖ, мл	Сокращение уровня ПСА, %	Изменение симптомов, %	Изменение Q_{max} , мл/с (%)	Изменение показателя PVR, %	УД
Mattioli et al., 2009 [9]	ThuVAP ThuVARP	12	99 101	45	отсут.	-67*	14,8 (289)*	-88,9	4
Xia et al., 2008 [11]	ThuVARP TURP	12	52 48	59,2 55,1	отсут. отсут.	-84 -81	15,7 (296) 15,8 (290)	-94,4 -92,8	1b
Fu et al., 2009 [12]	ThuVARP TURP	12	58 42	49,8 48,2	отсут. отсут.	-85,4 -81,1	14,9 (329) 15,5 (312)	-84,3 -84,8	2b
Bach et al., 2007 [13], 2009 [14]	ThuVARP	18	54	30,3	отсут.	- 67	12,8 (258)	-86	2b
Fu et al., 2008 [15]	ThuVARP	12	72	65,8	-69,4	-72,6	15,1 (364)	-65,7	2b
Szlauer et al., 2009 [16]	ThuVARP	9	56	50,0	-56,1	-56	13,8 (270)	-62,4	2b
Shao et al., 2009 [17]	ThuVEP HoLEP	18	52 46	40,3 37,3	-80 -80	-70 -60	14,9 (350) 15,5 (330)	-80 -80	1b
Bach et al., 2009 [1, 10]	ThuVEP	18	88	61,3	отсут.	-63	15,7 (664)	-72,4	2b

* – для обеих групп; отсут. – отсутствует; УД – уровень доказательности.

3.5.3. Риск и осложнения, устойчивость результатов

Несколько исследований серий случаев и 2 РКИ [11, 17] подтвердили безопасность проведения операции на ПЖ с помощью лазера Tm:YAG, в том числе в подгруппах пациентов с большими простатами [1, 10], принимающих антикоагулянты [3, 9], или с задержкой мочи [2].

3.5.3.1. Интраоперационные осложнения

Частота возникновения осложнений в ходе операций, проводимых по методикам ThuVARP или ThuVEP, невелика. Нет данных по частоте возникновения «ТУР-синдрома». Кровотечение в ходе операции или после него отмечалось в 3,4 % случаев у пациентов, которым выполнялась энуклеация ПЖ, а частота гемотрансфузий для ThuVEP составила от 0 [17] до 2,2 % [2]. Не было сообщений о необходимости переливания крови в ходе

или после вапорезекции ПЖ, в то время как по данным проспективного рандомизированного исследования с уровнем доказательности 1b переливание крови потребовалось в 4 % [11] случаев, а во время ТУР ПЖ в 9,5 % случаев [12] соответственно, при этом «ТУР-синдром» возник у 2,1 % пациентов [11].

3.5.3.2. Ранние послеоперационные осложнения

В раннем послеоперационном периоде после ThuVEP симптоматические ИМП возникли у 6,8 % пациентов [10], а 2,2 % больных потребовалась повторная хирургическая процедура во время госпитализации. Повторная катетеризация потребовалась 1,1 % пациентов [10]. Сравнение осложнений у пациентов, имевших до операции энуклеации ПЖ задержку мочеиспускания и постоянно установленный катетер, и у пациентов, не имевших ранее необходимости в катетеризации, выявило значительно большую частоту послеоперационной гематурии (3,1 % против 1,4 %) и ИМП (15,4 % по сравнению с 4,2 %) у тех пациентов, которые до операции страдали от задержки мочи [2].

Частота возникновения ИМП после ThuVARP (3,9 %) была значительно ниже, чем после ТУР ПЖ (8,3 %) [11], хотя другое исследование приводит для этого осложнения близкие друг к другу величины (6,9 и 7,1 %).

Транзиторное ургентное недержание мочи возникало реже, чем после ТУР ПЖ (23,1 % против 31,3 %) [11]. Что касается частоты слабо и умеренно выраженной дизурии, то для ThuVARP она составила 8,6 % по сравнению с 7,1 % для ТУР ПЖ, что практически не составляет разницы. Ирритативная симптоматика имела место в 26,2 и 29,3 % случаев соответственно [12].

3.5.3.3. Отдаленные осложнения и частота повторных вмешательств

В имеющейся в настоящее время литературе есть данные о проведении операций ThuVARP и ThuVEP с последующим 18-месячным динамическим наблюдением. После операции ThuVARP на протяжении 18 мес наблюдения никому из пациентов не потребовалось повторной операции или повторной катетеризации [14]. Не сообщалось о случаях вновь возникшей эректильной дисфункции. О ретроградной эякуляции после ThuVARP сообщали 55 % пациентов, в сравнении с 65 % – после ТУР ПЖ [11]. В других исследованиях не было отмечено значительной разницы в частоте возникновения ретроградной эякуляции (44,2 % против 44,7 %) [12]. Не возникал склероз шейки МП. При проведении процедуры ThuVARP гораздо реже возникала стриктура уретры по сравнению с ТУР ПЖ (в 1,9 и в 6,5 % случаев соответственно) [11, 12].

На протяжении 18-месячного периода наблюдения 2,2 % пациентов после ThuVEP потребовалось провести повторную операцию по методике ThuVARP. Одному пациенту (1,1 %) потребовалась временная катетеризация, у 1 развилась стриктура уретры, потребовавшая выполнения внутренней уретротомии (1 %) [1].

Тем пациентам, которые имели катетер, установленный до операции энуклеации ПЖ, в 5,6 % случаев требовалась повторная катетеризация. На протяжении 12-месячного периода наблюдения не было обнаружено различий в частоте повторных операций у пациентов с установленными до операции постоянными катетерами и у пациентов без таковых (2,8 % против 3,1 %) [14].

Несмотря на то что результаты весьма обнадеживающие, 18-месячный период наблюдения все же слишком мал для того, чтобы можно было сделать какие-то окончательные выводы.

3.5.4. Заключение и рекомендации относительно использования тулиевых лазеров

Заключения	УД
Методика ThuVARP показала равную эффективность при сравнении с ТУР ПЖ в 2 рандомизированных исследованиях (1 РКИ и 1 нерандомизированное проспективное контролируемое исследование) в случае, если оперируемые ПЖ были малого и среднего объема. У пациентов, прооперированных с помощью тулиевого лазера, отмечалось меньшая продолжительность дренирования уретральным катетером, и они нуждались в менее длительном пребывании в больнице. Тяжелые побочные эффекты были значительно менее выражены, чем при ТУР ПЖ (послеоперационные кровотечения и кровотечения в ходе операции)	1b
В настоящее время имеется только 1 РКИ с коротким периодом наблюдения, в котором сравниваются ThuVEP и HoLEP. Тем не менее в 3 проспективных групповых исследованиях с периодом наблюдения 18 мес было показано, что эти методики эффективны, а ThuVEP еще и отличается малой частотой периоперационных осложнений и повторного лечения	1b
Данные исследований по ThuVEP, и в особенности для ThuLEP, в качестве методик, сравнимых с HoLEP, ожидаются. HoLEP – наиболее изученная методика трансуретральной энуклеации на сегодня. Особенный интерес представляют анатомические данные в долгосрочном периоде	4
Имеющиеся клинические и доклинические экспериментальные данные позволяют предположить, что тулиевые лазеры могут использоваться у пациентов, принимающих антикоагулянты, подобно гольмиевому лазеру, который имеет меньшие коагулирующие свойства из-за импульсного режима подвода энергии	3b

Рекомендации	УД	СР
ThuVAPR представляет собой альтернативу ТУР ПЖ в случае малого и среднего объема ПЖ	1b	A
Методики ThuVAPR и ThuVER пригодны для пациентов, имеющих риск кровотечения или принимающих антикоагулянты	3b	C
Методика ThuVER является альтернативой методикам ТУР ПЖ, HoLEP и ОП в случае наличия у пациента ПЖ большого объема	1b, 2b	A

УД – уровень доказательности; СР – степень рекомендаций.

3.5.5. Литература

- Bach T, Netsch C, Haecker A et al. Thulium:YAG laser enucleation (VapoEnucleation) of the prostate: safety and durability during intermediate-term follow-up. *World J Urol* 2010 Feb;28(1):39–43.
<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/19669645>
- Bach T, Herrmann TRW, Haecker A et al. Thulium:yttrium-aluminium-garnet laser prostatectomy in men with refractory urinary retention. *BJU Int* 2009 Aug;104(3):361–4.
<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/19220261>
- Bach T, Herrmann TRW, Netsch C et al. Vapoenucleation of the prostate using the Thulium:YAG 2 micron cw laser in high-risk patients. *J Urol Suppl* 2010 Apr;183(4):745–6.
- Harrer K, Wezel F, Netsch C et al. Efficacy of Thulium:YAG 2 µ cw Vapoenucleation in patients with prostate volume > 100 ml. *J Urol Suppl* 2010 Apr;183(4):745–6.
- Wendt-Nordahl G, Huckele S, Honeck P et al. Systemic evaluation of recently introduced 2-µm continuous-wave thulium laser for vaporessection of the prostate. *J Endourol* 2008 May;22(5):1041–5.
<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/18377234>
- Bach T, Huck N, Wezel F et al. 70 vs. 120 W thulium:yttrium-aluminium-garnet 2-µm continuous-wave laser for the treatment of benign prostatic hyperplasia: a systemic ex vivo evaluation. *BJU Int* 2010 Aug;106(3):368–72.
<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/19912204>
- Heinrich E, Wendt-Nordahl G, Honeck P et al. 120 W lithium triborate laser for photoselective vaporization of the prostate: comparison with 80 W potassium-titanyl-phosphate laser in an ex vivo model. *J Endourol* 2010 Jan;24(1):75–9.
<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/19958155>
- Bach T, Xia SJ, Fu WJ et al. Thulium:YAG 2-µm cw laser prostatectomy – Where do we stand? – *World J Urol* 2010 Apr;28(2):163–8.
<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/20204378>
- Mattioli S, Munoz R, Recasens R et al. Treatment of benign prostatic hypertrophy with the Revolix laser. *Arch Esp Urol* 2008 Nov;61(9):1037–43.
<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/19140585>
- Bach T, Wendt-Nordahl G, Michel MS et al. Feasibility and efficacy of Thulium:YAG laser enucleation (VapoEnucleation) of the prostate. *World J Urol* 2009 Aug;27(4):541–5.
<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/19184038>
- Xia SJ, Zhuo J, Sun XW et al. Thulium laser versus standard transurethral resection of the prostate: a randomized prospective trial. *Eur Urol* 2008 Feb;53(2):382–9.
<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/17566639>
- Fu WJ, Zhang X, Yang Y et al. Comparison of 2-µm continuous wave laser vaporessection of the prostate and transurethral resection of the prostate: a prospective nonrandomized trial with 1-year follow-up. *Urology* 2010 Jan;75(1):194–9.
<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/19819535>
- Bach T, Herrmann TRW, Ganzer R et al. RevoLix vaporessection of the prostate: initial results of 54 patients with a one-year follow-up. *World J Urol* 2007 Jun;25(3):257–62.
<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/17530258>
- Bach T, Herrmann TRW, Ganzer R et al. Thulium:YAG vaporessection of the prostate. First results. *Urologe A* 2009 May;48(5):529–34.
<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/19183928>
- Fu WJ, Hong BF, Yang Y et al. Vaporessection for managing benign prostatic hyperplasia using a 2-µm continuous –wave laser: a prospective trial with 1-year follow-up. *BJU Int* 2009 Feb;103(3):352–6.
<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/18778340>
- Szlauer R, Gotschl R, Razmaria A et al. Endoscopic vaporessection of the prostate using the continuous-wave 2-µm thulium laser: Outcome and demonstration of the surgical technique. *Eur Urol* 2009 Feb;55(2):368–75.
<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/19022557>

17. Shao Q, Zhang FB, Shang DH et al. Comparison of holmium and thulium laser in transurethral enucleation of the prostate. *Zhonghua Nan Ke Xue* 2009 Apr;15(4):346–9.
<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/19472910>
18. Herrmann TR, Bach T, Imkamp F et al. Thulium laser enucleation of the prostate (ThuLEP): transurethral anatomical prostatectomy with laser support. Introduction of a novel technique for the treatment of benign prostatic obstruction. *World J Urol* 2010 Feb;28(1):45–51.
<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/20063164>

4. ПРИМЕНЕНИЕ ЛАЗЕРНЫХ УСТРОЙСТВ ДЛЯ ЛЕЧЕНИЯ ЗЛОКАЧЕСТВЕННЫХ НОВООБРАЗОВАНИЙ МОЧЕВОГО ПУЗЫРЯ

4.1. Введение

Впервые об использовании лазерных устройств в урологии сообщили Staehler et al. в 1978 г. [1], в этой статье описывалось успешное удаление опухолей МП при помощи лазера Nd:YAG.

Имеется только 1 ретроспективный анализ в отношении лазерной абляции рака мочевого пузыря (РМП). В основном это исследования, проводившиеся в 1 медицинском учреждении с небольшим количеством пациентов (уровень доказательности 3–4). В 2001 г. появились первые сообщения о полной резекции опухолей МП с использованием гольмиевого лазера [92], а в 2008 г. появился первый отчет о резекции злокачественного новообразования МП при помощи гольмиевого лазера [3].

4.2. Клиническое применение и результаты

Хотя для лечения опухолей МП использовались различные лазеры, их проспективное сравнение не выполнялось [4]. В некоторых исследованиях сравнивалась ТУР МП с лечением при помощи лазера в неконтролируемых ретроспективных анализах [5–7]. В большинстве случаев лазерная терапия сравнивалась со стандартной процедурой ТУР МП. Не использовалась постоянная катетеризация. В некоторых исследованиях сообщалось о выполнении процедуры под местной анестезией в амбулаторных условиях [8–11]. Хотя имеются сведения о повреждениях прилегающих органов брюшной полости при использовании лазеров с большой глубиной проникновения, стенка пузыря оставалась неповрежденной [12, 13]. Основные исследования представлены в табл. 10. В применении лазеров для лечения опухолей МП при немышечно-инвазивной форме заболевания основным недостатком было отсутствие тканей для гистопатологического исследования, если использовалась только лазерная вапоризация.

Общий уровень осложнений, по одним данным, составляет всего 5,1 %, но может достигать и 43 %. По данным относительно осложнений после ТУР МП лидируют инфекции ИМП (24 %), затем кровотечения (2,8–8 %), кровопотери, требующие переливания крови (0,9–13 %), и перфорация МП (1,3–5 %). Использование гольмиевого лазера для резекции единым блоком может помочь в установлении степени дифференцировки первичных опухолей МП и в определении стадии заболевания [8, 10, 19]. В настоящее время недостаточно данных для прогнозирования частоты прогрессирования, но, исходя из имеющихся в настоящее время данных, можно сделать вывод, что частота рецидивирования заболевания после применения гольмиевого лазера при РМП, видимо, такая же или более низкая, как и при применении методики ТУР МП [52]. Обсуждается вопрос о том, влияет ли меньшее рассеяние на уменьшение частоты повторного возникновения опухолей как в месте операции, так и вне операционного поля [20]. Однако в целом частота рецидивирования опухолей, как представляется, сравнима с тем же показателем для ТУР МП.

Согласно имеющимся на сегодня данным, оптимальными для лазерной резекции являются относительно небольшие опухоли МП, расположенные в области треугольника, боковых стенок пузыря или шейки. Было высказано предположение, что с онкологической точки зрения лечение при помощи лазера по своим результатам сравнимо с трансуретральной резекцией. В настоящее время, однако, нет более крупных по масштабу исследований, которые показали бы эквивалентность этих 2 подходов в долгосрочной перспективе.

В руках опытного хирурга лазерное лечение заболеваний МП, таких как опухоли, дивертикулы и уретероцеле, становятся альтернативой традиционной ТУР при условии тщательного отбора пациентов.

Таблица 10. Применение лазерных устройств для лечения злокачественных новообразований МП

Литературный источник	Тип исследования	УД	Число пациентов	Методика операции	Время операции (мин)	Осложнения	Длительность наблюдения, мес	Частота рецидивирования опухоли, %		
								Прежняя локализация	Другая локализация	
Ho:YAG (золотистый лазер)										
Johnson et al., 1994 [4]	Ретроспективный	3	15	Фотоабляция	отсут.	Нет	3	20	53	отсут.
Razvi et al., 1995 [6]	Ретроспективный	3	25	Вапоризация	отсут.	Нет	отсут.	отсут.	отсут.	отсут.
Das et al., 1998 [5]	Проспективный	3	23	Фотоабляция + биопсия	18,6	1 × повторная катетеризация	отсут.	отсут.	отсут.	отсут.
Syed et al., 2001 [8]	Ретроспективный	3	41	Вапоризация	отсут.	-72,6	15,1 (364)	-65,7	2b	2b
Szlauger et al., 2009 [16]	ThuVAP	3	56	50,0	-56,1	Нет	14 (3; 33)	18	53	отсут.
Saito, 2001 [7]	Ретроспективный	3	35	Резекция единым блоком + биопсия	отсут.	Нет	отсут.	отсут.	отсут.	отсут.
Jonler et al., 2004 [12]	Проспективный	3	25	Испарение	15 (2–30)	1 × острый эпидидимит	4	отсут.	отсут.	отсут.
Hossain et al., 2005 [13]	Проспективный	13	30	Биопсия + вапоризация/резекция	отсут.	Нет	6, 12	0	отсут.	отсут.
Soler-Martinez et al., 2007 [19]	Проспективный	13	36	Биопсия + фотоабляция	14 (5–17)	Нет	3, 6, 12	отсут.	отсут.	14, 22, 25
Zhu et al., 2008 [10]	Проспективный	2	101	Резекция единым блоком	30,7 (± 16,1)	1 × перфорация МП	34 (18; 43)	отсут.	отсут.	отсут.
Xishuang et al., 2009 (2010) [11]	Проспективный	2	64	Резекция единым блоком	16,5 (± 3,8)	1 × стриктура уретры	24	отсут.	отсут.	LR 15; IR 34,6; HR 31,7
Zhong et al., 2010 [21]	Ретроспективный	3	25	Резекция единым блоком	21,5 (± 12,5)	Нет	12, 24	отсут.	отсут.	12,5, 26,6
Tm:YAG (тулиевый лазер)										
Gao et al., 2008 [3]	Проспективный	13	32	Резекция единым блоком	25 (15–35)	Нет	3, 6, 12	3, 7, 11	6, 17, 21	9, 22, 28
Zhong et al., 2010 [21]	Ретроспективный	3	34	Резекция единым блоком	29,1 (± 16,5)	Нет	12, 24	отсут.	отсут.	17,6; 29,9
Yang et al., 2009 [2]	Проспективный	3	9	Резекция единым блоком	7 (5–15)	1 × перфорация МП	7,5 (6; 9)*	0	отсут.	отсут.

4.3. Заключение и рекомендации по лазерному лечению рака мочевого пузыря

Заключения	УД
Лазеры пригодны для резекции, коагуляции и энуклеации немышечно-инвазивных опухолей МП	3
ТУР МП остается «золотым стандартом»	1a
При лазерной коагуляции опухолей не остается тканей для определения стадии патологического процесса	
Для этой новой методики неизвестны частота прогрессирования заболевания и процент рецидивов на длительных сроках после операции	
В настоящее время нет данных, которые позволили бы выделить какой-либо 1 вид лазерных устройств, используемых преимущественно при операциях на МП	
В целом осложнения непосредственно связаны с длиной волны лазерного излучения (глубиной проникновения) и хирургической методикой	

Рекомендация	СР
Лазерное лечение РМП следует применять только в условиях клинического исследования для пациентов, которые по причине осложнений какого-либо характера не могут проходить лечение обычными методами	С

УД – уровень доказательности; СР – степень рекомендаций.

4.4. Литература

1. Staehler G, Schmiedt E, Hofstetter A. Destruction of bladder neoplasms by means of transurethral neodymium-YAG-laser coagulation. *Helv Chir Acta* 1978 Jul;45(3):307–11.
<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/568126>
2. Yang Y, Wei ZT, Zhang X et al. Transurethral partial cystectomy with continuous wave laser for bladder carcinoma. *J Urol* 2009 Jul;182(1):66–9.
<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/19450852>
3. Gao X, Ren S, Xu C et al. Thulium laser resection via a flexible cystoscope for recurrent non-muscleinvasive bladder cancer: initial clinical experience. *BJU Int* 2008 Nov;102(9):1115–8.
<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/18565172>
4. Johnson DE. Use of the holmium:YAG (Ho:YAG) laser for treatment of superficial bladder carcinoma. *Lasers Surg Med* 1994;14(3):213–8.
<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/8208047>
5. Das A, Gilling P, Fraundorfer M. Holmium laser resection of bladder tumors (HoLRBT). *Tech Urol* 1998 Mar;4(1):12–4.
<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/9568769>
6. Razvi HA, Chun SS, Denstedt JD et al. Soft-tissue applications of the holmium:YAG laser in urology. *J Endourol* 1995 Oct;9(5):387–90.
<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/8580938>
7. Saito S. Transurethral en bloc resection of bladder tumors. *J Urol* 2001 Dec;166(6):2148–50.
<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/11696724>
8. Syed HA, Biyani CS, Bryan N et al. Holmium:YAG laser treatment of recurrent superficial bladder carcinoma: initial clinical experience. *J Endourol* 2001 Aug;15(6):625–7.
<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/11552789>
9. Muraro GB, Grifoni R, Spazzafumo L. Endoscopic therapy of superficial bladder cancer in high-risk patients: Holmium laser versus transurethral resection. *Surg Technol Int* 2005;14:222–6.
<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/16525976>
10. Zhu Y, Jiang X, Zhang J et al. Safety and efficacy of holmium laser resection for primary nonmuscleinvasive bladder cancer versus transurethral electroresection: single-center experience. *Urology* 2008 Sep;72(3):608–12.
<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/18649930>
11. Xishuang S, Deyong Y, Xiangyu C et al. Comparing the safety and efficiency of conventional monopolar, plasmakinetic, and holmium laser transurethral resection of primary non-muscle invasive bladder cancer. *J Endourol* 2010 Jan;24(1):69–73.
<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/19954353>
12. Jonler M, Lund L, Bisballe S. Holmium:YAG laser vaporization of recurrent papillary tumours of the bladder under local anaesthesia. *BJU Int* 2004 Aug;94(3):322–5.
<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/15291860>

13. Hossain MZ, Khan SA, Salam MA et al. Holmium YAG laser treatment of superficial bladder carcinoma. *Mymensingh Med J* 2005 Jan;14(1):13–5.
<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/15695945>
14. Dick A, Barnes R, Hadley H et al. Complications of transurethral resection of bladder tumors: prevention, recognition and treatment. *J Urol* 1980 Dec;124:810–1.
<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/7192324>
15. Pycha A, Lodde M, Lusuardi L et al. Teaching transurethral resection of the bladder: still a challenge? *Urology* 2003 Jul;62:46–8.
<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/12837420>
16. Collado A, Chechile GE, Salvador J et al. Early complications of endoscopic treatment for superficial bladder tumors. *J Urol* 2000 Nov;164(5):1529–32.
<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/11025697>
17. Kondas J, Szentgyorgyi E. Transurethral resection of 1250 bladder tumours. *Int Urol Nephrol* 1992;24(1):35–42.
<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/1378046>
18. Nieder AM, Meinbach DS, Kim SS et al. Transurethral bladder tumor resection: intraoperative and postoperative complications in a residency setting. *J Urol* 2005 Dec;174(6):2307–9.
<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/16280830>
19. Soler-Martinez J, Vozmediano-Chicharro R, Morales-Jimenez P et al. Holmium laser treatment for low grade, low stage, noninvasive bladder cancer with local anesthesia and early instillation of mitomycin C. *J Urol* 2007 Dec;178(6):2337–9.
<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/17936805>
20. Wilby D, Thomas K, Ray E et al. Bladder cancer: new TUR techniques. *World J Urol* 2009 Jun;27(3):309–12.
<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/19259684>
21. Zhong C, Guo S, Tang Y et al. Clinical observation on 2 micron laser for non-muscle-invasive bladder tumor treatment: single-center experience. *World J Urol* 2010 Apr;28(2):157–61.
<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/20306053>

5. ПРИМЕНЕНИЕ ЛАЗЕРОВ В ЛАПАРОСКОПИИ/ЭНДОСКОПИИ

5.1. Резекция почки с помощью лазера

5.1.1. Введение

В настоящее время при выполнении лапароскопической резекции почки (ЛРП) необходимо накладывать зажимы на сосуды почечной ножки, чтобы создать бескровное операционное поле в месте ее рассечения. Однако необходимость наложения зажима осложняет операцию в связи с ограничениями по времени и значительным риском, связанным с удлинением периода теплой ишемии почки, что в послеоперационном периоде становится причиной нарушения почечной функции. Лазерная технология представляется многообещающей альтернативой, позволяющей выполнять иссечение опухоли, добиваясь при этом сохранения водонепроницаемости чашечно-лоханочной системы и остановки паренхиматозного кровотечения с учетом ограничений по времени, с наложением зажима на ножку либо без него.

5.1.2. Клиническое применение и результаты

Эффективность резекции почки (РП) с помощью лазера была показана в нескольких экспериментальных исследованиях при различных условиях ее проведения. Однако до настоящего времени были опубликованы только 8 небольших серийных исследований, связанных с клиническими исследованиями РП с помощью лазера, из которых только в 2 сериях операция проводилась лапароскопическим доступом (в 1 случае – обычным способом, в другом – при помощи робота) (табл. 11) [1–8] (уровень доказательности 3). Соответственно, такие свидетельства считаются доказательствами невысокого уровня, и для того, чтобы метод стал стандартным при хирургических вмешательствах, направленных на сохранение почки, необходимы дополнительные исследования.

Начало опытного использования лазера в почечной хирургии можно отнести к 1982 г. Предварительные результаты использования лазера на диоксиде углерода для абляции почечной ткани были многообещающими, демонстрировали пониженную кровопотерю, уменьшение времени проведения операции и сохранение функциональной целостности остающейся почечной ткани [1, 2]. В 1986 г. появились сообщения о первых сериях операций РП без необходимости наложения зажима на сосуды ножки. Malloy et al. применили неодимовый лазер при лечении 3 пожилых пациентов с почечно-клеточной карциномой единственной почки. Неодимовый лазер использовался для выделения опухоли в сочетании

со стандартной техникой открытой операции. При этом не потребовалось пережатия почечной артерии, и онкологические результаты операции были признаны отличными во всех 3 случаях [3] (уровень доказательности 3).

Первоначальный опыт применения контактной резекции лазером Nd:YAG при РП был впервые описан в 1993 г. В серии из 6 резекций хирурги пережимали почечные артерии, чтобы добиться хорошего гемостаза в ходе операции. Режущие свойства лазера признаны более деликатными, в то время как уровни энергии можно было уменьшить, причиняя меньше повреждений оставшейся паренхиме. Онкологический результат был сочтен отличным [4] (уровень доказательности 3). Кроме того, сочетание лазера КТР (для рассечения) и лазера YAG (для коагуляции крупных сосудов) позволило быстро удалять почечную ткань с минимальной кровопотерей и минимальной утратой почечной паренхимы в небольшой серии из 3 случаев, имевших место в педиатрической практике – двусторонние опухоли Вильмса [5].

Безопасность и приемлемость лазерной РП без необходимости окклюзии сосудов почечной ножки в дальнейшем были подтверждены в еще 1 небольшой серии исследований, пациентам которой проводилась открытая операция. Открытую РП выполнили 5 пациентам с опухолями почек размером до 3,8 см. Во время операции использовался лазер с постоянной генерацией волны излучения длиной 2,0 мкм (RevoLix) от компании LISA, представляющий собой твердотельный лазер с диодной накачкой, испускающий излучение длиной волны 2013 нм с глубиной проникновения в ткань 0,5 мм. Во всех случаях не отмечалось кровотечения во время или после операции, не потребовалось накладывать гемостатические швы или прибегать к другим средствам обеспечения гемостаза. Не отмечалось обильных кровотечений или значительного изменения уровня креатинина в послеоперационном периоде. Согласно данным авторов, эффективная и безопасная коагуляция сосудов была возможна для сосудов диаметром вплоть до 1,5 мм. Лазерная методика должна использоваться только для периферийных опухолей почки [6] (уровень доказательности 3).

Впервые о трехкратном успешном проведении ЛРП у людей без необходимости в пережатии сосудов почечной ножки с использованием гольмиевого лазера на алюмоиттриевом гранате сообщили в 2002 г. Показаниями к ЛРП были осложненные почечные кисты и почечно-клеточная карцинома размером 2,5 см у 2 взрослых пациентов и нефункционирующая нижняя половина в удвоенной чашечно-лоханочной системе у 8-летнего ребенка. Настройки лазера составляли 2 Дж/импульс, частота импульсов 60 импульсов/с и 0,8 Дж/импульс при частоте 40 импульсов/с. Несмотря на тот факт, что гемостаз считался адекватным, в 2 случаях применялся фибриновый клей, а в 1 – оксидированная целлюлоза для профилактики отсроченного кровотечения. Не наблюдалось никаких осложнений, и все пациенты покинули больницу в течение 3 дней.

Два основных недостатка методики состояли в том, что в момент включения лазера в брюшной полости скапливался дым, и в момент резекции кровь заливала линзы камеры, нарушая видимость [7] (уровень доказательности 3).

Совсем недавно появились сведения о предварительном опыте применения робототехники для лазерной РП без наложения зажима на сосуды почечной ножки у 2 пациентов. Лазерная РП с помощью лазера КТР проводилась с применением специально созданного робототехнического лазерного инструмента-прототипа. В устройстве использовался лазер Greenlight HPS® 50 Вт. Одному пациенту потребовалось наложить зажим в ходе операции из-за кровотечения из крупного центрального сегментарного сосуда. Глубина теплового поражения оценивалась приблизительно в 1 мм. Не сообщалось о каких-либо серьезных осложнениях [8] (уровень доказательности 3).

Таблица 11. Клинический опыт в отношении частичной нефрэктомии с применением лазера

Литературный источник	Число пациентов	Вид лечения	Тип лазера	Пережатие сосудов ножки	Комментарии или отрицательные побочные эффекты	УД
Barzilay et al., 1982 [1]	4	РП (3) Продольное рассечение почки (1)	Углекислотный лазер	Да	Открытая операция	3
Rosemberg, 1985 [2]	3	РП	Углекислотный лазер	Да	Открытая операция	1b
Malloy et al., 1986 [3]	3	РП	Неодимовый лазер	Нет	Открытая операция	1b

Korhonen et al., 1993 [4]	5	РП	Неодимовый лазер	Да	Открытая операция	3
Merguerian et al., 1994 [5]	3	РП	Неодимовый лазер и лазер КТР	Да	Открытая операция	3
Gruschwitz et al., 2008 [6]	5	РП	Лазер с постоянной генерацией волны длиной 2,0 мкм	Нет	Открытая операция	3
Lotan et al., 2002 [7]	3	РП	Гольмиевый лазер	Нет	Лапароскопическая операция / накопление дыма и забрызгивание камеры кровью	3
Hodgson et al., 2008 [8]	2	РП	Лазер КТР	Нет	Операция с помощью робота / наложение зажима на сосуды потребовалось в 1 случае	3

5.1.3. *Заключения относительно резекции почки с применением лазера*

Заключения	УД
Имеющиеся в настоящее время данные относительно органосберегающей операции на почках с использованием лазерной энергии в качестве аблятивного метода пока еще недоказательны	
Предварительные результаты показывают, что осуществима ЛРП с применением лазера без необходимости перекрывания прикорневых сосудов почки	3
Не сообщалось о серьезных осложнениях при проведении таких операций у людей	3
РП с помощью лазера, как ожидается, станет многообещающей альтернативой в хирургии почки и должна далее изучаться в рамках клинических исследований	

5.2. **Радикальная нервосберегающая простатэктомия с использованием лазера (LNSRP)**

Экспериментальные и предварительные клинические данные обозначили многообещающее применение лазерной технологии при проведении лапароскопической нервосберегающей простатэктомии (LNSRP) (табл. 12). После изучения пригодности данной методики в экспериментальной серии простатэктомии у собак Gianduzzo et al. провели 10 пациентам нервосберегающую простатэктомию лазером КТР (длина волны 532 нм) с помощью робота; в установке использовался лазер модели AugaXP, мощность излучения 12 Вт, оптический волновод Endostat® диаметром 300 мкм. Способность лазера КТР селективно поглощаться гемоглобином позволяет осуществлять точное рассечение, гемостаз, и в то же время повреждение ткани оказывается минимальным. Однако в каждом случае текущей серии несколько раз требовалось применять диатермию, накладывать швы или клипсы для дополнительной остановки кровотечения. Осложнения выражались в 1 случае недержанием мочи и инфекцией мягких тканей в области стояния дренажа. Долгосрочные результаты в отношении потенции не демонстрировались.

Это первое клиническое исследование лазера КТР в качестве абляционного метода при проведении радикальной нервосберегающей простатэктомии [9] (уровень доказательности 3). Согласно авторам, основным недостатком методики является необходимость установки фильтра на лазер КТР, так как его зеленое излучение взаимодействует с системой камеры, а также необходимость ношения затемненных защитных очков, и оба этих фактора в значительной мере ухудшали лапароскопическую видимость. Экспериментальные данные, полученные на собаках, подтвердили, что лазер КТР способен сохранять функцию кавернозных нервов, сравнимую с техникой, не предусматривающей применения тепла (рассечение острым скальпелем и наложение клипс) [10]. Однако для определения значимости этой методики необходима дальнейшая оценка в условиях клинических исследований.

Также сообщалось о многообещающих результатах проведения операции LNSRP с помощью

неодимового лазера. В исследовании, посвященном оценке предварительной осуществимости методики, у 5 пациентов-участников с клинически локализованной аденокарциномой оценивалась степень сохранности нервно-сосудистого пучка простаты. Излучение неодимового лазера с постоянной генерацией волны длиной 1064 нм приводилось в непосредственный контакт с тканью простаты при мощности 8 Вт, что было предложено как подходящий вариант для проведения большинства операций. Отмечались минимальная кровопотеря, быстрое рассечение и минимальное повреждение окружающих тканей (глубина проникновения в среднем составила приблизительно 687 мкм). Так как в конце операции проводилось иссечение нервно-сосудистого пучка простаты для гистологических целей, не представлялось возможным оценить функциональные данные относительно эрекции, что является ограничением данного исследования [9] (уровень доказательности 3).

Таблица 12. Клинический опыт проведения лапароскопической радикальной нервосберегающей простатэктомии с применением лазера

Литературный источник	Число пациентов	Вид лечения	Тип лазера	Комментарии или отрицательные побочные эффекты	УД
Gianduzzo et al., 2007 [9]	5	LNSRP	Неодимовый лазер на алюмоиттриевом гранате с длиной волны 1064 нм	Лапароскопический метод	3

5.2.1. Заключение относительно лапароскопической радикальной нервосберегающей простатэктомии с применением лазера

Заключения	УД
Данные малочисленны и не позволяют сделать надежные и безопасные выводы	
Предварительные результаты показывают, что операция LNSRP осуществима и, возможно, способна улучшить сохранность нервно-сосудистого пучка простаты	3
LNSRP все еще следует считать операцией, находящейся в экспериментальном периоде	

6. ИНТЕРСТИЦИАЛЬНАЯ АБЛАЦИЯ ОПУХОЛЕЙ ПОЧКИ

Всеобщий консенсус в настоящий момент поддерживает тепловую коагуляцию небольших опухолей почки в качестве альтернативного варианта лечения, но только в определенных случаях, при наличии у пациентов осложнений, которые не позволяют рассматривать их кандидатуры для проведения РП [11].

Клинический опыт лазерной интерстициальной абляции почечных опухолей все еще невелик (табл. 13). Чрескожная лазерная тепловая абляция почки (LTA) под контролем магнитно-резонансной томографии (МРТ) впервые была введена в практику de Jode и использовалась в исследовании предварительной возможности осуществления операции; были прооперированы 3 пациента с неоперабельными опухолями почки, использовался неодимовый лазер, излучение которого подводилось к опухоли почки чрескожно через охлаждаемое водой интерстициальное волокно. МРТ использовалась и для контроля размещения лазера, и для мониторинга операции в реальном времени. Некроз ткани в целевом органе был подтвержден [12] (уровень доказательности 3). Dick et al. оценивали безопасность и осуществимость методики в серии из 9 пациентов с неоперабельными опухолями почек. Операция проводилась под обезболиванием с сохранением сознания и опиатной анальгезией у 6 из 9 пациентов, а остальным была сделана общая анестезия. Для подведения лазерной энергии от лазера Nd:YAG с длиной волны 1064 нм к опухоли использовалось интерстициально расположенное волокно диаметром 600 мкм с водяным охлаждением. Лазерная энергия мощностью 25 Вт использовалась в течение 10–30 мин протекания операции. У всех пациентов процент увеличения опухоли значительно уменьшился после проведения LTA на протяжении в среднем 16,9 мес наблюдения после проведения процедуры. Впоследствии не отмечалось прорастания опухоли в окружающие структуры, например в паранефральную клетчатку и в почечные вены. Сообщалось о таких осложнениях, как 2 случая периферической гематомы (разрешены консервативными методами) и 1 случай брадикардии (введен атропин) [13] (уровень доказательности 3).

Таблица 13. Клинический опыт лазерной интерстициальной абляции почечных опухолей все еще невелик

Литературный источник	Число пациентов	Заболевание	Тип лазера	Комментарии	УД
de Jode et al., 1999 [12]	3	Неоперабельные опухоли почек	Неодимовый лазер	Чрескожно или под контролем МРТ	3
Dick et al., 2002 [13]	9	Неоперабельные опухоли почек	Неодимовый лазер	Чрескожно или под контролем МРТ	3

6.1. Заключение и рекомендации по лазерному лечению небольших опухолей почки

Заключения	УД
Данные очень незначительны и пока не позволяют сделать надежные и безопасные выводы о том, что касается онкологических результатов и безопасности проведения операций	
Методика LNSRP все еще должна рассматриваться как экспериментальная	

Рекомендация	СР
ЛРП с помощью лазера, операция LNSRP и интерстициальная лазерная коагуляция все еще являются экспериментальными методиками и должны применяться только в условиях клинических испытаний	С

УД – уровень доказательности; СР – степень рекомендации.

6.2. Литература

- Barzilay B, Lijovetzky G, Shapiro A et al. The clinical use of CO2 laser beam in the surgery of kidney parenchyma. *Lasers Surg Med* 1982;2(1):81–7.
<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/6810046>
- Rosemberg SK. Clinical experience with carbon dioxide laser in renal surgery. *Urology* 1985 Feb;25(2):115–8.
<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/3918370>
- Malloy TR, Schultz RE, Wein AJ et al. Renal preservation utilizing neodymium:YAG laser. *Urology* 1986 Feb;27(2):99–103.
<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/3753808>
- Korhonen AK, Talja M, Karlsson H et al. Contact Nd:YAG laser and regional renal hypothermia in partial nephrectomy. *Ann Chir Gynaecol Suppl* 1993;206:59–62.
<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/8291872>
- Merguerian PA, Seremetis G. Laser-assisted partial nephrectomy in children. *J Pediatr Surg* 1994 Jul;29(7):934–6.
<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/7931974>
- Gruschwitz T, Stein R, Schubert J et al. Laser-supported partial nephrectomy for renal cell carcinoma. *Urology* 2008 Feb;71(2):334–6.
<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/18308114>
- Lotan Y, Gettman MT, Ogan K et al. Clinical use of the holmium: YAG laser in laparoscopic partial nephrectomy. *J Endourol* 2002 Jun;16(5):289–92.
<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/12184078>
- Hodgson D, Karamanolakis K, Rajbabu et al. Appraisal of a novel procedure: potassium titanyl phosphate (KTP) laser laparoscopic partial nephrectomy. Abstracts of the Engineering and Urology Society, May 19, 2007, Anaheim, California. *Journal of Endourol* 2008 Jan;22(1):159–212; abstract #116.
- Gianduzzo TR, Chang CM, El-Shazly M et al. Laser nerve-sparing laparoscopic radical prostatectomy: a feasibility study. *BJU Int* 2007 Apr;99(4):875–9.
<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/17244283>
- Gianduzzo TR, Colombo JR Jr, Haber GP et al. KTP Laser Nerve Sparing Radical Prostatectomy: Comparison of Ultrasonic a Cold Scissor Dissection on Cavernous Nerve Function. *J Urol* 2009;181(6):2760–6.
<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/19375744>
- Lovisol JA, Legramandi CP, Fonte A. Thermal ablation of small renal tumors—present status. *ScientificWorldJournal* 2007 Feb 9;7:756–67.

- <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/17619758>
12. de Jode MG, Vale JA, Gedroyc WMW. MR-guided laser thermoablation of inoperable renal tumours in an open-configuration interventional MR scanner: preliminary clinical experience in three cases. *J Magn Reson Imaging* 1999;10(4):545–9.
- <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/10508321>
13. Dick EA, Joarder R, de Jode MG et al. Magnetic resonance imaging-guided laser thermal ablation of renal tumours. *BJU Int* 2002;90(9):814–22.
- <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/12460338>

7. РЕТРОГРАДНАЯ ЛАЗЕРНАЯ ЭНДОУРЕТЕРОТОМИЯ

7.1. Введение

Эндоуретеротомия часто является первоочередным средством лечения доброкачественных стриктур мочеочника. С момента внедрения в 1997 г. лазерная эндоуретеротомия стала очень популярным методом проведения подобных операций [1]. Публикации об этом методе основаны на ретроспективном анализе, т. е. на исследованиях, проводившихся в рамках 1 лечебного учреждения, что дает уровень доказательности 3 или 4 [1–12] (табл. 14).

7.2. Клиническое применение и результаты

Нет однозначных данных относительно успешности результатов лазерной эндоуретеротомии. Значительные различия в показателях успешного излечения, наблюдаемые в различных публикациях, скорее всего, связаны с тем, что доброкачественные стриктуры уретры были вызваны разными причинами, и возможно, что каждая из этих причин по-своему реагирует на лазерную эндоуретеротомию (Gdog, 2008). Тем не менее в ретроспективных исследованиях недостает ясности в вопросе о том, какие стриктуры хорошо реагируют на лазерное воздействие, а какие – нет (уровень доказательности 4). Неишемические (например, ятрогенные) доброкачественные стриктуры уретры, возникающие после лечения камней или применения абдоминальной хирургии, как сообщают, хорошо поддаются лазерной эндоуретеротомии, для них показатель успешного исхода, по опубликованным данным, составлял от 68,4 до 91 % (уровень доказательности 3). Пожалуй, важнейшим показателем возможного успешного исхода является длина стриктуры. Протяженные стриктуры мочеочника (свыше 2 см) имеют тенденцию хуже излечиваться (уровень доказательности 3). Протяженность стриктуры, функция ипсилатеральной почки, наличие вколоченного камня и местоположение стриктуры (верхняя, средняя или нижняя треть) также, по предположениям, могут влиять на исход лечения, хотя опубликованные результаты противоречивы (уровень доказательности 3). Пациенты со стриктурами уретероэнтероанастомоза и злокачественными стриктурами не проявляли хорошей реакции на лазерную эндоуретеротомию. В этих случаях сообщалось о том, что доля успешных исходов не превышала 60 % (уровень доказательности 3).

Результаты ретроградной лазерной эндоуретеротомии по сравнению с открытой хирургической ревизией оказываются несколько хуже (уровень доказательности 2b). Но в связи с минимально инвазивным характером техники лазерная эндоуретротомия ассоциируется с меньшей частотой осложнений и должна рассматриваться как первоочередной вариант лечения (уровень доказательности 3). При сравнении с другими хорошо обоснованными эндouroлогическими методами (например, баллонная дилатация с рассечением термоструной, эндоинцизия электроножом или холодным ножом) результаты лазерной эндоуретеротомии, согласно опубликованным данным, имеют те же или даже лучшие результаты в длительном периоде наблюдения [9]. В настоящее время, однако, нет более крупных по масштабу исследований, которые показали бы эквивалентность этих подходов в долгосрочной перспективе.

Как оказалось, единственными хорошо изученными устройствами в данном случае являются гольмиевые лазеры (уровень доказательности 4). В настоящее время другие лазерные источники все еще оцениваются и находятся в стадии эксперимента.

Поскольку не хватает больших исследований, а долгосрочные исследования редки, пока не освещался вопрос о среднем времени, проходящем до установления факта неудачи лечения. Сообщалось о том, что стриктуры вновь возникали спустя даже 18 мес после операции. Хотя все же чаще повторные стриктуры появляются в первые 3 мес после операции (уровень доказательности 3). Постановка дилатационного баллона после лазерного рассечения и послеоперационная установка мочеочникового стента сроком от 4 нед до 6 мес являются общепринятыми подходами, которые, как оказалось, способствуют долгосрочной эффективности (уровень доказательности 4). Однако по-прежнему недостает исследований, в которых бы сравнивался процент неудач при использовании и неиспользовании баллонной дилатации и послеоперационного стентирования мочеочника.

Таблица 14. Клинический опыт проведения ретроградной лазерной эндоуретеротомии

Литературный источник	Число пациентов	Заболевание	Успешные исходы	Средний срок наблюдения, мес	Комментарии
Lin et al., 2009 [2]	19	Доброкачественные стриктуры мочеточника	52,6 %	40,2	Длина стриктур и тяжесть гидронефроза коррелировали с вероятностью удачного исхода
Gnessin et al., 2009 [3]	35	Доброкачественные стриктуры мочеточника	82 % симптоматических, 78,7 % радиологических	27	Успешный исход был более вероятен для пациентов с неинфекционными стриктурами (100 % против 64,7 %; $p = 0,027$). Большая часть неудачных исходов регистрировалась на протяжении менее чем 9 мес после операции
Fu et al., 2009 [4]	18	Доброкачественные стриктуры мочеточника, 6 случаев осложнены камнями мочеточника	88,8 %	10,7	После операции вводился ортопедический мочеточниковый стент, который оставляли в уретре на срок от 3 до 6 мес
Corcoran et al., 2009 [5]	9	Доброкачественные стриктуры мочеточника (20 % идиопатических, 80 % после лечения камней или абдоминальной хирургии)	85 %	25,2	В большинстве случаев после лазерной хирургии применялся баллонодилататор
Gdor et al., 2008 [6]	13	Стриктуры мочеточника, связанные с наличием камней (в 4 случаях – вколоченные камни мочеточника)	62 %	21	При наличии вколоченных камней процент успеха составлял 56 %. Без наличия в анамнезе вколоченных камней успех достигался в 75 % случаев
Hibi et al., 2007 [7]	20		80 %	60,5	Все неудачи случились на протяжении 18 мес после операции
Lane et al., 2006 [8]	19	Необлитерированные стриктуры мочеточника ятрогенного происхождения	68,4 %	36	Неудачи равномерно происходили на протяжении первых 3 мес после операции
Razdan et al., 2005 [9]	17	Стриктуры мочеточника различного происхождения		40,8	
Kourambas, 2001 [10]	7	Стриктуры мочеточника	91 %	3	
Singal et al., 1997 [1]	22	Стриктуры мочеточника различного происхождения, включая уретероэнтеральные анастомозы	76 %	9	Неудачи равномерно происходили на протяжении первых 3 мес после операции
Watterson et al., 2002 [11]	23	Стриктуры уретероэнтерального анастомоза	56 %	36	Рецидивы случались на протяжении 16 и более мес после операции
Laven et al., 2001 [12]	19	Стриктуры уретероэнтерального анастомоза	57 %	20,5	

7.3. Заключение и рекомендации относительно ретроградной лазерной эндоуретеротомии

Заключения	УД
Ретроградная лазерная эндоуретеротомия – осуществимая и безопасная операция для лечения стриктур уретры	3
Открытое хирургическое вмешательство остается основным методом лечения	1a
Стриктуры мочеочника различной этиологии, как представляется, по-разному реагируют на лечение с помощью лазера	2b
В отдельных случаях успешность лечения составляет 90 %	
Открытое хирургическое вмешательство остается основным методом лечения	1a
Уретерально-кишечные анастомозы и связанные с этим стриктуры плохо поддаются лазерной эндоуретеротомии	3
Возможно возникновение стриктур в позднем послеоперационном периоде, вплоть до 18 мес после операции	3

Рекомендации	СР
Ретроградная эндоуретеротомия должна рассматриваться как вариант первоочередного лечения стриктур мочеочника	С
Период динамического наблюдения необходимо расширить до 2 лет после операции	С

УД – уровень доказательности; СР – степень рекомендаций.

7.4. Литература

- Singal RK, Denstedt JD, Razvi HA et al. Holmium:YAG laser endoureterotomy for treatment of ureteral stricture. *Urology* 1997 Dec;50(6):875–80.
<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/9426717>
- Lin CM, Tsai TH, Lin TC et al. Holmium: yttrium-aluminum-garnet laser endoureterotomy for benign ureteral strictures: a single-centre experience. *Acta Chir Belg* 2009 Nov–Dec;109(6):746–50.
<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/20184060>
- Gnessin E, Yossepowitch O, Holland R et al. Holmium laser endoureterotomy for benign ureteral stricture: a single center experience. *J Urol* 2009 Dec;182(6):2775–9.
<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/19837432>
- Fu YM, Ni SB, Chen QY et al. Treatment of ureteral obstruction by holmium: YAG laser endoureterotomy: a report of 18 cases. *Zhonghua Yi Xue Za Zhi* 2009 Feb 10;89(5):335–7.
<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/19563713>
- Corcoran AT, Smaldone MC, Ricchiuti DD et al. Management of benign ureteral strictures in the endoscopic era. *J Endourol* 2009 Nov;23(11):1909–12.
<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/19811059>
- Gdor Y, Gabr AH, Faerber GJ et al. Success of laser endoureterotomy of ureteral strictures associated with ureteral stones is related to stone impaction. *J Endourol* 2008 Nov;22(11):2507–11.
<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/19046090>
- Hibi H, Ohori T, Taki T et al. Long-term results of endoureterotomy using a holmium laser. *Int J Urol* 2007 Sep;14(9):872–4.
<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/17760762>
- Lane BR, Desai MM, Hegarty NJ et al. Long-term efficacy of holmium laser endoureterotomy for benign ureteral strictures. *Urology* 2006 May;67(5):894–7.
<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/16698348>
- Razdan S, Silberstein IK, Bagley DH. Ureteroscopic endoureterotomy. *BJU Int* 2005 Mar;95 Suppl 2:94–101.
<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/15720342>
- Kourambas J, Delvecchio FC, Preminger GM. Low-power holmium laser for the management of urinary tract calculi, strictures, and tumors. *J Endourol* 2001 Jun;15(5):529–32.
<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/11465334>
- Watterson JD, Sofer M, Wollin TA et al. Holmium: YAG laser endoureterotomy for ureterointestinal strictures. *J Urol* 2002 Apr;167(4):1692–5.
<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/11912389>
- Laven BA, O'Connor RC, Steinberg GD et al. Long-term results of antegrade endoureterotomy using the holmium laser in patients with ureterointestinal strictures. *Urology* 2001 Dec;58(6):924–9.
<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/11744460>

8. РЕТРОГРАДНАЯ ЛАЗЕРНАЯ ЭНДОПИЕЛОТОМИЯ ПО ПОВОДУ ОБСТРУКЦИИ ЛОХАНОЧНО-МОЧЕТОЧНИКОВОГО СЕГМЕНТА

8.1. Введение

Первые случаи применения лазерной эндопиелотомии при лечении обструкции лоханочно-мочеточникового сегмента (ЛМС) прослеживаются с начала 90-х годов XX века [1]. С тех пор лазерная ретроградная эндопиелотомия стала хорошо отработанным способом лечения первичных или вторичных стриктур в месте соединения мочеточника и почечной лоханки. Публикации, связанные с ретроградной лазерной эндопиелотомией, в основном представляют собой ретроспективный анализ, т. е. исследования, проводившиеся в рамках 1 медицинского учреждения, приводящие к результатам 3-го и 4-го уровня доказательности (табл. 15) [2–19].

8.2. Клиническое применение и результаты

Оптимальными показаниями к лазерной эндопиелотомии являются короткие (< 2 см) сужения врожденного характера при отсутствии выраженного расширения почечной лоханки, а также высокое положение мочеточника, разница в функциональных показателях почек не более 20 %, наличие ипсилатеральных камней почек (уровень доказательности 4). При тщательном выборе определенных критериев сообщается о том, что лечение в 80 % случаев заканчивается успешно, а в некоторых случаях у опытных хирургов процент успешного излечения оказывается еще выше. Худшие результаты выявлены в тех случаях, когда причиной обструкции ЛМС были внешние воздействия, а также при тяжелых формах гидронефроза и резко сниженной функции почек [16, 17].

Результаты ретроградной лазерной эндопиелотомии по сравнению с открытым хирургическим вмешательством оказываются несколько хуже (уровень доказательности 2b). Однако в связи с минимально инвазивным характером методики лазерная эндопиелотомия ассоциируется с минимальной кровопотерей, меньшим сроком пребывания в больнице и менее выраженными послеоперационными болями и поэтому должна быть признана одним из первоочередных вариантов лечения [7] (уровень доказательности 2b). Кроме того, неудачная эндопиелотомия не является противопоказанием к вторичной открытой или лапароскопической пиелопластике. При сравнении с другими хорошо обоснованными эндоурологическими методиками (такими как баллонная дилатация с рассечением термоструной, эндоинцизия электроножом или холодным ножом) лазерная эндопиелотомия, по данным литературы, имеет сходные или более высокие показатели успешного излечения и меньшую частоту осложнений [8] (уровень доказательности 3). В настоящее время, однако, нет более крупных по масштабу исследований, которые показали бы эквивалентность этих 2 подходов в долгосрочной перспективе.

По всей видимости, гольмиевый лазер на алюмоиттриевом гранате — единственный хорошо исследованный инструмент для данной операции (уровень доказательности 4), в то время как другие источники лазерной энергии все еще проходят исследования и являются экспериментальными. По данным литературы, частота осложнений после ретроградной лазерной эндопиелотомии составляет до 12,5 %, хотя в основном сообщается о весьма незначительных осложнениях. Изредка требуются более серьезные меры, такие как переход к открытой операции (уровень доказательности 3).

Несмотря на то что долговременные исследования немногочисленны, среднее время проявления неудачных результатов составляет 7,7 мес после операции [6]. Послеоперационное внутреннее дренирование с использованием двойных J-стентов сроком на несколько недель является общепринятой практикой несмотря на то, что нет достаточного количества исследований, в которых сравнивалась бы эффективность операции с установкой послеоперационного катетера или без него.

Таблица 15. Клинический опыт в отношении ретроградной лазерной эндопиелотомии для лечения обструкции ЛМС

Литературный источник	Число пациентов	Заболевание	Успешные исходы	Средний срок наблюдения, мес	Комментарии
Acher et al., 2009 [2]	15	Неудачная пиелопластика	100 %	6	Не сообщается об осложнениях
Stilling et al., 2009 [3]	44	Первичная ($n = 37$) и вторичная ($n = 7$) обструкция ЛМС	Уменьшение выраженности симптомов: полное – 66 %, улучшение – 23 %	27,5	Жесткие критерии отбора

Savoie et al., 2009 [4]	27	Первичная ($n = 16$) и вторичная ($n = 11$) обструкция ЛМС	70 %	35	Среднее время до выявления неудачного результата лечения составило 2,7 мес
Braga et al., 2007 [5]	10	Неудачная пиелопластика у детей	60 %, выявлено по результатам рентгенологических исследований	47	Возраст младше 4 лет и наличие сужений в мочеточнике длиной > 10 мм ассоциировались с плохим исходом операции
Doo et al., 2007 [6]	47	Обструкция ЛМС	67,5 %	37,3	Среднее время до выявления неудачного результата лечения составило 7,7 мес
Rassweiler et al., 2007 [7]	113	Обструкция ЛМС врожденного и приобретенного характера	72,6 % (85,7 % – для врожденной и 51,4 % – для приобретенной патологии)	63	Частота осложнений составила 5,3 %
Ponsky et al., 2006 [8]	37	Обструкция ЛМС первичного и вторичного характера	74,2 %	75,6	Не сообщается о серьезных осложнениях
Geavlete et al., 2007 [9]	30	Неудачная пиелопластика ($n = 17$); неудачная эндопиелотомия ($n = 13$)	83,3 % (к 18 месяцам)	31	
el-Nahas et al., 2006 [10]	20	Обструкция ЛМС первичного и вторичного характера	85 %	29,9	Частота осложнений составила 10 %
Minervini et al., 2005 [11]	30	Обструкция ЛМС	80 % (к 10 месяцам)	24	Частота осложнений составила 12,5 %
Seveso et al., 2005 [12]	16	Первичные ($n = 10$) и вторичные случаи ($n = 6$) обструкции ЛМС	81 %	18	Один случай кровотечения в ходе операции
Matin et al., 2003 [13]	46	Первичные ($n = 10$) и вторичные случаи ($n = 6$) обструкции ЛМС	65,4 % симптоматических улучшений и 73,15 % улучшений, по данным рентгенологического обследования	23,2	Без осложнений в ходе операции, частота послеоперационных осложнений составила 11,1 %
Hibi et al., 2002 [14]	5	Обструкция ЛМС	80 %	12,8	
Giddens et al., 2000 [15]	23	Обструкция ЛМС первичного и вторичного характера	83 %	10	Повторное иссечение лазером привело к успеху в 50 % случаев первичных неудач
Biyani et al., 2000 [16]	22	Первичные ($n = 16$) и вторичные случаи ($n = 4$) обструкции ЛМС	75 %	34	Есть тенденция к плохому исходу лечения у пациентов с ослабленной функцией почек
Renner et al., 1998 [17]	34	Первичные ($n = 27$) и вторичные случаи ($n = 7$) обструкции ЛМС	85 %	18	В 15 % случаев зарегистрированы незначительные осложнения
Conlin et al., 1998 [18]	21	Обструкция ЛМС	81 %	12	

Biyani et al., 1997 [19]	8	Первичные ($n = 5$) и вторичные случаи ($n = 3$) обструкции ЛМС	87,5 %	12,4	
--------------------------	---	---	--------	------	--

8.3. Заключение и рекомендации по лечению обструкции лоханочно-мочеточникового сегмента при помощи лазера

Заключения	УД
Ретроградная лазерная эндопиелотомия представляет собой осуществимую и безопасную операцию для лечения сужений в области ЛМС	3
Открытая или лапароскопическая пиелопластика остается основным методом лечения	1a
В отдельных случаях успешность лечения составляет 90 %	
Осложнения в ходе лечения минимальны и серьезные случаи осложнений встречаются редко	3
Ожидаемый срок проявления неудачного результата лечения – до 1 года после операции	3

Рекомендации	СР
Ретроградная лазерная эндопиелотомия должна стать одним из первоочередных вариантов лечения	С
Период динамического наблюдения необходимо расширить до 1 года после операции	С
Открытая или лапароскопическая пиелопластика остаются возможными вариантами в тех случаях, когда минимально инвазивные методы операции не дали результата	С
Выявление сосудистого конфликта в области ЛМС позволит избежать осложнений, связанных с послеоперационным кровотечением	С
С момента проведения первоначальной процедуры рекомендуется пристальный динамический мониторинг на протяжении не менее чем 1 год	С
Предоперационное стентирование мочеточника является вариантом лечения, который может влиять на частоту успешных исходов операции	С

УД – уровень доказательности; СР – степень рекомендации.

8.4. Литература

1. Biyani CS, Cornford PA, Powell CS. Retrograde endoureteropyelotomy with the holmium:YAG laser. Initial experience. Eur Urol 1997;32(4):471–4. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/9412808>
2. Acher PL, Nair R, Abburaju JS et al. Ureteroscopic holmium laser endopyelotomy for ureteropelvic junction stenosis after pyeloplasty. J Endourol 2009 Jun;23(6):899–902. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/19459754>
3. Stilling NM, Jung H, Norby B et al. Retrograde ureteroscopic holmium laser endopyelotomy in a selected population of patients with ureteropelvic junction obstruction. Scand J Urol Nephrol 2009;43(1):68–72. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/18949631>
4. Savoie PH, Lechevallier E, Crochet P et al. Retrograde endopyelotomy using Holmium-Yag laser for uretero-pelvic junction obstruction. Prog Urol 2009 Jan;19(1):27–32. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/19135639>
5. Braga LH, Lorenzo AJ, Skeldon S et al. Failed pyeloplasty in children: comparative analysis of retrograde endopyelotomy versus redo pyeloplasty. J Urol 2007 Dec;178(6):2571–5; discussion 2575. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/17945304>
6. Doo CK, Hong B, Park T et al. Long-term outcome of endopyelotomy for the treatment of ureteropelvic junction obstruction: how long should patients be followed up? J Endourol 2007 Feb;21(2):158–61. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/17338613>
7. Rassweiler JJ, Subotic S, Feist-Schwenk M et al. Minimally invasive treatment of ureteropelvic junction obstruction: long-term experience with an algorithm for laser endopyelotomy and laparoscopic retroperitoneal pyeloplasty. J Urol 2007 Mar;177(3):1000–5. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/17296396>

8. Ponsky L.E, Stroom SB. Retrograde endopyelotomy: a comparative study of hot-wire balloon and ureteroscopic laser. J Endourol 2006 Oct;20(10):823–6.
<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/17094762>
9. Geavlete P, Georgescu D, Mirciulescu V et al. Ureteroscopic laser approach in recurrent ureteropelvic junction stenosis. Eur Urol 2007 Jun;51(6):1542–8.
<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/17005317>
10. el-Nahas AR, Shoma AM, Eraky I et al. Prospective, randomized comparison of ureteroscopic endopyelotomy using holmium:YAG laser and balloon catheter. J Urol 2006 Feb;175(2):614–8; discussion 618.
<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/16407007>
11. Minervini A, Davenport K, Keeley FX Jr et al. Antegrade versus retrograde endopyelotomy for pelviureteric junction (PUJ) obstruction. Eur Urol 2006 Mar;49(3):536–42; discussion 542-3.
<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/16457941>
12. Seveso M, Giusti G, Taverna G et al. Retrograde endopyelotomy using the holmium laser: technical aspects and functional results. Arch Ital Urol Androl 2005 Mar;77(1):10–2.
<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/15906782>
13. Matin SF, Yost A, Stroom SB. Ureteroscopic laser endopyelotomy: a single-center experience. J Endourol 2003 Aug;17(6):401–4.
<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/12965067>
14. Hibi H, Yamada Y, Mizumoto H et al. Retrograde ureteroscopic endopyelotomy using the holmium:YAG laser. Int J Urol 2002 Feb;9(2):77–81.
<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/12028295>
15. Giddens JL, Grasso M. Retrograde ureteroscopic endopyelotomy using the holmium:YAG laser. J Urol 2000 Nov;164(5):1509–12.
<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/11025693>
16. Biyani CS, Cornford PA, Powell CS. Ureteroscopic endopyelotomy with the Holmium:YAG laser: midterm results. Eur Urol 2000 Aug;38(2):139–43.
<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/10895003>
17. Renner C, Frede T, Seemann O et al. Laser endopyelotomy: minimally invasive therapy of ureteropelvic junction stenosis. J Endourol 1998 Dec;12(6):537–44.
<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/9895259>
18. Conlin MJ, Bagley DH. Ureteroscopic endopyelotomy at a single setting. J Urol 1998 Mar;159(3):727–31.
<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/9474135>
19. Biyani CS, Cornford PA, Powell CS. Retrograde endoureteropyelotomy with the holmium:YAG laser. Initial experience. Eur Urol 1997;32(4):471–4.
<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/9412808>

9. ТРАНСУРЕТРАЛЬНАЯ ЛАЗЕРНАЯ УРЕТЕРОТОМИЯ

9.1. Введение

Первые случаи применения неодимового лазера на алюмоиттриевом гранате для трансуретральной лазерной уретротомии относятся к 1979 году [1]. С тех пор лазерная уретротомия стала обычной урологической процедурой во всем мире при лечении уретральных стриктур. Публикации об этом методе основаны на ретроспективном анализе, т. е. на исследованиях, проводившихся в рамках 1 лечебного учреждения, что дает уровень доказательности 3 или 4 [2-19] (табл. 16).

9.2. Клиническое применение и результаты

Показатели успешного лечения уретральных стриктур, по данным литературы, достигают в отдельных случаях 100 % (уровень доказательности 3). Короткие стриктуры уретры, как показывает опыт, отлично поддаются лечению этим методом (уровень доказательности 3). Однако при лечении протяженных (свыше 1,5 см) или повторно возникающих стриктур наблюдаются худшие результаты (уровень доказательности 3). Обычно для того, чтобы избежать неудачного исхода лечения, достаточно периодически производить дилатацию уретры (уровень доказательности 3).

При проведении лазерной уретротомии испытывались следующие лазеры: неодимовый на алюмоиттриевом гранате, КТР, аргоновый, гольмиевый на алюмоиттриевом гранате и диодный. Ни один из этих лазеров не продемонстрировал превосходства над другими (уровень доказательности 3). Нет достаточного количества крупных многоцентровых клинических исследований, сравнивающих степень успешности лечения при лазерной эндоуретротомии и обычной оптической уретротомии. В настоящее время среднесрочная эффективность обоих вариантов лечения считается одинаковой (уро-

вень доказательности 3). Однако в РКИ, сравнивавшем эффективность неодимового лазера с обычной оптической уретротомией с использованием холодного ножа при лечении уретральных стриктур разной длины (0,3–2,4 см), лазерное лечение значительно снизило вероятность неудачного лечения и возможность повторного возникновения стриктур [20] (уровень доказательности 3).

Таблица 16. Клинический опыт в отношении трансуретральной лазерной уретеротомии

Литературный источник	Число пациентов	Заболевание	Успешные исходы	Средний срок наблюдения, мес	Комментарии
Guo et al., 2010 [2]	238	Стриктуры уретры	81,9 %	6	2-микронный тулиевый лазер
Guo et al., 2008 [3]	198	Стриктуры ($n = 179$) или облитерация ($n = 13$) уретры	81,7 %	6	2-микронный тулиевый лазер
Xiao et al., 2008 [4]	34	Стриктуры уретры	94,7 %	3–18	Гольмиевый лазер: 4 пациентам выполняли дилатацию уретры, 2 – потребовалась 2-я процедура с использованием гольмиевого лазера
Eltahawy et al., 2008 [5]	24	Стеноз анастомоза вследствие радикальной простатэктомии, повторяющийся в 79 % случаев, устойчивый к другим способам лечения	83 %	24	Гольмиевый лазер + инъекции стероидов
Futao et al., 2006 [6]	28	Пациенты детского возраста с уретральными стриктурами ($n = 25$) и облитерацией уретры ($n = 3$)	89,3 %	2–48	Ho:YAG
Hossain et al., 2004 [7]	30	Короткие сегментарные стриктуры передней уретры	90 %	6	Ho:YAG
Dogra et al., 2004 [8]	29	Стриктуры уретры (< 2,5 см)	У 65,51 % – отличные, у 31,03 % – приемлемые результаты	15	Ho:YAG
Gurdal et al., 2003 [9]	21	Рецидивные доброкачественные стриктуры уретры длиной 5–20 мм	52 %	24	Nd:YAG
Dogra et al., 2003 [10]	61	Посттравматические облитерации уретры у детей	100 %	24	Nd:YAG
Matsuoka et al., 2002 [11]	31	Стриктуры уретры различной длины	74 %		Ho:YAG
Dogra et al., 2002 [12]	65	Посттравматические стриктуры уретры	95,3 %	9–44	Nd:YAG
Kamal, 2001 [13]	22	Стриктуры уретры (8 повторных случаев)	54 % (в случае первичных стриктур – 78,5 %)	26,7	Диодные лазеры

Schmidlin et al., 1997 [14]	20	Стриктуры передней уретры	81 %	6	КТП
Becker et al., 1995 [15]	900	Стриктуры уретры (по большей части ятрогенные)	30 %	15,2	Аргоновый лазер
Faerber et al., 1994 [16]	12	Стриктуры уретры у детей	83 %	12	Nd:YAG
Turek et al., 1992 [17]	37	Доброкачественные стриктуры уретры	У 59 % – полный успех, у 20,5 % – частичный	9,7	КТП
Vicente et al., 1990 [18]	15	Доброкачественные стриктуры уретры	73,3 %	12	Холодный нож + неодимовый лазер
Bloiso et al., 1988 [19]	115	31 короткая стриктура, 36 – в районе шейки МП, 48 осложненных случаев	96,7 % (короткие стриктуры); 100 % (шейка МП); 22,91 % (осложненные случаи)	10 (короткие стриктуры); 7 (шейка МП); 14 (осложненные случаи)	Nd:YAG

9.3. Заключение и рекомендации относительно трансуретральной эндоуретеротомии

Заключения	УД
Трансуретральная лазерная уретеротомия является осуществимым и безопасным вариантом операции при наличии стриктур уретры	3
Основным методом операции остается оптическая уретеротомия с применением холодного ножа	1а
Частота успешных результатов в отдельных случаях достигает 100 %	3
Все источники лазерной энергии продемонстрировали одинаковую эффективность	
Осложнения в ходе лечения минимальны и серьезные случаи осложнений встречаются редко	3

Рекомендация	СР
Трансуретральная лазерная уретеротомия должна стать одним из первоочередных вариантов лечения в случае доброкачественных стриктур уретры	С

УД – уровень доказательности; СР – степень рекомендаций.

9.4. Литература

- Bulow H, Bulow U, Frohmuller HG. Transurethral laser urethrotomy in man: preliminary report. First report. J Urol 1979 Mar;121(3):286–7.
<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/430619>
- Guo FF, Lu H, Wang GJ et al. Transurethral 2-mum laser in the treatment of urethral stricture. World J Urol 2010 Apr;28(2):173–5.
<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/19649639>
- Guo FF, Lu H, Wang GJ et al. Efficacy of transurethral 2 microm laser urethrotomy in the treatment of urethral stricture and atresia. Zhonghua Yi Xue Za Zhi 2008 May 13;88(18):1270–2.
<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/18844102>
- Xiao J, Wu B, Chen LW et al. Holmium laser urethrotomy for male urethral stricture. Zhonghua Nan Ke Xue 2008 Aug;14(8):734–6.
<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/18817349>
- Eltahawy E, Gur U, Virasoro R et al. Management of recurrent anastomotic stenosis following radical prostatectomy using holmium laser and steroid injection. BJU Int 2008 Sep;102(7):796–8.
<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/18671784>
- Futao S, Wentong Z, Yan Z et al. Application of endoscopic Ho:YAG laser incision technique treating urethral strictures and urethral atresias in pediatric patients. Pediatr Surg Int 2006 Jun;22(6):514–8.
<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/16736220>

7. Hossain AZ, Khan SA, Hossain S et al. Holmium laser urethrotomy for urethral stricture. *Bangladesh Med Res Counc Bull* 2004 Aug;30(2):78–80.
<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/15813486>
8. Dogra PN, Ansari MS, Gupta NP et al. Holmium laser core-through urethrotomy for traumatic obliterative strictures of urethra: initial experience. *Urology* 2004 Aug;64(2):232–5; discussion 235–6.
<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/8607240>
9. Gurdal M, Tekin A, Yucebas E et al. Contact neodymium: YAG laser ablation of recurrent urethral strictures using a side-firing fiber. *J Endourol* 2003 Nov;17(9):791–4.
<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/14642045>
10. Dogra PN, Nabi G. Nd-YAG laser core-through urethrotomy in obliterative posttraumatic urethral strictures in children. *Pediatr Surg Int* 2003 Nov;19(9–10):652–5.
<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/14579073>
11. Matsuoka K, Inoue M, Iida S et al. Endoscopic antegrade laser incision in the treatment of urethral stricture. *Urology* 2002 Dec;60(6):968–72.
<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/12475651>
12. Dogra PN, Nabi G. Core-through urethrotomy using the neodymium: YAG laser for obliterative urethral strictures after traumatic urethral disruption and/or distraction defects: long-term outcome. *J Urol* 2002 Feb;167(2 Pt 1):543–6.
<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/11792915>
13. Kamal BA. The use of the diode laser for treating urethral strictures. *BJU Int* 2001 Jun;87(9):831–3.
<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/11412221>
14. Schmidlin F, Oswald M, Iselin C et al. Vaporization of urethral stenosis using the KTP 532 laser. *Ann Urol (Paris)* 1997;31(1):38–42.
<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/9157820>
15. Becker HC, Miller J, Noske HD et al. Transurethral laser urethrotomy with argon laser: experience with 900 urethrotomies in 450 patients from 1978 to 1993. *Urol Int* 1995;55(3):150–3.
<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/8540160>
16. Faerber GJ, Park JM, Bloom DA. Treatment of pediatric urethral stricture disease with the neodymium: yttrium-aluminum-garnet laser. *Urology* 1994 Aug;44(2):264–7.
<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/8048204>
17. Turek PJ, Malloy TR, Cendron M et al. KTP-532 laser ablation of urethral strictures. *Urology* 1992 Oct;40(4):330–4.
<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/1413350>
18. Vicente J, Salvador J, Caffaratti J. Endoscopic urethrotomy versus urethrotomy plus Nd-YAG laser in the treatment of urethral stricture. *Eur Urol* 1990;18(3):166–8.
19. Blois G, Warner R, Cohen M. Treatment of urethral diseases with neodymium:YAG laser. *Urology* 1988 Aug;32(2):106–10.
<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/2261927>
20. Jablonowski Z, Kedzierski R, Miekos E et al. Comparison of Neodymium-Doped Yttrium Aluminum Garnet Laser Treatment with Cold Knife Endoscopic Incision of Urethral Strictures in Male Patients. *Photomed Laser Surg* 2010 Apr;28(2):239–44.
<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/20201661>

10. КЛИНИЧЕСКОЕ ПРИМЕНЕНИЕ ЛАЗЕРОВ В ЛЕЧЕНИИ КАМНЕЙ И ОПУХОЛЕЙ ВЕРХНИХ МОЧЕВЫВОДЯЩИХ ПУТЕЙ

10.1. Введение

В верхние мочевыводящие пути на всю их длину можно ввести гибкие эндоскопы и обследовать их [1–3]. Миниатюризация, особенно за счет лазерных оптоволоконных устройств, стала обычным оснащением в области эндоурологии. В гольмиевом лазере на алюмоиттриевом гранате энергия чаще всего подается в импульсном режиме, при этом используется термомеханическое воздействие. Глубина поглощения в тканях составляет 1–2 мм (что достоверно для тканей с большим содержанием воды). Этот особый вид световой энергии позволяет добиться хорошего гомеостаза при использовании в импульсном режиме длительности импульса в 250 мс с невысокой частотой пульсаций. При более высокой частоте пульсаций лазер также может использоваться для иссечений. Двухчастотный 2-импульсный неодимовый лазер на алюмоиттриевом гранате (FREDDY) – это краткоимпульсный твердотельный лазер с 2 частотами из-

лучения – 532 и 1064 нм. Хотя лазер FREDDY эффективен для проведения литотрипсии, он не применяется для операций на мягких тканях (например, на опухолях). Эрбиевый лазер (Er:YAG) лучше гольмиевого при прецизионной абляции стриктур с минимальным тепловым повреждением периферической ткани, а также он более эффективен при литотрипсии [4]. Эрбиевый лазер на алюмоиттриевом гранате режет ткани мочеоточника и мочеиспускательного канала более точно, чем гольмиевый лазер, и в меньшей степени повреждает периферические ткани за счет повышения температуры. Какой бы лазер не использовался, весь персонал в операционной должен носить защитные очки во избежание травмы роговицы или сетчатки. Это особенно важно в отношении неодимового лазера (FREDDY), который глубоко проникает в ткани и может выжечь сетчатку, прежде чем мигательный рефлекс успеет ее защитить. Гольмиевый лазер проникает не так глубоко, но он может вызвать повреждение роговицы, если луч направить в незащищенный глаз. Все внешние зоны должны быть накрыты хирургическими простынями соответствующим образом. Кожные образования и поражения следует закрывать влажными салфетками. Отражающие поверхности (такие, как металлические инструменты) следует держать подальше от операционного поля, если возможно, а если это невозможно, их также необходимо прикрыть влажными салфетками. Кроме того, опасно пользоваться лазером при использовании кислорода вблизи операционного поля. Лазерный луч в этой ситуации может вызвать возгорание, пожар и серьезные ожоги.

10.2. Камни в верхних мочевыводящих путях

При камнях в верхних мочевыводящих путях часто применяется эндоскопическая интракорпоральная литотрипсия [5–7]. Лазеры идеально приспособлены для ретроградной внутрипочечной хирургии или чрескожного доступа [8]. Гибкий кварцевый световод подает лазерную энергию ко всем типам камней. Эта энергия подается в импульсном режиме через кварцевые волокна, обладающие малой оптической плотностью. В водной среде кончик волокна окружен паровым пузырьком. Этот пузырек активно разрушает камни, обращая их в мелкую пыль и деля на небольшие фрагменты. Основным фактором безопасности является точный контакт волокна и камня. В среднем успешное дробление камня достигается более чем в 90 % случаев [6]. Дробление камней с помощью гольмиевого лазера также сводит к минимуму травму стенки мочеоточника при условии, что расстояние между кончиком волокна и стенкой мочеоточника превышает 1 мм. Риск перфорации мочеоточника в ходе лазерной литотрипсии пренебрежимо мал, так как глубина теплового поражения составляет от 0,5 до 1,0 мм. Излучение гольмиевого лазера полностью поглощается несколькими первыми миллиметрами тканей, следовательно, при использовании этого типа лазера в воде или с физиологическим раствором в качестве ирригационной среды риск тепловой травмы для периферических тканей минимален по сравнению с неодимовым лазером [9, 10]. При условии малой мощности излучения гольмиевый лазер обладает меньшим эффектом перемещения фрагментов и отдачей, чем неодимовый лазер [9]. Твердые камни в труднодоступных местах (например, камни чашечек нижнего сегмента) могут быть разрушены с помощью тонких, легко отклоняющихся световодов диаметром 150–200 мкм. Кроме того, тип защиты для глаз, используемый при применении гольмиевого лазера, не изменяет восприятие цвета. Неодимовый лазер сочетает в себе твердотельный лазер и лазер на растворе пигментов. В исследованиях *in vitro* [11] он сравнивался с гольмиевым лазером по нескольким параметрам, относящимся к удалению камней; фрагментация при помощи неодимового лазера была значительно лучше, чем при использовании гольмиевого. Тем не менее в 2006 г. появилось исследование, в котором говорилось о том, что фрагментация камней моногидрата оксалата кальция при помощи неодимового лазера была сомнительной, а фрагментация цистиновых камней – неэффективной [12]. Кроме того, перемещение камней вследствие отдачи было значительно выше [9, 11, 13]. Применяли также александритовый лазер, он эффективен и безопасен, хотя в последнее время он используется крайне редко [14]. Все первоначальные средства дробления камней (импульсный лазер на красителях, лазер на алюмоиттриевом гранате с модулятором и александритовый лазер) разбивали их на части за счет создания ударной волны. Такие волны разбивают камень вдоль линий разлома. Механизм работы гольмиевого лазера – фототермический, он подразумевает непосредственное поглощение камнем лазерной энергии. Отсутствие сильной волны при применении гольмиевого лазера позволяет избежать явления отдачи [15]. Тем не менее энергии оказывается все еще достаточно для того, чтобы распылить камень и тем самым облегчить его фрагментацию на более мелкие осколки, чем те, которые получаются при использовании импульсных лазеров или других устройств. Остаточные фрагменты камней приводят к риску образования у пациентов повторных камней или к росту существующих [16]. Энергия гольмиевого лазера поглощается камнями любого состава; этот лазер может использоваться для дробления камней всех типов [17]. Сообщалось об образовании цианида в качестве побочного эффекта при дроблении камней, состоящих из солей мочевой кислоты [18].

10.2.1. Заключение

Заключения	УД
Импульсные лазеры являются эффективным и безопасным методом лечения камней в верхних мочевыводящих путях, даже при помощи гибких эндоскопов	
Лазер – безопасный вариант фрагментации камней в верхних мочевыводящих путях	1

УД – уровень доказательности

10.3. Уротелиальные опухоли верхних мочевыводящих путей

Цель консервативного лечения уротелиальных опухолей верхних мочевыводящих путей состоит в сохранении функции почек [19–21]. Такой подход может рассматриваться как императивный или абсолютно показанный для пациентов, имеющих анатомически единственную почку, единственную функционирующую почку или сниженную функцию почек. Разработка сложных эндоурологических методик для лечения доброкачественных урологических заболеваний была перенесена на лечение злокачественных новообразований с использованием гибкого уретероскопа и лазерной абляции, которые стали общеупотребительными методами в урологической практике [19–23]. Кроме того, была установлена эффективность контроля рака при данном подходе к лечению [20, 21].

Хотя нефроуретерэктомия является основным методом лечения, имеющаяся в настоящее время литература поддерживает использование лазеров у пациентов с опухолями верхних мочевыводящих путей; однако необходим тщательный и долговременный врачебный контроль [23, 25]. В данный момент наиболее распространены гольмиевые и неодимовые лазеры. Комбинация 2 лазеров удобна в работе и эффективна, но гольмиевый лазер может использоваться отдельно, предпочтительно в режиме переменной длительности импульса. Энергия неодимового лазера используется для коагуляции с тепловым эффектом, который проникает глубже, чем при использовании других лазеров, а гольмиевый лазер более точен, а его коагулирующее действие меньше. Использование лазерной терапии для абляции опухоли безопасно у пациентов с геморрагическим диатезом [25]. В противоположность абляции опухоли (гольмиевым/тулиевым лазером) при испарении опухолевой ткани не остается образца ткани для биопсии (неодимовый/гольмиевый/тулиевый лазеры). Поэтому перед операцией следует взять несколько образцов биопсии для определения глубины инвазии. Соответствующее определение стадии опухоли (КТ/биопсия) важно для выявления пациентов, которым следует проводить органосохраняющую операцию. Имеются отчеты о чрескожном лечении уротелиальной карциномы почек лазером, и эта методика была признана в урологической практике [26–28].

Серьезным недостатком неодимового лазера на алумоиттриевом гранате является то, что зона разрушения тканей при его использовании глубока и не визуализируется полностью. Для опухолей почечной лоханки выбор типа энергии зависит от размеров новообразования. При наличии комбинированного лазера крупные хорошо васкуляризованные опухоли (> 1 см) можно коагулировать неодимовым лазером, а затем подвергнуть абляции и удалить полностью гольмиевым лазером. Меньшая энергия гольмиевого лазера позволяет максимально увеличить коагулирующее действие и уменьшить риск кровотечения (например, 0,5–0,6 Дж и 5 Гц). В более крупных сериях частота образования стриктур составляла от 5 % до 13,7 % [29]. До недавнего времени такая частота считалась невысокой из-за высокотехнологичных инструментов и стадии разработки, более того – из-за минимальной фиброзной реакции по сравнению с электрохирургией. Все эндоскопические лазерные методики должны использоваться только под непосредственным визуальным контролем через рабочий канал эндоскопа.

10.4. Заключение и рекомендации относительно лазерного лечения уротелиальных опухолей верхних мочевыводящих путей

Заключение	УД
Нефроуретерэктомия остается основным методом лечения	1a

Рекомендации	СР
Лазерная абляция небольших высокодифференцированных уротелиальных карцином верхних мочевыводящих путей может быть безопасным методом лечения и альтернативой нефроуретерэктомии у пациентов с нормальными контрлатеральными почками при условии частого врачебного контроля	В
Консервативное эндоскопическое лечение может быть предпочтительным вариантом лечения у пациентов с высокой степенью риска, например, с двусторонним заболеванием почек, с единственной почкой или с ухудшенной функцией почек	С

УД – уровень доказательности; СР – степень рекомендаций.

10.5. Литература

1. Johnson DE, Cromeens DM, Price RE. Use of the holmium: YAG laser in urology. *Lasers Surg Med* 1992;12(4):353–63.
<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/1386643>
2. Larizgoitia I, Pons JM. A systematic review of the clinical efficacy and effectiveness of the holmium: YAG laser in urology. *BJU Int* 1999 Jul;84(1):1–9.
<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/10444114>
3. Marks AJ, Teichman JM. Lasers in clinical urology: state of the art and new horizons *World J Urol* 2007 Jun;25(3):227–33.
<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/17393172>
4. Teichman JM, Chan KF, Ceconi PP et al. Erbium: YAG versus holmium: YAG lithotripsy. *J Urol* 2001 Mar;165(3):876–9.
<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/11176490>
5. Weizer AZ, Springhart WP, Ekeruo WO et al. Ureteroscopic management of renal calculi in anomalous kidneys. *Urology* 2005;65(2):265–9.
<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/15708035>
6. Sofer M, Watterson JD, Wollin TA et al. Holmium: YAG laser lithotripsy for upper urinary tract calculi in 598 patients. *J Urol* 2002 Jan;167(1):31–4.
<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/11743269>
7. Jiang H, Wu Z, Ding Q et al. Ureteroscopic treatment of ureteral calculi with holmium: YAG laser lithotripsy. *J Endourol* 2007 Feb;21(2):151–4.
<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/17338611>
8. Sun Y, Gao X, Zhou T et al. 70 W holmium: yttrium-aluminum-garnet laser in percutaneous nephrolithotomy for staghorn calculi. *J Endourol* 2009 Oct;23(10):1687–91.
<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/19732015>
9. Yates J, Zabba A, Pareek G. A comparison of the FREDDY and holmium lasers during ureteroscopic lithotripsy. *Lasers Surg Med* 2007 Sep;39(8):637–40.
<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/17886276>
10. Santa-Cruz RW, Leveillee RJ, Krongrad A. Ex vivo comparison of four lithotripters commonly used in the ureter: what does it take to perforate? *J Endourol* 1998 Oct;12(5):417–22.
<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/9847062>
11. Marguet CG, Sung JC, Springhart WP et al. In vitro comparison of stone retropulsion and fragmentation of the frequency doubled, double pulse Nd:YAG laser and the holmium: YAG laser. *J Urol* May 2005;173(5):1797–800.
<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/15821590>
12. Dubosq F, Pasqui F, Girard F et al. Endoscopic lithotripsy and the FREDDY laser: initial experience. *J Endourol* May 2006;20(5):296–9.
<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/16724897>
13. Fuh E, Haleblan GE, Norris RD et al. The effect of frequency doubled double pulse Nd: YAG laser fiber proximity to the target stone on transient cavitation and acoustic emission. *J Urol* Apr 2007;177(4):1542–5.
<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/17382775>
14. Denstedt JD, Chun SS, Miller MD et al. Intracorporeal lithotripsy with the Alexandrite laser. *Lasers Surg Med* 1997;20(4):433–6.
<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/9142683>
15. Teichman JM, Vassar GJ, Bishoff JT et al. Holmium: YAG lithotripsy yields smaller fragments than lithoclast, pulsed dye laser or electrohydraulic lithotripsy. *J Urol* 1998 Jan;159(1):17–23.
<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/9400428>
16. Fine JK, Pak CY, Preminger GM. Effect of medical management and residual fragments on recurrent stone formation following shock wave lithotripsy. *J Urol* 1995 Jan;153(1):27–32; discussion 32–3.
<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/7966783>
17. Grasso M, Chalik Y. Principles and applications of laser lithotripsy: experience with the holmium laser lithotrite. *J Clin Laser Med Surg* 1998 Feb;16(1):3–7.
<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/9728123>
18. Zagone RL, Waldmann TM, Conlin MJ. Fragmentation of uric acid calculi with the holmium: YAG laser produces cyanide. *Lasers Surg Med* 2002;31(4):230–2.
<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/12355566>
19. Lam JS, Gupta M. Ureteroscopic management of upper tract transitional cell carcinoma. *Urol Clin North Am* 2004 Feb;31(1):115–28.
<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/15040408>
20. Elliot DS, Blute ML, Patterson DE et al. Long-term follow-up of endoscopically treated upper tract transitional cell carcinoma. *Urology* 1996 Jun;47(6):819–25.
<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/8677570>

21. Engelmyer EL, Belis JA. Long-term ureteroscopic management of low-grade transitional cell carcinoma of the upper urinary tract. *Techn Urol* 1996 Summer;2(2):113–6.
<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/9118407>
22. Martinez-Pineiro JA, Matres-Garcia MJ, Martinez-Pineiro L. Endourological treatment of upper tract urothelial carcinomas: Analysis of a series of 59 tumors. *J Urol* 1996;156:377–85.
<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/8683683>
23. Grasso M, Fraiman M, Levine M. Ureteropyeloscopic diagnosis and treatment of upper urinary tract urothelial malignancies. *Urology* 1999 Aug;54(2):240–6.
<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/10443718>
24. Gaboardi F, Bozzola A, Dotti E et al. Conservative treatment of upper urinary tract tumors with Nd:YAG laser. *J Endourol* 1994 Feb;8(1):37–41.
<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/8186782>
25. Watterson JD, Girvan AR, Cook AJ et al. Safety and efficacy of holmium: YAG laser lithotripsy in patients with bleeding diatheses. *J Urol* 2002 Aug;168(2):442–5.
<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/12131284>
26. Cinman NM, Andonian S, Smith AD. Lasers in percutaneous renal procedures. *World J Urol* 2010 Apr;28(2):135–42.
<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/19488759>
27. Chew BH, Pautler SE, Denstedt JD. Percutaneous management of upper-tract transitional cell carcinoma. *J Endourol* 2005 Jul–Aug;19(6):658–63.
<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/16053354>
28. Palou J, Piovesan LF, Huguet J et al. Percutaneous nephroscopic management of upper urinary tract transitional cell carcinoma: recurrence and long-term followup. *J Urol* 004 Jul;172(1):66–9.
29. Chen GL, Bagley DH. Ureteroscopic surgery for upper tract transitional cell carcinoma: complications and management. *J Endourol* 2001 May;15(4):399–404.
<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/11394452>

11. СОКРАЩЕНИЯ

Неполный список общепринятых сокращений

ДГПЖ – доброкачественная гиперплазия простаты
ЕАУ – Европейская ассоциация урологов
ИВО – инфравезикальная обструкция
ИМП – инфекции мочевых путей
ЛМС – лоханочно-мочеточниковый сегмент
ЛРП – лапароскопическая резекция почки
МП – мочевого пузыря
МРТ – магнитно-резонансная томография
ОП – открытая простатэктомия
ПЖ – предстательная железа
ПСА – простатический специфический антиген
РКИ – рандомизируемое контролируемое исследование
РМП – рак мочевого пузыря
РП – резекция почки
СР – степень рекомендаций
ТУР – трансуретральная резекция
ТУР МП – трансуретральная резекция мочевого пузыря
ТУР ПЖ – трансуретральная резекция предстательной железы
УД – уровень доказательности

CLAP – контактная лазерная абляция простаты
CW – постоянно излучаемая волна
Er:YAG – эрбиевый лазер на алюмоиттриевом гранате
HoLAP – резекция простаты с помощью гольмиевого лазера
HoLEP – энуклеация простаты с помощью гольмиевого лазера
HoLRBT – резекция опухолей мочевого пузыря с помощью гольмиевого лазера
HoLRP – резекция простаты с помощью гольмиевого лазера
Ho:YAG – гольмиевый лазер на алюмоиттриевом гранате
ИИФ-5 – Международный индекс эректильной функции (сокращенная версия)
ILC – интерстициальная лазерная коагуляция
КТР – лазер на основе титанилфосфата калия
LBO – лития борат
LNSPR – лапароскопическая нервосберегающая простатэктомия с помощью лазера
LTA – лазерная тепловая абляция
Nd:YAG – неодимовый лазер на алюмоиттриевом гранате
Nd:YAG (FREDDY) – 2-частотный 2-импульсный лазер
Nd:YAG (LBO) – лазер на основе неодимового с модуляцией при помощи LBO
 $P_{det_{max}}$ – максимальное давление детрузора
 $P_{detQ_{max}}$ – давление детрузора при максимальной скорости потока мочи
PVP – фотоселективная вапоризация простаты
PVR – остаточный объем мочи
 Q_{max} – максимальная скорость мочеиспускания
Tm:YAG – тулиевый лазер на алюмоиттриевом гранате
ThuVAP – вапоризация простаты при помощи тулиевого лазера
ThuVARP – вапорезекция простаты при помощи тулиевого лазера
ThuVEP – вапоэнуклеация простаты при помощи тулиевого лазера
ThuLEP – энуклеация простаты при помощи тулиевого лазера
VLAP – визуальная лазерная абляция простаты
YAG – алюмоиттриевый гранат

Конфликт интересов

Все члены группы по составлению клинических рекомендаций по мочекаменной болезни предоставили открытый отчет по всем взаимоотношениям, которые они имеют и которые могут быть восприняты как причина конфликта интересов. Эта информация хранится в базе данных Центрального офиса Европейской ассоциации урологов (ЕАУ). Данные рекомендации были созданы при финансовой поддержке ЕАУ. При этом не использовались внешние источники финансирования и поддержки. ЕАУ — некоммерческая организация, финансовые издержки которой ограничиваются административными расходами, а также оплатой поездок и встреч. Авторам рекомендаций ЕАУ не предоставляла гонораров или какой-либо другой компенсации.