

DISSERTATION

„Globale Entwicklung der peri- und postoperativen Ergebnisse
in der Anwendung der photoselektiven Vaporisation der
Prostata mit dem GreenLight - XPS 180Watt“

„Global trend of the peri- and post-operative outcomes in the
application of photoselective vaporization of the prostate with the
GreenLight - XPS 180Watt“

zur Erlangung des akademischen Grades
Doctor medicinae (Dr. med.)

vorgelegt der Medizinischen Fakultät
Charité – Universitätsmedizin Berlin

von
Isabel Lichy

Erstbetreuer: PD Dr. Hannes Cash

Datum der Promotion: 30.06.2024

Inhaltsverzeichnis

Tabellenverzeichnis	iii
Abbildungsverzeichnis	iv
Abkürzungsverzeichnis	v
Zusammenfassung	1
Abstract	3
1 Einleitung.....	5
1.1 Terminologie und Epidemiologie	5
1.2 Diagnostik.....	5
1.3 Therapie	6
1.3.1 Allgemeine Therapieverfahren.....	6
1.3.2 Greenlight - Laservaporisation	7
1.4 Zielstellung der Arbeit.....	8
2 Methodik.....	9
2.1 Studienpopulation.....	9
2.2 Operationsverfahren.....	9
2.3 Studienparameter	10
2.4 Statistische Auswertung	11
3 Ergebnisse	12
3.1 Präoperative Ergebnisse	12
3.2 Perioperative Ergebnisse	18
3.3 Postoperative Ergebnisse.....	22
3.4 Postoperative Komplikationen	23
4 Diskussion	26
4.1 Zusammenfassung der Hauptergebnisse.....	26
4.2 Präoperative Patientendaten	26
4.3 Perioperative Ergebnisse	27

4.4	Postoperative Ergebnisse und Komplikationen	28
4.5	Prostatavolumen als Einflussfaktor.....	30
4.6	Einbettung der Ergebnisse in den bisherigen Forschungsstand.....	31
4.6.1	Global Greenlight Group Datenbank.....	31
4.6.2	Vergleich mit der transurethralen Resektion der Prostata.....	32
4.6.3	Vergleich mit der Holmium - Laserenukleation der Prostata	34
4.7	Limitationen	35
5	Schlussfolgerungen.....	36
	Literaturverzeichnis	37
	Eidesstattliche Versicherung	42
	Anteilerklärung an der erfolgten Publikation	43
	Druckexemplar der Publikation.....	44
	Lebenslauf.....	54
	Komplette Publikationsliste.....	55
	Danksagung	56

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Patientendemographie zwischen 2011 und 2019	12
Tabelle 2: Patientendemographie zwischen 2011 bis 2019 in Korrelation zu den Prostatavolumengruppen PV 1-3.....	14
Tabelle 3: Peri- und postoperative Ergebnisse zwischen 2011 bis 2019	18
Tabelle 4: Postoperative Baseline-Ergebnisse in Korrelation zu Operationsjahren 2011 bis 2019.....	22
Tabelle 5: Postoperative Komplikationen (< 30 Tage) in Korrelation zu den Operationsjahren zwischen 2011 und 2019.....	24

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Signifikante Entwicklung der perioperativen Parameter zwischen 2011 und 2019 in Korrelation zur Prostata-Volumengruppe 1-3	21
Abbildung 2: Frühe postoperative Komplikationen (< 30 Tage) zwischen 2011 und 2019 in Korrelation zur Prostatavolumengruppe PV 1-3	23
Abbildung 3: Signifikante Beispiele für frühe postoperative Komplikationen (<30 Tage) zwischen 2011 und 2019	24

Abkürzungsverzeichnis

ASA	American Society of Anesthesiologists
bTUR – P	bipolare transurethrale Resektion der Prostata
BPS	benignes Prostatasyndrom
DRU	digital rektale Untersuchung
et al.	et alia
GL-XPS	GreenLight-XPS 180-Watt-System
HoLEP	Holmiumlaserenukleation der Prostata
IPSS	International Prostate Symptom Score
IQA	Interquartilsabstand
kJ	Kilojoule
LZ/ LT	Laserzeit (<i>engl. laser time</i>)
LUTS	lower urinary tract symptoms
mTUR - P	monopolare transurethrale Resektion der Prostata
TRUS	transrektaler Ultraschall
OZ/ OT	Operationszeit (<i>engl. operation time</i>)
PSA	Prostata-spezifisches Antigen
PV	Prostata-volumen
PVP	photo-selektive Vaporisation der Prostata
RH	Restharnvolumen
QoL	Quality of Life
Q _{max}	maximaler Harnfluss
SD	Standardabweichung (<i>engl. standard deviation</i>)
vs.	versus

Zusammenfassung

Hintergrund: Das Benigne Prostatasyndrom (BPS) stellt weltweit eine der häufigsten urologischen Erkrankungen bei älteren Männern dar und geht mit einer erheblichen Beeinträchtigung der Lebensqualität einher. Die Greenlight-Laservaporisation der Prostata (PVP) hat sich in den letzten Jahren als eine vielversprechende minimal-invasive Therapieoption für das BPS etabliert. Ziel der Global Greenlight Group war es, die Effektivität und Sicherheit der PVP an einer großen Patienten - Kohorte mit unterschiedlichen Prostatavolumina über einen Zeitraum von 2011 bis 2019 hinweg zu untersuchen.

Patienten und Methoden: Es wurden 3441 Männer eingeschlossen, die zwischen 2011 und 2019 aufgrund eines BPS an sieben internationalen Zentren mit hoher operativer Erfahrung mittels GreenLight-XPS 180-Watt-System (GL – XPS) behandelt wurden. Die primären Parameter waren die Operationszeit (OZ), die effektive Laserzeit (LZ) sowie intra- und postoperative Komplikationen. Diese wurden nach Operationsjahren (2011 bis 2019) und Prostatavolumen (PV) - Gruppen (PV1 < 80 ml, PV2 80-150 ml und PV3 > 150 ml) analysiert.

Ergebnisse: Das mediane Alter betrug 70 Jahre (IQA 64 - 77) und das mediane Prostatavolumen 64 ml (IQA 47 – 90). Etwa 35 % der Patienten nahmen orale Antikoagulanzen ein. Die Operations- (OZ) und Laserzeit (LZ) stiegen zwischen 2011 und 2019 signifikant an, blieben aber mit medianen Werten von 60 min (OZ, IQA 45 – 83) bzw. 33 min (LZ, IQA 23 - 46) effizient. Der Energieverbrauch lag bei 253 kJ (IQA 170 – 375) mit einer Energiedichte von 3,94 kJ/ml (IQA 2,94 – 5,02). Die Wahrscheinlichkeit perioperativer Komplikationen nahm im zeitlichen Verlauf um insgesamt 17 % ab. Perioperative Transfusionen reduzierten sich signifikant von 2 % (2011) auf 0 % (2019). Die stationäre Verweildauer und Dauerkatheter-Verweildauer blieben unverändert. Frühe postoperative Komplikationen (< 30 Tage postoperativ) sanken signifikant von 48,8 % (2011) auf 24,7 % (2019). Die postoperativen Ergebnisse zeigen eine kurze Krankenhausverweildauer, eine im Verlauf signifikante Symptomreduktion, sowie sinkende Komplikationsraten. Besonders die Reduktion von LUTS und Harnverhalten waren signifikant.

Schlussfolgerungen: Diese Studie hebt hervor, dass die PVP sicher und effektiv auch für Patienten mit einem Prostatavolumen von über 80 ml angewendet werden kann. Dies

unterstreicht die Bedeutung dieses Verfahrens in der Behandlung des BPS, insbesondere in einer alternden und multimorbiden Patientenpopulation. Die vorliegende Arbeit trägt dazu bei, das Verständnis für die Anwendung des Greenlight-XPS-180-Watt-Systems zur Behandlung der Prostatahyperplasie zu vertiefen und bestätigt seine Wirksamkeit und Sicherheit, auch bei großen Prostatavolumina. Diese Ergebnisse sind aufgrund der großen Patientenkohorte und ihrer internationalen Anwendbarkeit von klinischer Bedeutung und können die Entscheidungsfindung bei der Behandlung von Patienten mit Prostatahyperplasie unterstützen.

Abstract

Background: Benign Prostatic Hyperplasia (BPH) is one of the most common urological conditions in elderly men worldwide and is associated with a significant impairment in quality of life. Greenlight laser vaporization of the prostate (PVP) has emerged as a promising minimally invasive treatment option for BPH in recent years. The goal of the Global Greenlight Group was to investigate the effectiveness and safety of PVP in a large patient cohort with varying prostate volumes over the period from 2011 to 2019.

Patients and methods: A total of 3441 men who underwent treatment for BPH between 2011 and 2019 at seven international centers with extensive surgical experience using the GreenLight-XPS 180-Watt system (GL-XPS) were included in the study. The primary parameters assessed were operative time (OT), effective laser time (LT), as well as intraoperative and postoperative complications. These were analyzed based on the year of surgery (2011 to 2019) and prostate volume (PV) groups (PV1 < 80 ml, PV2 80-150 ml, and PV3 > 150 ml).

Results: The median age was 70 years (IQR 64 - 77), and the median prostate volume was 64 ml (IQR 47 - 90). Approximately 35% of patients were taking oral anticoagulants. Operative time (OT) and laser time (LT) increased significantly between 2011 and 2019 but remained efficient with median values of 60 minutes (OT, IQR 45 - 83) and 33 minutes (LT, IQR 23 - 46). Energy consumption was 253 kJ (IQR 170 - 375) with an energy density of 3.94 kJ/ml (IQR 2.94 - 5.02). The likelihood of perioperative complications decreased by 17% over time. Perioperative transfusions significantly decreased from 2% (2011) to 0% (2019). Length of hospital stay and indwelling catheter duration remained unchanged. Early postoperative complications (<30 days postoperatively) decreased significantly from 48.8% (2011) to 24.7% (2019). Postoperative results showed a short hospital stay, significant symptom reduction over time, and decreasing complication rates. Reduction in LUTS (Lower Urinary Tract Symptoms) and urinary retention were particularly significant.

Conclusion: This study highlights that PVP can be safely and effectively used, even for patients with a prostate volume exceeding 80 ml. This underscores the importance of this procedure in BPH treatment, especially in an aging and multimorbid patient population. This work contributes to a deeper understanding of the application of the Greenlight-XPS-180-Watt system for prostate hyperplasia treatment and confirms its efficacy and safety,

even for large prostate volumes. These results are of clinical significance due to the large patient cohort and international applicability, and they can support decision-making in the treatment of patients with prostate hyperplasia.

1 Einleitung

1.1 Terminologie und Epidemiologie

Die Prostata (Vorsteherdrüse) ist eine akzessorische Geschlechtsdrüse des Mannes, welche den proximalen Anteil der Urethra umgibt und über die im Colliculus seminalis beide Samenleiter münden. Die Funktion besteht in der Produktion eines sauren Prostatasekrets, welches bewegungsauslösend auf die Spermien wirkt. Des Weiteren führt sie durch die Sekretion des prostataspezifischen Antigens (PSA) zur Verflüssigung des Ejakulats. Das durchschnittliche Volumen beträgt beim jungen gesunden Mann in etwa 20-25 cm³ (1). Ab der 4. Lebensdekade kommt es insbesondere in der Transitionalzone der Prostata aufgrund nicht abschließend geklärt Ursachen zu einer Hyperplasie von Bindegewebs-, Epithel- und/ oder glatten Muskelzellen. Diese histologische Veränderung wird als benigne Prostatahyperplasie (BPH) bezeichnet. Die diagnostisch messbare Prostatavergrößerung wird benigne Prostatavergrößerung (engl. benign prostatic enlargement, BPE) genannt und die Einengung des Lumens der Urethra als Harnblasenauslassobstruktion (engl. bladder outlet obstruction, BOO) definiert. Ist die BOO durch eine BPE hervorgerufen wird diese Unterform als benigne Prostataobstruktion (engl. benign prostatic obstruction BPO) betitelt. Die oben aufgeführten Veränderungen führen zu typischen Symptomen des unteren Harntrakts (engl. lower urinary tract symptoms LUTS) wie Nykturie, Pollakisurie und Dranginkontinenz. Das benigne Prostatasyndrom (BPS) ist eine variable Kombination aus BPH, BPE und BPO bei der jedoch die Beschwerden in Form der LUTS im Vordergrund stehen. In etwa 28% der deutschen Männer über 50 Jahren sind vom BPS betroffen (2). Aufgrund des demographischen Wandels gewinnt das Management der benignen Prostatavergrößerung und ihrer Symptome sowohl im ambulanten wie auch im klinischen Bereich immer mehr an Bedeutung.

1.2 Diagnostik

Die Diagnostik des BPS erfolgt zunächst mittels einer detaillierten Anamnese mit dem Schwerpunkt auf den Symptomen des unteren Harntrakts. Zudem werden eine bestehende Harninkontinenz, das Trink- und Miktionsverhalten, sowie eine bestehende Medikation und Beschwerden in der Ausübung der Sexualität erfasst. Die Objektivierung der Beschwerden erfolgt in der Regel anschließend mit dem International Prostate

Symptom Score (IPSS) - Fragebogen, welcher auch den Einfluss der Symptome auf die Lebensqualität (engl. Quality of life QoL) veranschaulicht. In der körperlichen Untersuchung liegt der Fokus auf der digital rektalen Untersuchung (DRU). Es erfolgt eine Blutentnahme inkl. der Bestimmung des PSA zur Abschätzung des Prostatavolumens und zur Differentialdiagnostik zwischen Prostatakarzinom und BPS. Mit Hilfe der transabdominellen Sonografie wird das Restharnvolumen (RH) bestimmt und mittels transrektalem Ultraschall (TRUS) das Prostatavolumen ermittelt. Es erfolgt eine Uroflowmetrie zur Quantifizierung der Harnblasenentleerungsstörung. Der Grenzwert des maximalen Harnflusses Q_{\max} liegt bei etwa 10 ml/s. Bei den hier aufgeführten diagnostischen Verfahren handelt es sich um die Basisdiagnostik des BPS, auf die in internationalen Studien regelhaft zur Objektivierung zurückgegriffen wird.

1.3 Therapie

1.3.1 Allgemeine Therapieverfahren

Nach Ausreizung einer konservativen und medikamentösen Therapie, mit der Gabe von in der Regel Tamsulosin (alpha - 1 - Adrenorezeptor - Antagonist) und/ oder Finasterid (5alpha – Reduktase - Inhibitor), besteht bei Beschwerdepersistenz bzw. Komplikationen, wie Infektionen oder einem akuten Harnverhalt, die Indikation zur operativen Desobstruktion der Prostata.

Im Jahr 2019 wurden in Deutschland 83.687 BPS - Operationen durchgeführt. In 71,7% der Fälle erfolgte hierbei eine klassische monopolare transurethrale Resektion der Prostata (mTUR - P) (3). Die mTUR - P gilt noch heute aufgrund ihrer langjährigen und flächendeckenden Anwendung als Referenzverfahren in der Behandlung der symptomatischen Prostatavergrößerung. Zur Minimierung der auftretenden intra- und postoperativen Komplikationen wie Blutungen, Inkontinenz und erektiler Dysfunktion wurden die operativen Verfahren in den letzten Jahrzehnten fortlaufend überarbeitet und optimiert. Die Weiterentwicklung der klassischen mTUR - P zur bipolaren transurethralen Resektion der Prostata (bTUR – P) konnte bereits eine Reduktion der perioperativen Morbidität nachweisen (4). Jedoch gewinnen vor allem die unterschiedlichen Lasertechniken immer mehr an Bedeutung. Entsprechend der Empfehlungen der aktuellen internationalen Leitlinien für die Behandlung der nicht - neurogenen Harnblasenentleerungsstörungen beim Mann gilt die mTUR - P gleichwertig zu den verschiedenen Laserverfahren. Man unterscheidet im Wesentlichen zwischen den

Laserarten (Holmium, Thulium, Greenlight usw.) und den Laserverfahren (v.a. endoskopische Enukleation vs. Vaporisation). Hierbei sind insbesondere die Holmiumlaserenukleation der Prostata (HoLEP) und die 532 nm ('Greenlight') photoselektive Laservaporisation der Prostata (PVP) als weitverbreitete Beispiele zu nennen (5) (6) (7) (8). In mehreren Arbeiten konnte bereits gezeigt werden, dass die Laserverfahren eine signifikante Reduktion an post- und intraoperativen Blutungen sowie eine Verkürzung der Krankenhausverweildauer bedingen (9) (10) (11). Als alternative aber weniger verbreitete endoskopische Therapieoptionen sind hier zudem die Holmiumlaser - Resektion der Prostata (HoLRP), die konvektive Wasserdampfablation (Rezüm™) oder das Prostata – Harnröhren – Lifting - Verfahren (Urolift®) zu erwähnen. Die offene Adenomenukleation wird in vielen Kliniken kaum noch durchgeführt und verliert in der Weiterentwicklung der endoskopischen Operationsverfahren, insbesondere der Laserverfahren auch für große Prostatavolumen immer mehr an Bedeutung.

1.3.2 Greenlight - Laservaporisation

Bachmann et al. veröffentlichte 2014 in einer großen prospektiven randomisierten multizentrischen Studie (GOLIATH - Studie) Daten bezüglich der Effektivität und Sicherheit der Greenlight - Laservaporisation im Vergleich zur mTUR - P (12). Es waren Kliniken aus 9 europäischen Ländern sowie insgesamt 29 Prüfzentren involviert. Hierbei konnten 291 Patienten eingeschlossen und verglichen werden. Seit der Veröffentlichung der GOLIATH - Studie und ihrer Follow - up Daten gewann die PVP im Verlauf der letzten Jahre auch global zunehmend an Bedeutung. Es schlossen sich mehrere Studien aus Zentren mit hohen Operationszahlen an, welche die Effektivität, Effizienz und Sicherheit dieser Methode bestätigten und zu einer fortlaufenden Etablierung der PVP innerhalb Europas führten. Insbesondere in der Therapie antikoagulierter Patienten zeigt der Grünlicht - Laser durch seine physikalischen Eigenschaften einen großen Vorteil in der Behandlung des BPS (13). In der aktuellen deutschen S2e-Leitlinie zur Diagnostik und Therapie des benignen Prostatasyndroms wird die Greenlight - Laservaporisation der Prostata als Alternative zur transurethralen Resektion der Prostata in erfahrenen Zentren und bei Prostatavolumen zwischen 30 und 80 cm³ genannt (14).

1.4 Zielstellung der Arbeit

Die aktuelle europäische Leitlinie weist darauf hin, dass die Anzahl und vor allem die Qualität der bestehenden Publikationen bezüglich der 180 W GL - XPS zu niedrig seien und insbesondere Daten für Prostatavolumina >100 ml fehlen, um eine weitreichendere Empfehlung für die Vaporisation der Prostata herauszugeben (5). Die aktuelle deutsche Leitlinie bezieht all ihre Empfehlungen auf Studien mit dem 120 W GL - XPS, welcher aktuell in der Praxis kaum noch Anwendung findet. Zusammengefasst fehlen aktuelle und aussagekräftige Daten über die Anwendung der Greenlight - Laservaporisation der Prostata. Aus diesem Grund schlossen sich 2020 sieben Kliniken mit hoher operativer Frequenz an PVP aus der gesamten Welt zur „Global Greenlight Group“ zusammen, um ihre Daten und ihre Expertise im internationalen Kontext auszuwerten und vergleichen zu können.

Ziel der vorliegenden Arbeit war es die zwischen 2011 und 2019 erfassten Daten nach ihrem internationalen Fortschritt in der Verwendung der Greenlight – Methode zu untersuchen. Es soll geklärt werden, ob zunehmende Erfahrungswerte mit der PVP auch mit einer Verbesserung der Effektivität und Sicherheit korrelieren. Die in dieser Arbeit verwendeten primären Endpunkte waren die Operationszeit (OZ), die effektive Laserzeit (LZ), die applizierte Laserenergie, sowie intra- und postoperativ auftretende Komplikationen. Zudem soll gezeigt werden, wie sich die Effektivität und Sicherheit in Bezug auf das Prostatavolumen >80 ml verhält, da hierzu bisher nur wenig Daten vorliegen.

2 Methodik

2.1 Studienpopulation

Im Rahmen der vorliegenden retrospektiven Analyse der Global Greenlight Group – Datenbank wurden 3600 Patienten eingeschlossen. Die Patienten wurden zwischen 2011 und 2019 mittels Greenlight - Laservaporisation (Boston Scientific, Minnetonka, MN, USA) durch acht erfahrene Chirurgen aufgrund eines benignen Prostatasyndroms operiert. Die Eingriffe erfolgten an sieben internationalen Kliniken mit sehr hohen Operationsfrequenzen mit dem Grünlicht – Laser aus Deutschland, Kanada, Frankreich, Italien, Mexiko, Brasilien und Argentinien. Einige Subgruppen der Patientenkohorte wurden bereits in frühere Analysen der jeweiligen Zentren eingeschlossen. Die Indikationen zur Operation wurden in jedem Land basierend auf den Leitlinien der Canadian Urological Association, der American Urological Association bzw. der European Association of Urology zur Behandlung der benignen Prostatahyperplasie gestellt. Die Indikation zur operativen Versorgung war zum Beispiel ein akuter Harnverhalt, rezidivierende Harnwegsinfekte, persistierende Symptomatik bei ausgereizter konservativer Therapie oder Harnblasenkonkremente.

Alle Patienten gaben präoperativ ihr schriftliches und mündliches Einverständnis zur Durchführung des Eingriffs, sowie zur Auswertung und Speicherung der Daten. Die internen Daten wurden über das SAP - System der Charité anhand von Arztbriefen, sowie Operations-, und Laborberichten erhoben. Nach Ausschluss von 24 Patienten mit bekanntem Prostatakarzinom und 135 Patienten aufgrund ungültiger Daten (a.e. durch falsche Dokumentation), konnten 3441 Patienten für unsere Analyse herangezogen werden. Die Analyse wurde nach den Richtlinien der Deklaration von Helsinki durchgeführt. Die interne Datenanalyse wurde von der Ethikkommission der Charité bewilligt. Die Daten der anderen internationalen Zentren wurden uns anonymisiert zur Analyse bereitgestellt.

2.2 Operationsverfahren

Alle Patienten unterzogen sich einer Greenlight - Laservaporisation der Prostata mit dem XPS - 180 W System unter der Verwendung von MoXy Laserfasern. Hierbei handelt es sich um einen Festkörperlaser mit Frequenzverdopplung. Der Ausgangsstrahl hat eine Wellenlänge von 532 nm mit einer optischen Eindringtiefe von 0,8 mm und einer

Koagulationstiefe von 1-2 mm. Die maximale Ausgangsleistung beträgt 180 Watt. In der Operation kann zwischen Vaporisations- und Koagulationsmodus gewählt werden. Es wurde ein Dauerspülzystoskop verwendet. Die Operation wurde nach den internationalen Benutzer - Leitlinien für die Anwendung vom Greenlight - Laser unter Einbeziehung der Erfahrungen des jeweiligen Operateurs durchgeführt. Die Operation erfolgte in Spinal- oder Allgemeinanästhesie. Eine Antibiotikaphylaxe, sowie das Management von antithrombotischen Therapien erfolgte nach lokalen Richtlinien.

2.3 Studienparameter

Die Auswertung der Daten wurde in drei Stufen durchgeführt. Zunächst erfolgte die Zusammenstellung der präoperativen Patientendaten, wie Alter zum Zeitpunkt der Operation, PSA - Wert, mittels TRUS gemessenes Prostatavolumen, BPS - und antithrombotische Medikation. Die Patienten füllten präoperativ einen Fragebogen bezüglich ihrer Beschwerden aus. Hierfür verwendeten wir den „International Prostate Symptom Score“ (IPSS) - und den „Quality of life“ (QoL) - Fragebogen. Es wurde eine Uroflowmetrie (Q_{max}) durchgeführt und sonographisch die Restharmenge bestimmt. Anschließend erfolgte die Analyse nach primären perioperativen Endpunkten wie Operationsdauer, Laserzeit, verbrauchte Energie, sowie Krankenhausverweildauer und Katheterliegedauer. Anschließend wurden intra- und postoperative Komplikationen, sowie die 12 - Monats Follow - up Daten ausgewertet. Auch hier wurde wieder der IPSS - QoL - Fragebogen verwendet. Des Weiteren erfolgte die Erfassung der Restharmengen und die Stärke des Harnstrahls via Uroflowmetrie (Q_{max}). Es wurden die Komplikationen innerhalb der ersten 30 Tage postoperativ erfasst und nach der Clavien – Dindo - Klassifikation in niedrig - gradig (I-II) und hoch - gradig (> IIIa) eingeteilt. Es erfolgte eine Trendanalyse aller Daten von 2011 bis 2019 mit anschließender Betrachtung der Subgruppen anhand der Kategorisierung in Prostatavolumengruppen (PV1 < 80 ml, PV2 = 80-150 ml und PV3 > 150 ml). Durch die Verwendung objektiver Endpunkte und einheitlicher Messgrößen wie Operationsdauer oder IPSS - QoL - Fragebögen, sowie einer engen Zusammenarbeit zwischen den einzelnen Zentren der Global Greenlight Group wurde eine hohe Datenqualität/ -dichte sichergestellt.

2.4 Statistische Auswertung

Die statistischen Berechnungen der vorliegenden Daten wurden unter Verwendung des Statistical Package for the Social Sciences (SPSS®) Software - Version 27.0 für Windows (SPSS Inc., IBM Company, Chicago, IL, USA) durchgeführt.

Die statistische Signifikanz wurde auf einen p-Wert von kleiner 0,05 festgelegt.

Im Rahmen der statistischen Analyse wurden die nicht normalverteilten Daten als Median mit dem jeweiligen Interquartilsabstand oder als Prozentsatz dargestellt. Kategoriale Variablen wurden in relativen Häufigkeiten dargestellt.

Zur Visualisierung des Trends zwischen den Operationsjahren 2011 bis 2019 wurden lineare und logistische Regressionsanalysen durchgeführt. Zudem wurden multi - variable logistische Regressionsanalysen durchgeführt, um mögliche Einflussfaktoren zu detektieren.

3 Ergebnisse

In der Untersuchung des Patientenkollektivs der Datenbank der Global Greenlight Group wurde insbesondere auf die Entwicklung von Komplikationen und perioperativen Endpunkten im zeitlichen Verlauf eingegangen. Die Ergebnisse wurden im World Journal of Urology publiziert und werden im Folgenden zusammengefasst (15).

3.1 Präoperative Ergebnisse

Im Zeitraum von 2011 bis 2019 erhielten 3441 Patienten eine operative Desobstruktion der Prostata mittels Greenlight - PVP. Die Basischarakteristika der untersuchten Patientenkohorte von 2011 bis 2019 sind in **Tabelle 1** aufgeführt. Eine genaue Übersicht zur Subanalyse nach Gruppierung in Prostatavolumengruppen findet sich in **Tabelle 2**

Tabelle 1:

Patientendemografie zwischen 2011 und 2019							
	Gesamt	2011		2012		2013	
n= max. 3441	Median/ n (IQA/ %)	Median/ n	IQA/ %	Median/ n	IQA/ %	Median/ n	IQA/ %
Alter, Jahre	70 (64-77)	70	65-87	71	64-77	70	63-77
PSA, ng/dl	3,27 (1.76-5.88)	3,76	2-7	2,84	1,60-5,48	3,55	2-5,6
Prostatavolumen, ml	64 (47-90)	61	49-89	62,00	43-88	63	45-83
IPSS	23 (19-27)	23	19-27	22,50	18-29	22	19-28
QoL	4 (3-5)	5	4-5	5,00	4-6	5	4-5
Qmax, ml/s	6 (4-8)	6	4-8	5,50	3-7	6	4-7
Restharnvolumen, ml	120 (30-273)	175	80-418	151,50	66-400	168	65,5-314
Medikation, allgemein	729 (60,6%)	75	52,8%	101	54,6%	88	53,7%
Antikoagulation	1176 (35%)	87	39,7%	115	33,8%	113	31,6%
α1-Rezeptorantagonisten	2661 (79,9%)	182	83,9%	280	83,3%	288	81,4%
5α-Reduktasehemmer	1424 (42,6%)	118	54,1%	179	53,1%	159	44,9%
Mittellappen	532 (36,2%)	54	36,2%	77	36,0%	57	26,4%
	1 428 (22%)	28	18,9%	59	25,4%	37	16,5%
ASA-Risikoklassifikation	2 996 (51,2%)	83	56,1%	108	46,6%	106	47,3%
	3 504 (25,9%)	35	23,6%	62	26,7%	78	34,8%
	4 18 (0,9%)	2	1,4%	3	1,3%	3	1,3%
Hamverhalt, präoperativ	342 (35,8%)	39	47,6%	45	36,3%	53	42,4%
Katheterisierung, präoperativ	841 (27,7%)	69	31,4%	90	28,6%	94	29,8%

	2014		2015		2016		2017	
n= max. 3441	Median/ n	IQA/ %	Median/ n	IQA/ %	Median/ n	IQA/ %	Median/ n	IQA/ %
Alter, Jahre	70	64-76	69	64-76	70	64-76	71	65-77
PSA, ng/dl	3,2	1,9-5,4	3,2	1,7-5,2	3	1,52-5,76	3,15	1,62-5,7
Prostatavolumen, ml	63	48-90	65	47-88	61	46-85	64,5	47-90
IPSS	23	19-27	23	19-27	22	19-27	22	19-27
QoL	5	4-5	5	4-5	4	3-5	3	0-5
Qmax, ml/s	5,5	4-8	6	4-9	6	4-8	6	4-9
Restharnvolumen, ml	126,50	50-333	112,50	20-230	100	0-234	99,50	0-200
Medikation, allgemein	88	55,7%	71	58,7%	74	63,8%	78	75,0%
Antikoagulation	173	34,7%	194	34,5%	219	36,9%	129	35,1%
α1-Rezeptorantagonisten	390	80,1%	429	77,3%	455	76,9%	304	84,0%
5α-Reduktasehemmer	176	36,1%	209	37,6%	219	37,0%	173	47,0%
Mittellappen	57	29,2%	59	35,8%	48	29,4%	56	37,6%
	32	16,9%	56	17,8%	86	20,9%	55	29,4%
ASA-Risikoklassifikation	88	46,6%	174	55,2%	224	54,5%	94	50,3%
	66	34,9%	84	26,7%	98	23,8%	36	19,3%
	3	1,6%	1	0,3%	3	0,7%	2	1,1%
Harnverhalt, präoperativ	54	43,9%	35	32,4%	42	35,3%	30	25,2%
Katheterisierung, präoperativ	104	24,8%	129	25,4%	138	25,7%	104	31,8%

	2018		2019		p-Wert
n= max. 3441	Median/ n	IQA/ %	Median/ n	IQA/ %	
Alter, Jahre	70	64-77	70,5	64-77	0,778
PSA, ng/dl	3,61	1,91-7,33	4,5	2,39-7	0,350
Prostatavolumen, ml	70,5	50-96	78	51-108	0,020
IPSS	22	17-27	24	19-30	0,118
QoL	4	2-5	5	5-6	<0,001
Qmax, ml/s	6	4-8	6	4-7	0,516
Restharnvolumen, ml	67,50	0-191,5	134,50	66,5-347	<0,001
Medikation, allgemein	86	78,9%	68	66,0%	<0,001
Antikoagulation	115	36,2%	31	29,0%	0,907
α1-Rezeptorantagonisten	240	75,2%	93	86,1%	0,078
5α-Reduktasehemmer	133	41,7%	58	53,7%	0,012
Mittellappen	60	51,3%	64	64,0%	<0,001
	51	36,4%	24	24,0%	
ASA-Risikoklassifikation	71	50,7%	48	48,0%	
	18	12,9%	27	27,0%	
	0	0,0%	1	1,0%	
Harnverhalt, präoperativ	24	26,7%	20	31,3%	<0,001
Katheterisierung, präoperativ	96	31,8%	17	18,5%	0,668

PSA = Prostataspezifisches Antigen; IPSS = International Prostate Symptom Score; QoL = Quality of Life; Qmax = maximaler Harnfluss; ASA - Risikoklassifikation = American Society of Anesthesiologists - classification; IQA = Interquartilsabstand.

Originalpublikation Lichy *et al.*, Table 1, World J Urol. 2022

Tabelle 2:

Patientendemographie zwischen 2011 bis 2019 in Korrelation zu den Prostatavolumengruppen PV 1-3

n= max. 3441	PV	Gesamt	2011		2012		2013	
		Median/ n (IQA/ %)	Median/ n	IQA/ %	Median/ n	IQA/ %	Median/ n	IQA/ %
Alter, Jahre	1	70 (64-76)	70	64-76	70	63-76	69	62-76
	2	70 (65-76)	71	67-81	71	63-77	70	64-77
	3	71 (64-78)	75	64-83	78	64-83	76	74-79
PSA, ng/dl	1	2,57 (1,44-4,31)	2,98	1,26-5,2	2,27	1,2-4,11	3,20	1,7-4,8
	2	5,03 (3,21-8,14)	5,55	3,56-10,88	4,83	3,26-7,06	5,35	3-8
	3	8,15 (5,63-13,08)	10,00	6,41-16,32	6,10	3,34-8,2	8,95	5,35-14
Prostatavolumen, ml	1	55 (41-65)	56	41-62	52	40-64	56	41-67
	2	100 (90-120)	100	90-115	100	90-115	96	89-120
	3	180 (160-215)	184	180-229	174	160-265	214	160-260
IPSS	1	22 (19-27)	22	19-26	22	18-28	22	20-27
	2	24 (19-29)	26	22-29	25	21-32	22	19-30
	3	25 (20-30)	15	12,5-20	25	22-34	26	21-30
QoL	1	4 (3-5)	4	4-5	5	4-5	4	3-5
	2	5 (3-6)	5	4-6	5	4-6	5	4-6
	3	5 (4-6)	5	4-5	5	4-6	5	4-6
Qmax, ml/s	1	6 (4-8)	6	4-8	5	4-7	6	4-8
	2	5 (3-8)	5	3-7	6	3-8	5	4-8
	3	5 (3-7)	8	7-18	4	3-5	4	4-5
Restharnvolumen, ml	1	105 (26-222)	151	70-346	148	50-300	150	60-285
	2	150 (50-339)	358	100-535	168	80-520	210	72-450
	3	186 (90-426)	94	23-304	200	140-700	216	166-520
Medikation, allgemein	1	418 (65,9%)	53	64,6%	65	67,0%	47	54,7%
	2	247 (63,5%)	16	39,0%	28	42,4%	27	69,2%
	3	31 (60,8%)	3	60,0%	2	50,0%	4	40,0%
Antikoagulation	1	801 (36,5%)	57	41,6%	89	38,5%	77	32,5%
	2	291 (33,6%)	22	37,9%	18	21,7%	24	31,6%
	3	22 (21,4%)	2	33,3%	2	28,6%	0	0,0%
α1-Rezeptorantagonisten	1	1738 (79,7%)	120	88,2%	185	80,8%	187	79,2%
	2	697 (81,2%)	45	77,6%	72	87,8%	63	86,3%
	3	90 (88,2%)	4	66,7%	7	100,0%	10	83,3%
5α-Reduktasehemmer	1	922 (42,2%)	84	61,3%	126	54,8%	108	45,8%
	2	415 (48,4%)	28	48,3%	46	56,1%	37	50,7%
	3	45 (43,7%)	3	50,0%	3	42,9%	7	58,3%
Mittellappen	1	252 (31,9%)	30	34,1%	35	30,7%	23	19,2%
	2	207 (43,5%)	17	40,5%	33	43,4%	21	38,2%
	3	25 (32,9%)	2	40,0%	1	14,3%	3	25,0%
Hamverhalt, präoperativ	1	164 (29,1%)	22	37,3%	23	29,1%	28	35,0%
	2	148 (44,4%)	16	76,2%	20	50,0%	21	53,8%
	3	30 (55,5%)	1	50,0%	2	40,0%	4	66,7%
Katheterisierung, präoperativ	1	470 (23,3%)	30	21,7%	52	24,0%	49	23,4%
	2	259 (33,6%)	23	39,7%	25	32,9%	22	33,3%
	3	28 (33,7%)	2	33,3%	1	25,0%	3	33,3%

	PV	2014		2015		2016	
		Median/ n	IQA/ %	Median/ n	IQA/ %	Median/ n	IQA/ %
Alter, Jahre	1	70	64-76	69	63-76	70	64-75
	2	70	64-75	69	65-76	70	65-78
	3	70	60-77	68	62-74	70	64-73
PSA, ng/dl	1	2,70	1,5-3,91	2,67	1,5-4,15	2,47	1,33-4,07
	2	4,68	3-7,9	4,76	3,18-7,28	5,86	3,35-8,29
	3	11,40	5,4-15,8	9,00	7,7-16	8,72	4,3-13,08
Prostatavolumen, ml	1	55	43-65	55	40-67	53	41-65
	2	100	90-112	100	90-115	100	90-120
	3	190	180-207	195	168-229	167	160-232
IPSS	1	23	19-27	23	19-27	22	18-26
	2	23	20-27	24	19-29	24	20-30
	3	29	21-33	25	21-29	22	20-28
QoL	1	4	4-5	4	4-5	4	3-5
	2	5	4-6	5	5-6	5	3-5
	3	6	5-6	6	5-6	5	5-5
Qmax, ml/s	1	5	4-7	6	4-9	6	4-8
	2	6	4-9	6	3-9	5	3-7
	3	3	3-4	7	5-10	7	3-12
Restharnvolumen, ml	1	119	50-284	90	13-187	90	0-201
	2	150	87-450	150	30-350	130	30-298
	3	426	140-622	192	135-304	108	0-236
Medikation, allgemein	1	55	66,3%	41	58,6%	40	66,7%
	2	21	63,6%	24	63,2%	31	70,5%
	3	6	66,7%	5	83,3%	1	16,7%
Antikoagulation	1	115	36,2%	129	34,3%	157	38,2%
	2	42	34,4%	52	36,9%	50	35,0%
	3	6	35,3%	3	17,6%	3	20,0%
α1-Rezeptorantagonisten	1	256	81,3%	289	77,7%	312	76,3%
	2	92	76,0%	107	77,0%	119	83,8%
	3	15	93,8%	15	93,8%	10	66,7%
5α-Reduktasehemmer	1	114	36,1%	141	37,9%	150	36,7%
	2	43	35,5%	60	43,2%	60	42,3%
	3	6	37,5%	7	41,2%	5	33,3%
Mittellappen	1	26	23,6%	33	34,4%	23	27,4%
	2	17	36,2%	22	42,3%	21	34,4%
	3	4	33,3%	3	30,0%	4	44,4%
Harnverhalt, präoperativ	1	34	41,5%	12	18,5%	19	29,2%
	2	13	41,9%	19	54,3%	20	40,8%
	3	7	70,0%	4	50,0%	3	75,0%
Katheterisierung, präoperativ	1	55	19,3%	71	20,9%	84	22,2%
	2	31	31,3%	50	39,7%	42	34,4%
	3	4	28,6%	2	13,3%	8	61,5%

		2017		2018		2019		p-Wert
		PV	Median/ n	IQA/ %	Median/ n	IQA/ %	Median/ n	
Alter, Jahre	1	71	65-77	70	64-78	69	63-77	0,454
	2	71	65-76	71	64-77	72	65-77	1,000
	3	72	67-77	68	64-75	74	64-82	0,213
PSA, ng/dl	1	2,30	1,27-4,53	2,55	1,41-4,87	3,07	1,24-5,06	0,561
	2	4,30	2,58-8,27	6,14	3,37-11,34	5,00	3,62-7,1	0,263
	3	7,05	5,66-8,60	7,01	5,3-15,6	6,22	2,08-14,25	0,891
Prostatavolumen, ml	1	52	42-65	55	44-67	53	45-68	0,145
	2	100	88-120	102	91-120	108	93-118	0,606
	3	175	160-200	174	160-195	175	160-186	0,021
IPSS	1	22	19-27	22	17-26	23	19-28	0,182
	2	24	21-28	24	17-29	25	19-33	0,333
	3	27	22-28	21	13-27	25	20-32	0,887
QoL	1	3	0-4	4	2-5	5	5-6	<0,001
	2	4	1-5	4	3-5	5	5-6	<0,001
	3	2	0-5	4	1-5	6	5-6	0,076
Qmax, ml/s	1	6	4-10	7	5-9	6	4-8	0,076
	2	5	3-7	5	4-7	5	4-7	0,680
	3	8	6-10	2	2-6	4	3-5	0,467
Restharnvolumen, ml	1	80	0-180	50	0-180	93	40-241	<0,001
	2	136	0-217	113	0-250	201	95-409	<0,001
	3	156	90-324	120	30-232	361	121-653	0,145
Medikation, allgemein	1	43	81,1%	41	75,9%	33	67,3%	0,062
	2	32	80,0%	40	85,1%	28	68,3%	<0,001
	3	3	75,0%	3	100,0%	4	100,0%	0,089
Antikoagulation	1	86	36,3%	78	39,0%	13	26,0%	0,636
	2	39	38,2%	32	32,3%	12	27,9%	0,525
	3	0	0,0%	4	33,3%	2	50,0%	0,864
α1-Rezeptorantagonisten	1	198	85,0%	148	74,4%	43	84,3%	0,079
	2	87	86,1%	74	74,7%	38	88,4%	0,929
	3	13	92,9%	12	100,0%	4	100,0%	0,302
5α-Reduktasehemmer	1	106	44,7%	70	35,2%	23	45,1%	<0,001
	2	59	58,4%	54	54,5%	28	65,1%	0,107
	3	4	28,6%	6	50,0%	4	100,0%	0,879
Mittellappen	1	29	38,7%	26	46,4%	27	56,3%	<0,001
	2	23	40,4%	24	52,2%	29	72,5%	0,018
	3	1	9,1%	4	66,7%	3	75,0%	0,152
Harnverhalt, präoperativ	1	15	23,8%	4	9,5%	7	24,1%	0,003
	2	12	25,5%	16	39,0%	11	36,7%	0,001
	3	3	33,3%	4	66,7%	2	50,0%	0,795
Katheterisierung, präoperativ	1	64	29,6%	58	29,9%	7	16,7%	0,101
	2	30	33,0%	32	33,7%	4	10,5%	0,13
	3	4	50,0%	4	40,0%	0	0,0%	0,615

PSA = Prostataspezifisches Antigen; IPSS = International Prostate Symptom Score; QoL = Quality of Life; Qmax = maximaler Harnfluss; IQA = Interquartilsabstand

Das mediane Patientenalter der Gesamtkohorte betrug zum Zeitpunkt der Operation 70 Jahre (IQA 64-77). Das mediane Prostatavolumen lag bei 64 ml (IQA 47-90) und einem medianen PSA - Wert von 3,27 ng/dl (IQA 1,76-5,88). Im zeitlichen Verlauf von 2011 bis

2019 zeigt sich ein signifikanter Anstieg des Prostatavolumens um 0,71 ml pro Jahr ($p < 0,02$), sowie die signifikante Zunahme an Patienten mit Prostatamittellappen von 2011 36,2% zu 2019 auf 64% ($p < 0,001$). In der Subgruppenanalyse nach Prostatavolumengruppen stellt sich in PV1 ein medianes Prostatavolumen von 55 ml, in PV2 von 100 ml und in PV3 von 180 ml dar. Das größte gemessene Prostatavolumen lag in der Kohorte bei 330 ml. Zudem zeigt sich ein signifikanter Anstieg an Patienten mit größeren Prostataadenomen >80 ml. Hier lag der Anteil im Jahr 2011 von PV2 bei 28,7% und PV3 von 3% mit einem Anstieg im Jahr 2019 auf 43,6% und 4%. Innerhalb von PV3 zeigt sich eine signifikante Reduktion des Prostatavolumens ($p = 0,021$), bei signifikantem Anstieg des Vorhandenseins eines Mittellappens in den Gruppen PV1 und PV2 ($p < 0,001$ und $p = 0,018$).

Der durchschnittliche präoperative Q_{\max} lag im Median bei 6 ml/s (IQA 4-8).

Präoperativ konnten im Median Restharmengen von 120 ml (IQA 30-273) nachgewiesen werden. Zwischen 2011 und 2019 sank das präoperativ gemessene Restharnvolumen signifikant ($p < 0,001$), bei jedoch gleichzeitigem signifikantem Anstieg an Patienten mit einem präoperativ stattgehabten Harnverhalt ($p < 0,001$). In der Subgruppenanalyse spiegelt sich dies insbesondere in PV1 und PV2 wider. Der mediane IPSS - QoL-Score betrug 23+4 (IQA 19-27+3-5), wobei zwischen 2011 und 2019 der Quality of Life - Score einen signifikanten Rückgang in der untersuchten Patientenkohorte vorwies ($p < 0,001$).

Im Median nahmen 60,6% der Patienten täglich Medikamente für u.a. Blutdruck und Diabetes ein. 35% der Patienten waren präoperativ antikoaguliert und 79,9% substituierten alpha – 1 - Adrenorezeptor-Antagonisten wie Tamsulosin und 42,6% 5 – alpha – Reduktase – Inhibitoren wie Finasterid. Der Anteil an Patienten unter täglicher Hausmedikation lag im Jahr 2011 bei 52,8% und stieg bis 2019 signifikant auf 66% ($p < 0,001$). Es bestätigt sich jedoch kein Trend in der Einnahme von oraler Antikoagulation oder Alpha1-Antagonisten. Die Einnahme von alpha – 1 - Adrenorezeptor-Antagonisten zeigt sich im zeitlichen Verlauf dagegen signifikant regredient ($p = 0,012$). Die Einnahme von allgemeiner Hausmedikation stieg in der Gruppe PV2 signifikant an ($p < 0,001$), wobei die Gabe von 5 – Alpha – Reduktase - Inhibitoren in PV1 signifikant abnahm ($p < 0,001$).

73,2% der Patienten waren gesund bzw. litten unter leichten Allgemeinerkrankungen (ASA – Klassifikation 1 und 2). Der Anteil der Patienten, welche bereits präoperativ mittels Dauerkatheter versorgt war, lag bei 27,7%.

3.2 Perioperative Ergebnisse

In der Analyse der perioperativen Daten lässt sich ein signifikanter Anstieg der Operationszeit OZ ($p < 0,001$), sowie der Laserzeit LZ ($p < 0,001$) darstellen. Im Median lag die OZ bei 60 min (IQA 45-83) und stieg von 2011 mit 55 min (IQA 39,5-79,5) auf 64 min (IQA 48-80) im Jahr 2019. Die LZ lag im Median zwischen 2011 und 2019 bei 33 min (IQA 23-46). Eine detaillierte Auflistung der perioperativen Ergebnisse sind in **Tabelle 3** dargestellt.

Tabelle 3:

Peri- und postoperative Ergebnisse zwischen 2011 bis 2019						
	Gesamt		2011		2012	
n= max. 3441	Median/ n (IQA/ %)					
OZ, min	60 (45-83)	55	39,5-79,5	60	43-82	
LZ, min	33 (23-46)	27	19-40	28	19-42	
LZ pro OZ, min/min	0,56 (0,45-0,69)	0,53	0,44-0,61	0,51	0,41-0,62	
LZ pro Prostata Volumen, min/ml	0,5 (0,38-0,66)	0,40	0,29-0,55	0,46	0,35-0,61	
verbrauchte Energie, kJ	253 (170-375)	221,67	128,69-345,50	241,64	158,07-368	
Energiedichte, kJ/ml	3,94 (2,94-5,02)	3,20	2,19-4,25	3,77	2,93-5,12	
verbrauchte Energie pro LT, kJ/min	8,45 (6,72-9,44)	8,06	6,42-9,09	8,61	7,43-9,27	
verwendete Laserfasern	1 (1-1)	1	1-1	1	1-1	
stationäre Verweildauer, Tage	2 (1-3)	1	1-2	1	1-3	
Verweildauer DK, Tage	1 (1-2)	1	1-2	1	1-2	
postoperatives RH, ml	30 (0-75)	49	0-100	35	0-80	
Transfusionsrate, perioperativ	18 (0,7%)	3	2,0%	1	0,4%	
Komplikationsrate, perioperativ	123 (12%)	24	16,0%	38	22,6%	
Rekatheterisierung, postoperativ	161 (5,9%)	4	2,6%	17	6,7%	

	2013		2014		2015	
n= max. 3441	Median/ n (IQA/ %)					
OZ, min	60	48-81,5	60	45-80	60	48-80
LZ, min	33	23-45	29	22-41	32	21,77-44
LZ pro OZ, min/min	0,56	0,47-0,67	0,51	0,42-0,64	0,54	0,42-0,67
LZ pro Prostata Volumen, min/ml	0,50	0,37-0,64	0,48	0,37-0,6	0,49	0,38-0,62
verbrauchte Energie, kJ	275,73	183,25-397,95	249,50	176-370,65	262,59	180-389
Energiedichte, kJ/ml	4,2	3,24-5,49	3,94	2,94-4,86	4,10	3,2-5,32
verbrauchte Energie pro LZ, kJ/min	8,8	7,83-9,56	8,55	7,53-9,63	8,83	7,66-9,67

verwendete Laserfasern	1	1-1	1	1-1	1	1-1
stationäre Verweildauer, Tage	1	1-2	2	1-3	2	1-2
Verweildauer DK, Tage	1	1-2	1	1-2	1	1-2
postoperatives RH, ml	27	0-60	20	0-67	5	0-57,5
Transfusionsrate, perioperativ	3	1,1%	7	1,8%	3	0,6%
Komplikationsrate, perioperativ	16	11,3%	16	8,9%	8	10,3%
Rekatheterisierung, postoperativ	10	3,7%	26	6,1%	37	7,0%

	2016		2017		2018	
n= max. 3441	Median/ n	IQA/ %	Median/ n	IQA/ %	Median/ n	IQA/ %
OZ, min	60	45-83	65	50-87	70	52-92
LZ, min	31	22-45	41	28-59	45	31-68
LZ pro OZ, min/min	0,57	0,44-0,70	0,65	0,52-0,78	0,69	0,52-0,87
LZ pro Prostata Volumen, min/ml	0,50	0,38-0,65	0,58	0,45-0,8	0,63	0,48-0,9
verbrauchte Energie, kJ	245,62	166,12-364,63	257,98	167,26-355	275,14	179-393,16
Energiedichte, kJ/ml	3,98	2,95-5,06	3,93	2,86-4,8	4,06	2,89-5,13
verbrauchte Energie pro LZ, kJ/min	8,59	7,2-9,54	7,09	4,36-9,06	5,90	4,13-8,38
verwendete Laserfasern	1	1-1	1	1-1	1	1-1
stationäre Verweildauer, Tage	2	1-3	2	1-3	2	1-3
Verweildauer DK, Tage	2	1-2	1	1-2	1	1-2
Postoperatives RH, ml	20	0-70	30	0-75	29	0-120
Transfusionsrate, perioperativ	1	0,2%	0	0,0%	0	0,0%
Komplikationsrate, perioperativ	7	9,7%	4	4,8%	4	4,6%
Rekatheterisierung, postoperativ	34	5,9%	26	7,6%	5	3,5%

	2019		
n= max. 3441	Median/ n	IQA/ %	p-Wert
OZ, min	64	48-80	<0,001
LZ, min	35	28-46	<0,001
LZ pro OZ, min/min	0,53	0,48-0,63	<0,001
LZ pro Prostata Volumen, min/ml	0,49	0,36-0,62	<0,001
verbrauchte Energie, kJ	279,06	163-377,5	0,038
Energiedichte, kJ/ml	3,40	2,31-4,57	0,314
verbrauchte Energie pro LZ, kJ/min	8,34	6,95-9,37	<0,001
verwendete Laserfasern	1	1-1	0,004
stationäre Verweildauer, Tage	1	0-1	0,553
Verweildauer DK, Tage	1	1-1	0,956
Postoperatives RH, ml	50	20-98	0,116
Transfusionsrate, perioperativ	0	0,0%	0,007
Komplikationsrate, perioperativ	6	9,4%	<0,001
Rekatheterisierung, postoperativ	2	3,1%	0,433

OZ = Operationszeit; LZ = effektive Laserzeit; Energiedichte = verbrauchte Energie pro Prostata Volumen; IQA = Interquartilsabstand; DK = Dauerkatheter; RH = Restharnvolumen

Die Subgruppenanalyse des Prostatavolumens demonstriert einen signifikanten Anstieg der OZ in der Gruppe PV2 ($p = 0,021$) während die LZ einen signifikanten Anstieg in PV1-3 zeigt (PV1 und PV2 $p < 0,001$, PV3 $p = 0,011$). Obwohl die Prostataadenome in PV3 signifikant größer waren (bis zu 330 ml), stieg die LZ hier um nur ca. 3 Minuten pro Jahr ($p = 0,011$), während die LZ in PV1 ($p < 0,001$) und PV2 ($p < 0,001$) um ca. 2 Minuten pro Jahr anstieg.

Die eingesetzte Energie pro Operation lag im Median bei 253 kJ (IQA 170-375) und beschreibt einen signifikanten Anstieg zwischen 2011 und 2019 ($p = 0,038$). In der Subgruppenanalyse spiegelt sich dieser signifikante Anstieg jedoch nicht mehr wider. Die Energiedichte lag im Median bei 3,94kJ/ml (IQA 2,94-5,02) und lässt keine signifikante Veränderung im Beobachtungszeitraum erkennen.

Das Verhältnis zwischen LZ / OZ blieb für PV1-3 hocheffizient über 50%. Es wurde zwischen 2011 und 2019 für PV1 ($p < 0,001$) und PV2 ($p < 0,001$) auf über 60% in den Jahren 2017 und 2018 gesteigert. Bei 75,6% der Patienten wurde in der Operation eine Laserfaser benutzt.

Die LZ pro Prostatavolumen lag im Median bei 0,5 min/ml (IQA 0,38-0,66) und stieg zwischen 2011 und 2019 signifikant um 0,025 min/ml ($p < 0,001$) pro Jahr an. Der Anstieg lässt sich in allen Prostatavolumengruppen erkennen und liegt in PV1 am höchsten. Darüber hinaus lässt sich zwischen 2011 und 2019 eine stetige Abnahme der eingesetzten Laserenergie pro LZ (Median 8,45 kJ/min, IQR 6,72-9,44) nachweisen ($p < 0,001$). Im Detail gab es einen signifikanten Rückgang in allen Prostatavolumengruppen um etwa 0,3 kJ/min pro Jahr, wie in **Abbildung 1e** dargestellt.

Die häufigste perioperative Komplikation war die Konversion auf eine TUR - P. Insgesamt sanken die perioperativen Komplikationen signifikant von 16% ($n = 24$) im Jahr 2011 auf 9,4% ($n = 6$) in 2019 ($p < 0,001$), wie in **Abbildung 2g** dargestellt. Die signifikante Abnahme zeigt sich in PV1 und PV2 aber nicht in PV3. Ebenso sanken die perioperativen Transfusionen von 2% im Jahr 2011 auf 0% im Jahr 2019 ($p = 0,007$). Die signifikante Reduktion zeigt sich in der Subgruppenanalyse in PV1 ($p = 0,033$).

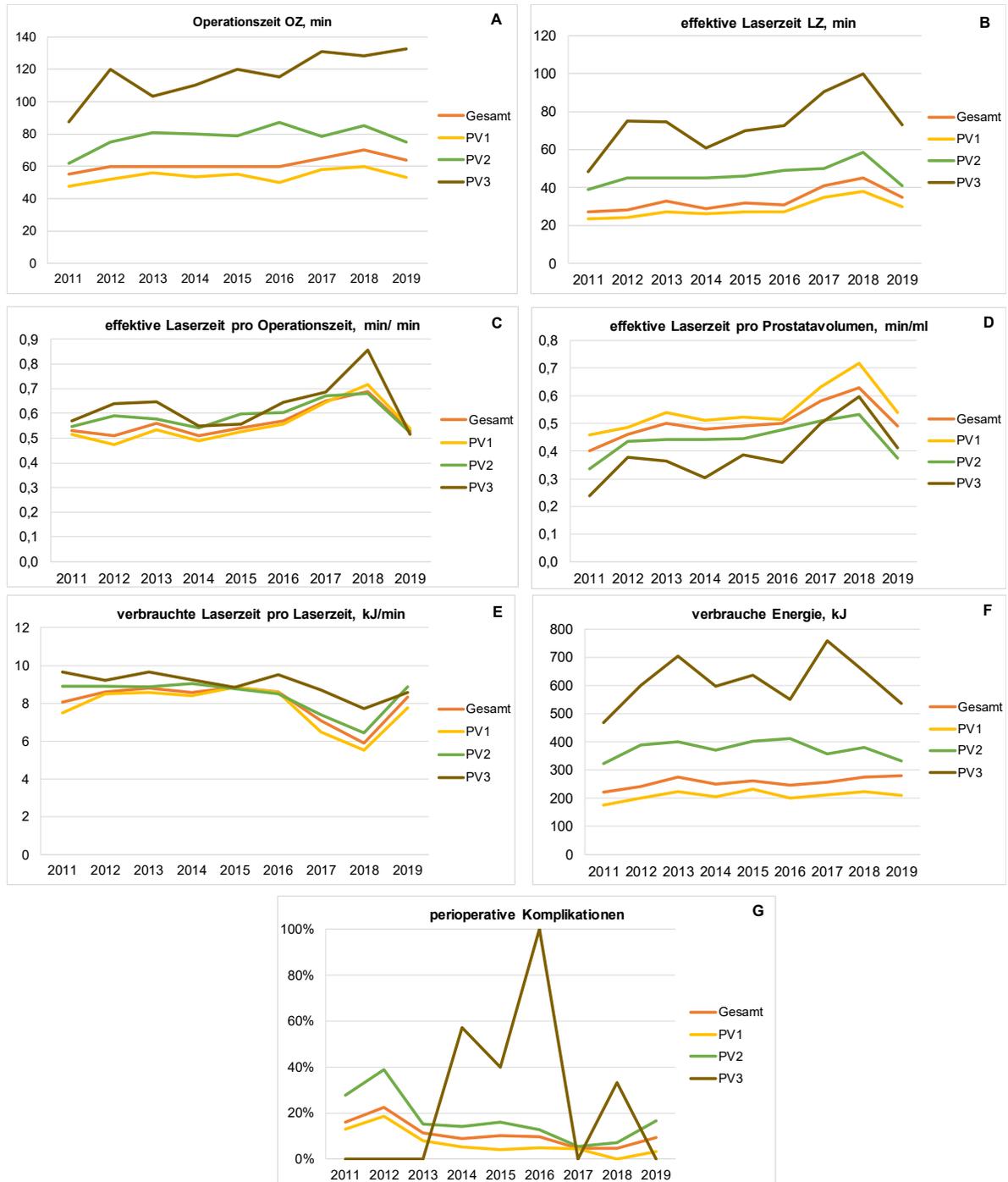


Abbildung 1: Signifikante Entwicklung der perioperativen Parameter zwischen 2011 und 2019 in Korrelation zur Prostata volumengruppe 1-3, a OZ; b LZ; c LZ pro OZ; d LZ pro Prostata Volumen; e Energie pro LZ; f verbrauchte Energie; g perioperative Komplikationen, Quellenangabe: Originalpublikation Lichy et al., Fig. 2, World J Urol. 2022

3.3 Postoperative Ergebnisse

Die Dauer des Krankenhausaufenthalts betrug über den Zeitraum der Datenerhebung konstant zwei Tage (IQA 1-3, $p = 0,553$) bei einer postoperativen medianen Katheterverweildauer von einem Tag (IQA 1-2). Hierbei konnte eine signifikante Verkürzung in PV3 ($p = 0,043$) zwischen 2011 und 2019 nachgewiesen werden. Die Notwendigkeit einer Katheter - Wiedereinlage blieb über die Jahre hinweg konstant bei 5,9% ($p = 0,433$).

Der präoperativ gemessene IPSS - QoL-Score (Median 23/4, IQR 19-27/3-5) wies postoperativ bereits nach drei Monaten eine signifikante Besserung der LUTS (Median 6/1, IQR 4-9+1-2, $p > 0,001$) auf. Der Score blieb sowohl nach sechs (Median 5/1, IQR 4-9/0-1) als auch nach zwölf Monaten (Median 4/1; IQR 2-7/0-1) stabil. Im untersuchten Zeitraum zeigte die QoL nach zwölf Monaten eine signifikante Reduktion von 1 auf 0 ($p = 0,005$).

Tabelle 4:

Postoperative Baseline-Ergebnisse in Korrelation zu Operationsjahren 2011 bis 2019										
	Gesamt		2011		2012		2013		2014	
	Median (IQA)		Median	IQA	Median	IQA	Median	IQA	Median	IQA
IPSS nach 3 Mo.	6 (4-9)		8	5-12	6	4-9	6	4-8	6	4-9
IPSS nach 6 Mo.	5 (4-9)		5	3-8	5	3,5-7	5	4-8	5	4-9
IPSS nach 12 Mo.	4 (2-7)		5	3-7	4	2-6	3	2-6	5	3-8
QoL nach 3 Mo.	1 (1-2)		2	1-2	1	1-2	1	0-2	1	0-2
QoL nach 6 Mo.	1 (0-1)		1	0-1	1	0-1	1	0-1,5	1	0-1
QoL nach 12 Mo.	1 (0-1)		1	0-1	1	0-1	1	0-2	1	0-2
Qmax nach 3 Mo.	20 (16-22)		19	16-23	21	17-22	20,35	18-22	20	16-22
Qmax nach 6 Mo.	19 (15-22)		19	15-22	20	16-22	19	15,4-22	18	14-22
Qmax nach 12 Mo.	19 (15-22)		20	18-24	19	15-22	18,8	15-22	17,5	13-22,75
RH nach 3 Mo.	18 (2-55)		12	0-33	15	5-49	22	10-52	20	0-90
RH nach 6 Mo.	15 (0-38)		15	0-40	14,5	4-36	22	2-47	16	0-48
RH nach 12 Mo.	15 (0-40)		10	0-33	10	0-21	20	0-50	19	0-50

	2015		2016		2017		2018		2019		p-Wert
	Median	IQA	Median	IQA	Median	IQA	Median	IQA	Median	IQR	
IPSS nach 3 Mo.	7	4-9	6	4-9	6	4-9	6	4-8	7	4,5-9	0,662
IPSS nach 6 Mo.	7	4-10	6	4-9	4	3-6	5	3-7	5	5-6	0,828
IPSS nach 12 Mo.	4	2-8	5	3-7	3	2-6	4	2-5	0		0,271
QoL nach 3 Mo.	1	0-2	1	1-2	1	0-2	1	1-2,5	1	0-2	0,992
QoL nach 6 Mo.	1	0-1	1	0-2	1	0-1	1	1-2	1	0-1	0,897
QoL nach 12 Mo.	0	0-1	1	0-1	0	0-1	0	0-1	0	0-0	0,005

Qmax nach 3 Mo.	19	16-24	19	16-23	19	17-21	18	16-22	20	15-22	0,808
Qmax nach 6 Mo.	18	14-22	18	15-22	19	16-22,1	19	16-22	18	17-21	0,423
Qmax nach 12 Mo.	18	15-22	18	15-22	19,6	16-23	20	17-24	0		0,543
RH nach 3 Mo.	20	0-53	13	0-40	15	0-50	33	15-68	39	0-67	0,699
RH nach 6 Mo.	10	0-35	10	0-30	10	0-30	18	0-35	0	0-30	0,324
RH nach 12 Mo.	10	0-40	20	0-41	20	0-47	20	5-30	20	20-20	0,664

IPSS = International Prostate Symptom Score; QoL = Quality of Life; Qmax = maximaler Harnstrahl;
RH = Restharnvolumen; IQA = Interquartilsabstand; Mo. = Monaten

Das mediane präoperative Restharnvolumen von 120 ml (IQA 30–273) reduzierte sich auf 30 ml (IQA 0–75, $p < 0,001$) postoperativ. Hier ließ sich keine Veränderung über den Untersuchungszeitraum hinweg nachweisen. Auch die Ergebnisse im Follow - up Zeitraum bis zu zwölf Monate nach der Operation blieben stabil. Der mediane Q_{max} verbesserte sich von präoperativ 6 ml/s (IQA 4-8) zu drei Monate postoperativ auf 20 ml/s (IQA 16-22, $p < 0,001$). Das Ergebnis blieb nach sechs und zwölf Monaten postoperativ sowie zwischen den Jahren 2011 und 2019 konstant.

3.4 Postoperative Komplikationen

Es zeigte sich eine signifikante Reduktion der frühen postoperativen Komplikationen (innerhalb der ersten 30 Tage) $n = 106$ (48,8 %, 2011) auf $n = 20$ (24,7 %, 2019) ($p < 0,001$). Die Subgruppenanalyse beschrieb eine signifikante Abnahme in PV2 ($p < 0,001$).

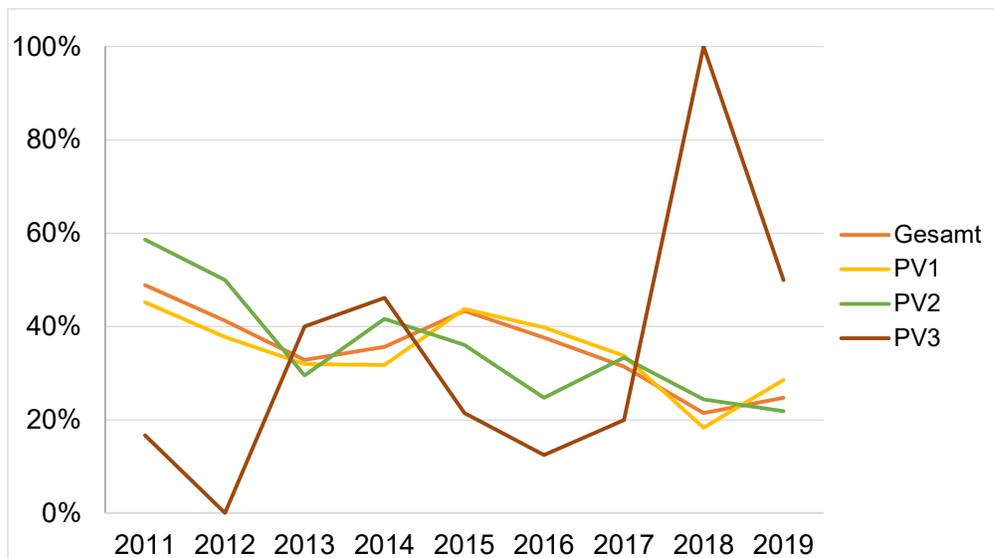


Abbildung 2: Frühe postoperative Komplikationen (< 30 Tage) zwischen 2011 und 2019 in Korrelation zur Prostata volumengruppe PV 1-3, Quellenangabe: Originalpublikation Lichy et al., Fig. 3, World J Urol. 2022

Persistierende Miktionsbeschwerden im Rahmen der LUTS wurden als häufigste geringgradige Komplikation (Clavien - Dindo Grad I) aufgeführt und sank von 25 % (n = 37) im Jahr 2011 auf 8,8 % (n = 7) im Jahr 2019 signifikant ($p < 0,001$), wie in **Abbildung 3** dargestellt ist. Darüber hinaus nahmen auch postoperative Hämaturie (14,2 % bis 5 %, $p = 0,001$) und Harnverhalte (6,1 % bis 0 %, $p = 0,035$) signifikant ab. In den Subgruppenanalysen PV1-3 verzeichneten die oben genannten Komplikationen keine Veränderungen zwischen 2011 und 2019.

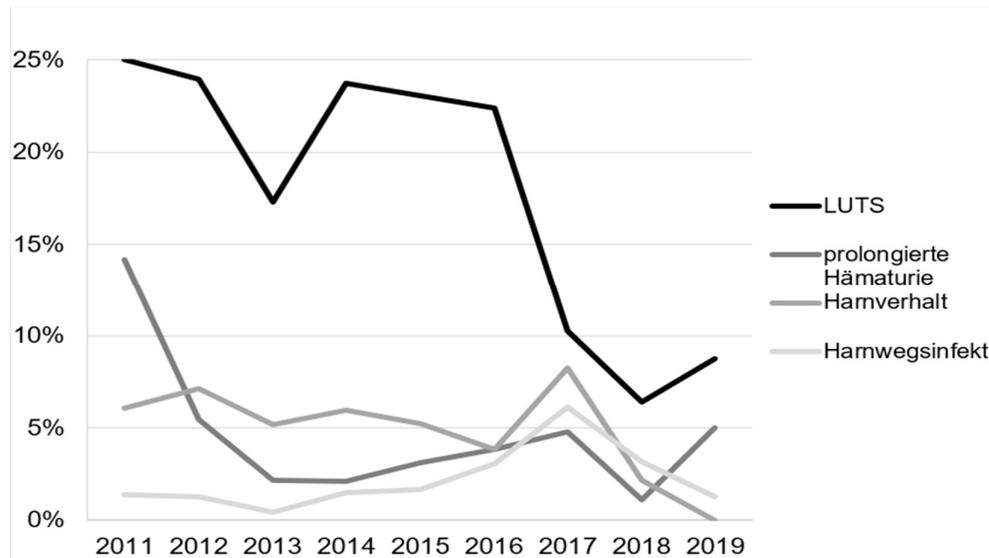


Abbildung 3: Signifikante Beispiele für frühe postoperative Komplikationen (<30 Tage) zwischen 2011 und 2019

Höher - gradige Komplikationen (Clavien - Dindo Grad >3) wie Schlaganfälle, Herzischämien oder Angina pectoris traten zwischen 2011 und 2019 bei insgesamt 12 Patienten auf.

Tabelle 5:

Postoperative Komplikationen (< 30 Tage) in Korrelation zu den Operationsjahren zwischen 2011 und 2019

	Clavien-Dindo	2011		2012		2013		2014		2015	
		n	%	n	%	n	%	n	%	n	%
postoperative Komplikationen (>30d)		106	48,8%	127	41,2%	98	32,9%	158	35,6%	188	43,3%
Fieber	I	4	5,0%	6	4,1%	5	3,6%	13	5,2%	12	3,4%
LUTS	I	37	25,0%	57	23,9%	40	17,3%	80	23,7%	97	23,0%
Drangbeschwerden	I	1	1,3%	0	0,0%	0	0,0%	2	2,7%	0	0,0%
Inkontinenz	I	7	4,7%	13	5,5%	3	1,3%	9	2,7%	51	12,1%
prolongierte Hämaturie	I	21	14,2%	13	5,5%	5	2,2%	7	2,1%	13	3,1%
Harnverhalt	I	9	6,1%	17	7,1%	12	5,2%	20	5,9%	22	5,2%
Harnwegsinfekt	I	2	1,4%	3	1,3%	1	0,4%	5	1,5%	7	1,7%

Paraphimose	I	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	1	1,5%
Urosepsis	II	0	0,0%	0	0,0%	1	1,4%	0	0,0%	0	0,0%
Osteitis pubis	II	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%
Transfusion	II	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	2	0,8%	5	1,4%
Perforation der Prostatakapsel	IIIa	0	0,0%	1	0,7%	0	0,0%	1	0,4%	1	0,3%
Harnröhrenstriktur/ Meatusenge	IIIb	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%
leichte kardiale Komplikation	IVA	1	1,3%	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	1	0,3%
schwere kardiale Komplikation	IVb	0	0,0%	1	0,7%	2	1,4%	0	0,0%	4	1,1%
Akutes Lungenversagen	IVb	0	0,0%	1	0,7%	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%
Tod	V	1	1,3%	0	0,0%	0	0,0%	1	0,4%	0	0,0%

	Clavien-Dindo	2016		2017		2018		2019		p-Wert
		n	%	n	%	n	%	n	%	
postoperative Komplikationen (>30d)		149	37,6%	53	31,4%	24	21,4%	20	24,7%	<0,001
Fieber	I	19	5,6%	2	1,9%	1	1,6%	1	3,1%	0,513
LUTS	I	88	22,4%	15	10,3%	6	6,4%	7	8,8%	<0,001
Drangbeschwerden	I	0	0,0%	2	3,4%	1	1,9%	1	3,1%	0,163
Inkontinenz	I	22	5,6%	10	6,8%	3	3,2%	0	0,0%	0,476
prolongierte Hämaturie	I	15	3,8%	7	4,8%	1	1,1%	4	5,0%	0,002
Harnverhalt	I	15	3,8%	12	8,2%	2	2,1%	0	0,0%	0,036
Harnwegsinfekt	I	12	3,1%	9	6,1%	3	3,2%	1	1,3%	0,007
Paraphimose	I	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	0,815
Urosepsis	II	0	0,0%	1	1,7%	1	1,9%	1	3,1%	0,054
Osteitis pubis	II	0	0,0%	0	0,0%	1	1,9%	0	0,0%	0,116
Transfusion	II	11	3,2%	2	1,9%	1	1,6%	0	0,0%	0,009
Perforation der Prostatakapsel	IIIa	2	0,6%	2	1,9%	1	1,6%	0	0,0%	0,157
Harnröhrenstriktur/ Meatusenge	IIIb	1	0,3%	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	0,478
leichte kardiale Komplikation	IVA	4	1,2%	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	0,708
schwere kardiale Komplikation	IVb	2	0,6%	2	1,9%	0	0,0%	1	3,1%	0,313
Akutes Lungenversagen	IVb	1	0,3%	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	0,582
Tod	V	1	0,3%	1	1,0%	0	0,0%	0	0,0%	0,811

LUTS = lower urinary tract symptoms; leichte kardiale Komplikationen = z.B. Arrhythmien;
schwere kardiale Komplikationen = z.B. Angina pectoris, Myokardinfarkt, TIA, Stroke, TIA, Stroke, TVT,
Lungenembolie, Herzinsuffizienz; d = Tage

4 Diskussion

4.1 Zusammenfassung der Hauptergebnisse

Die vorliegende Global Greenlight Group - Datenbankanalyse zielt darauf ab, den intraoperativen Fortschritt und die daraus resultierenden postoperativen Ergebnisse und Komplikationen der photoselektiven Vaporisation der Prostata mit dem GreenLight - XPS 180-Watt-System (GL - XPS) in der größten bisher dokumentierten internationalen Kohorte von mehr als 3400 Patienten im zeitlichen Verlauf zu bewerten.

Es erfolgte die Auswertung von 3441 Patienten aus sieben globalen Zentren mit hohen Greenlight – Operationszahlen, behandelt durch acht Chirurgen mit langjähriger fachlicher Expertise. Unsere Analyse ergab im zeitlichen Verlauf von 2011 bis 2019 eine konstant hohe Effektivität und Effizienz bei signifikanter Reduktion der peri- und postoperativen Komplikationen in der Anwendung der Greenlight - Laservaporisation.

Im Detail zeigte sich ein statistisch signifikanter Anstieg der Operations- und Laserzeit, bei gleichzeitig stabiler Effizienz mit einer angewendeten Energiedichte von >3 kJ/ml. Dies bestätigte sich auch in der Subgruppenanalyse für Patienten mit hohem Prostatavolumen (>80 ml, PV2 und PV3).

Die frühen postoperativen Komplikationen (innerhalb der ersten 30 Tage) reduzierten sich im zeitlichen Verlauf zwischen 2011 und 2019 signifikant. Die Subgruppenanalyse beschrieb eine signifikante Abnahme in PV2 (80-150 ml). Vor allem konnten postoperative Komplikationen wie „lower urinary tract symptoms“ (LUTS), Harnverhalte und peri- sowie postoperative Transfusionen reduziert werden.

4.2 Präoperative Patientendaten

Das BPS ist wie bereits erwähnt eine Erkrankung der männlichen Bevölkerung, welches mit fortschreitendem Alter der Patienten einhergeht. Dies spiegelt sich auch im medianen Patientenalter von 70 Jahren wider. Der medianen PSA - Wert lag bei 3,27 ng/dl, der mediane Q_{max} bei 6 ml/s und das Restharnvolumen lag im Median bei 120 ml. Hier liegt unsere analysierte Kohorte im Mittel zwischen anderen vergleichbaren internationalen multizentrischen Studien (16-18). Das mediane Prostatavolumen zum Behandlungszeitpunkt lag bei 64 ml. Hier lag das durchschnittliche Prostatavolumen in der 2014 veröffentlichten GOLIATH-Studie bei nur 48 ml. Dies wiederum lässt einen

möglichen Rückschluss darauf zu, dass der GL - XPS zuletzt bei steigender Expertise auch bei komplexeren Patienten mit jedoch unverändertem Alter zur Anwendung gekommen ist. So lässt sich auch der signifikante Anstieg des Prostatavolumens im untersuchten Zeitraum zwischen 2011 und 2019 erklären. Hierbei lag die größte gemessene Vorsteherdrüse bei 330 ml. Kongruent dazu steigt sich Anzahl an Patienten mit einem vorhandenen Mittellappen unabhängig vom Prostatavolumen signifikant an.

4.3 Perioperative Ergebnisse

In der Analyse unserer intraoperativen Parameter ergab sich eine mediane Operationszeit von 60 min und eine mediane Laserzeit von 30 min unabhängig von der Prostatagröße und des Operationsjahres. Damit sind unsere Daten vergleichbar mit denen der multizentrischen GOLIATH - Studie. Hier zeigte sich eine Operationszeit von 49,6 min (Mittelwert; SD 21,8) und eine Laserzeit von 44,5 min (Mittelwert, SD 21,5) (12). Unsere Daten lassen eine längere Operations-, bei jedoch gleichzeitig deutlich niedrigerer Laserzeit erkennen. Im Detail lag unsere mediane Laserzeit in der Subgruppenanalyse je nach Prostatavolumengruppe effizient zwischen 27 min (PV1, IQA 20-38) bzw. 75 min für Prostatadrüsen bis 330 ml (PV3, IQA 54-96). Hier gelang uns eine detailliertere Aufschlüsselung als in vielen bisherigen Studien.

Im Überblick ergibt sich in unserer Auswertung eine steigende Laser- wie auch Operationszeit zwischen 2011 und 2019 sowohl unabhängig vom Prostatavolumen als auch in der Subgruppenanalyse nach Prostatavolumen. Insgesamt kann wiederum eine signifikante Steigerung der Effizienz in der Laserbehandlung, gemessen am Anstieg des Laser-/ Operationszeit-Verhältnisses, nachgewiesen werden. Die Effizienz konnte unabhängig von den Prostatavolumengruppen (PV1-3) von zu Beginn bei ca. >50% liegend auf bis zu mehr als 60% gesteigert werden. Dies lässt sich vor allem in den Gruppen PV1 und PV2 erkennen. Interessanterweise findet sich in PV3 kein signifikanter Anstieg des Quotienten wieder. Hier lag der Wert jedoch bereits 2011 hocheffizient bei >60% und ist als Zeichen der hohen Expertise der Operateure zu erklären. Unsere Ergebnisse stimmen hier mit mehreren zuvor veröffentlichten Daten überein, welche aufzeigen, dass es bei Vergrößerung des zu behandelnden Prostatavolumens auch zu einem Anstieg der Operations- und Laserzeit kommt, sich jedoch kein exponentielles Zeitwachstum nachweisen lässt (19, 20). Darüber hinaus bestätigt sich die hohe Qualität der durchgeführten Operationen in dem signifikant steigenden Energieverbrauch >200 kJ

bei einer konstant hohen Energiedichte von ca. 4 kJ/ml (18, 21). Eine Energiedichte von >3 kJ/ml gilt als effizient durchgeführte operative Desobstruktion mit dem Grünlicht-Laser (22).

In unserer Patientenpopulation lässt sich ein signifikanter Anstieg in der Einnahme von jeglichen Medikamenten (u.a. für Diabetes mellitus Typ II oder arterielle Hypertonie), sowie ein Anstieg der Patienten mit einer ASA - Risikoklassifikation von 3 (im Jahr 2011 bei 23,6% auf 2019 27%, ohne Signifikanz) erkennen. Dies erlaubt einen Rückschluss auf die vermehrte Anwendung der Greenlight - Laservaporisation bei multimorbiden Patienten.

4.4 Postoperative Ergebnisse und Komplikationen

Die direkten postoperativen Daten unserer Kohorte stimmen mit denen multizentrischer Studien überein. Eine Krankenhausverweildauer von zwei Tagen, eine hohe Symptomreduktion gemessen am IPSS - QoL von 6/1, sowie ein suffizienter postoperativer Harnstrahl mit einem $Q_{\max} > 18$ ml/s und eine mediane Katheterliegedauer von einem Tag blieben zwischen 2011 und 2019 konstant. Es ließ sich kein Unterschied innerhalb der verschiedenen Gruppen kategorisiert nach dem Prostatavolumen erkennen (17, 23). Auch unabhängig vom Prostatavolumen konnte anhand kleinerer Kohorten bereits die Reduktion an perioperativen Komplikationen im zeitlichen Verlauf demonstriert werden (17, 27). Die häufigste perioperative Komplikation in unserer untersuchten Gruppe war die Konversion auf eine transurethrale Resektion der Prostata. Der Anteil an perioperativen Komplikationen lag 2011 insgesamt noch bei 16% und konnte bis 2019 auf 9,4% reduziert werden. Hiermit zeigen unsere Daten im Vergleich zu anderen Veröffentlichungen ähnliche bzw. etwas schlechtere Ergebnisse (28-30). Die höhere Rate an postoperativen Komplikationen lässt sich durch das im Vergleich höhere mediane Prostatavolumen unserer Patientenkohorte erklären.

Die Notwendigkeit von intraoperativen Transfusionen sank im Lauf der Jahre signifikant ($p = 0,004$) auf 0% ab. Vergleicht man diese Ergebnisse mit denen anderer Studien, insbesondere für Prostatavolumina > 100ml, zeigen sich in anderen Studien höhere intraoperative Transfusionsraten (19).

Die postoperativen Komplikationen konnten zwischen 2011 und 2019 auf nahezu die Hälfte reduziert werden. Im Detail zeigt sich ein signifikanter Rückgang der „lower urinary tract symptoms“, Hämaturien und postoperativen Harnverhalte. Andere Grad I Komplikationen nach Clavien - Dindo wie zum Beispiel Inkontinenz blieben unverändert auf einem niedrigen Niveau. Hiermit liegen unsere Ergebnisse teilweise noch unter denen vergleichbarer Studien zum Nachweis der Sicherheit der PVP u.a. publiziert durch Meskawi et al. (24). In der GOLIATH – Studie lagen die aufgelisteten postoperativen Komplikationen höher als in unserer Analyse. Unter anderem zeigte sich 2011/ 2012 bei Bachmann et al. bei 6,6% der Patienten eine postoperative Hämaturie, wobei die Ergebnisse in der Kohorte der Global Greenlight Group bis 2019 auf 0% gesenkt werden konnten (12). Wobei ein direkter Vergleich aufgrund des unterschiedlichen Studiendesign nicht möglich ist. Höher - gradige Komplikationen (Clavien - Dindo Grad > 3) wie Kapselperforationen, Harnröhrenstrikturen oder Tod sind in allen Studien sehr selten und gelten als Einzelfälle in der Anwendung des Greenlight - Lasers.

Die genannten Resultate sind vor allem auf die hohe operative Kompetenz unserer Operateure zurückzuführen. Anhand der retrospektiven Datenauswertung zeichnet sich hier ein konstanter Fortschritt in der zeitlichen Anwendung des Operationsverfahrens ab. Bereits 2018 konnten wir an einer kleineren Kohorte an der Charité zeigen, dass innerhalb von fünf Jahren die Operations- und Laserzeit durch die zunehmende Expertise in der Anwendung des GL – XPS signifikant verbessert werden konnte (25). Dieses Potential lässt sich auch an weniger erfahrenen Chirurgen nachweisen (26).

Die Fortführung der Einnahme von Antikoagulantien (35%, n = 1176, p = 0,907) hatte einen geringen Einfluss auf höher gradige Komplikationen oder die Morbidität. Meskawi et al. publizierte 2018, dass die Einnahme von Antikoagulation mit Multimorbidität einhergeht, es sich hierbei jedoch nicht um einen Prädiktor für schwerwiegende Blutungsereignisse postoperativ handelt. In unserer Studie konnten die Ergebnisse an einer wesentlich größeren Patientenkohorte (n = 148 vs. n = 1176) bestätigt werden (24). Aufgrund des zunehmenden Patientenalters, sowie zunehmenden Multimorbidität der zu behandelnden Patienten spielt die Einnahme von Blutverdünnern in der Klinik eine immer größere Rolle. Die Daten zeigen, dass insbesondere die Greenlight – Laservaporisation der Prostata durch ihre physikalischen Eigenschaften einen wesentlichen Vorteil in Bezug auf Blutungskomplikationen in der Behandlung antikoagulierter Patienten hat. Eken et al.

schloss 2018 an 59 antikoagulierten Patienten im Vergleich zu 174 nicht – antikoagulierten Patienten einen signifikanten Anstieg der postoperativen Komplikationen aus bei vergleichbar gutem funktionellem postoperativem Ergebnis (13).

4.5 Prostatavolumen als Einflussfaktor

Aus unserer Datenanalyse geht hervor, dass der wichtigste prognostische Einflussfaktor für die Operations- und Laserzeit, sowie der daraus resultierenden Parameter inklusive der verbrauchten Energie, das präoperativ gemessene Prostatavolumen ist. In Anlehnung daran weist unsere Patientenpopulation im untersuchten Zeitraum wie bereits erwähnt eine signifikante Erhöhung des Prostatavolumens, sowie das vermehrte Auftreten eines Mittellappens auf. Dies kann als mögliche Erklärung für die signifikant „schlechter“ werdenden perioperativen Parameter wie Laser- und Operationszeit interpretiert werden.

Um den Einfluss des Prostatavolumens auf die peri- sowie postoperativen Ergebnisse und Komplikationen besser zu veranschaulichen, analysierten wir unsere Daten zusätzlich kategorisiert nach Prostatavolumengruppen (PV1-3). PV1 schließt Prostatae mit einem Volumen von 0-80 ml ein und symbolisiert so die in den Leitlinien empfohlene Prostatagröße für die Behandlung mit dem Greenlight - Laser (5, 14). In der PV2 sind die Prostatavolumina von 80 bis 150 ml zusammengefasst und in PV3 die bisher am wenigsten untersuchte Prostatavolumengruppe mit >150 ml. So soll eine detaillierte Aussage über die Sicherheit und Effektivität der Anwendung des GL – XPS bei Prostatavolumen >80 ml möglich werden.

Zusammenfassend kann die signifikante Zunahme der Prostatavolumen zwischen 2011 und 2019 als Zeichen des zunehmenden Vertrauens in die Greenlight - Laservaporisation sowie dessen steigende globale Anwendung in der Behandlung des BPS gewertet werden. Das Prostatavolumen als wichtigster Einflussfaktor führt trotz Anstieg zwischen 2011 und 2019 zu einer signifikanten Reduktion der peri- und postoperativen Komplikationen. Einerseits kann dies als Fortschritt in der Operationstechnik gewertet werden. Andererseits verdeutlicht sich so die kontinuierlich wachsende Expertise der Operateure im zeitlichen Verlauf bei konstant effizientem Operationsverlauf aber gleichzeitig erschwertem Patientenkontext durch Zunahme des Prostatavolumens und der Multimorbidität. Des Weiteren lässt sich mit der vorliegenden Analyse nachweisen,

dass auch Prostatavolumen von >80 ml mit einer durchschnittlichen Laserzeit von 47 min und gleichzeitig vergleichbar (zu PV1) niedrigen peri- und postoperativen Komplikationsraten effektiv und sicher mittels PVP behandelt werden können. Valdivieso et al. konnten bereits nachweisen, dass der Greenlight - XPS auch bei Männern mit sehr großen Prostatavolumina effektiv und sicher angewandt werden kann (18). Hier wurden jedoch nur 33 Patienten mit einem Prostatavolumen von mehr als 200 ml ausgewertet. In Gegenüberstellung dazu analysierten wir in unserer Studie 106 Patienten mit einem Prostatavolumen größer als 150 ml in PV3 mit jedoch vergleichbaren Daten bezüglich Sicherheit und Effizienz ergänzt um den globalen Kontext.

Perioperative Komplikationen nahmen im Untersuchungszeitraum signifikant ab ($p < 0,001$). Insbesondere zeigt sich in der Subgruppenanalyse eine signifikante Reduktion in PV2 ($p < 0,001$), gleichzeitig blieb die Rate an Komplikationen in PV3 im untersuchten Zeitraum auf einem niedrigen Niveau stabil. Stone et al. und Meskawi et al. bewiesen ebenfalls in vorangegangenen Studien die Sicherheit von GL - XPS für Drüsen mit einem Volumen von >100 ml (22, 28).

4.6 Einbettung der Ergebnisse in den bisherigen Forschungsstand

4.6.1 Global Greenlight Group Datenbank

Seit 2021 erfolgten bereits mehrere Veröffentlichungen aus der Global Greenlight Group - Datenbank. So wurde als erstes durch Law et. al. 2021 die sichere und effektive Anwendung des Grünlichtlasers an mehr als 3400 Patienten publiziert. In der untersuchten Patientenkohorte wurde im Langzeit-Follow-up von 5 Jahren eine Re-Interventionsrate von nur 1,5% ermittelt (29). In Gegenüberstellung mit anderen veröffentlichten Studien zeigten sich in der Global Greenlight Group jeweils geringere Re-Interventionsraten (17, 30).

Nguyen et. al. erweiterte die Datenanalyse um den Nachweis, dass das Vorhandensein eines Mittellappens keinen Einfluss auf den intra- und postoperativen Verlauf der Operation hat (31). Eine sichere und effiziente Behandlung von Hochrisiko-Patienten durch die PVP konnte unsere Arbeitsgruppe bereits 2022 nachweisen. Hierbei zeigte sich allerdings eine signifikante Erhöhung an stationären Nachbehandlungen innerhalb von 30 Tagen sowie eine signifikante Zunahme postoperativer Transfusionen. Das

Transfusionsrisiko lag auch in der Hochrisiko - Gruppe bei niedrigen 2,6% (27). Ein ähnlicher Effekt wurde 2023 auch in der Patientenkohorte von über 80-jährigen Männern bestätigt (32). Die Datenanalyse der Global Greenlight Group konnte zeigen, dass die präoperative Einnahme von 5 alpha – Reduktase - Inhibitoren keinen Einfluss auf die perioperativen Ergebnisse und die postoperative Funktion der Harnblasenentleerung hat (33). Corsi et. al. veröffentlichte, dass Patienten mit einem Prostatavolumen von mehr als 80 ml ohne signifikanten Anstieg an Transfusionen, Makrohämaturie oder Re - Hospitalisierung (innerhalb von 30 Tagen postoperativ) behandelt werden konnten (34).

Unsere Analyse erweiterte die bisherigen Datenauswertungen der Global Greenlight Group bezüglich der Effizienz und Effektivität in der Anwendung des Lasers in Bezug auf den Fortschritt der Operateure bzw. der Operationstechnik zwischen den Beobachtungsjahren 2011 und 2019, sowie deren Abhängigkeiten bezüglich des Prostatavolumens.

4.6.2 Vergleich mit der transurethralen Resektion der Prostata

Die transurethrale Resektion der Prostata gilt seit Jahrzehnten als Goldstandart in der Behandlung des BPS. Jedoch steigt hier die intraoperative Morbidität mit dem Prostatavolumen, dem Patientenalter und den kardiopulmonalen Begleiterkrankungen. Insbesondere die Risiken eines TUR - Syndroms oder von Blutungen bis hin zur Transfusionspflichtigkeit stehen im Vordergrund (35). Die modernen Laserverfahren ergaben bereits in mehreren Analysen, dass ihre Anwendung zu einer Senkung der postoperativen Katheterverweildauer, Krankenhausliegedauer und des Blutungsrisikos führen (36). Die größte bisher veröffentlichte europäische prospektive Studie zum Vergleich der Effektivität des Greenlight - Lasers mit der TUR - P erfolgte, wie bereits erwähnt 2014 durch Bachmann et. al. mit der GOLIATH - Studie und ihrer Follow - up Daten bis 48 Monate nach der Behandlung (12, 17, 37). Hier konnte in einer Nachbeobachtungszeit von 2 Jahren an 136 gelaserten Patienten im Vergleich zu 133 resezierten Patienten gezeigt werden, dass die Komplikationsrate auch auf Dauer signifikant niedriger in der Anwendung des Grünlicht-Lasers liegt.

Die funktionellen Ergebnisse gemessen am IPSS oder Q_{max} lagen in beiden Gruppen in etwa vergleichbar niedrig. 2019 konnten die Ergebnisse an 140 (PVP) vs. 114 (mTUR-p) an der Charité behandelten Patienten in einer retrospektiven Single-Center Studie

bestätigt werden (11). Hier wurden in beiden Gruppen Patienten mit einem medianen Prostatavolumen von 45 - 50 ml mit einer mittleren Operationszeit von 67 – 86 min behandelt. Bei gleichzeitig signifikant reduzierter postoperativer Katheterisierungszeit und Dauer des Krankenhausaufenthalts zeigten sich bessere Ergebnisse zugunsten des Greenlight - Lasers. Diese Daten fließen auch in die Datenbank der Global Greenlight Group ein.

Im Vergleich zwischen TUR - P und PVP ist, begründet durch die physikalischen Eigenschaften des Lasers, insbesondere die Rate an peri- und postoperativen Bluttransfusionen signifikant niedriger. Dies wurde in verschiedenen Metanalysen durch Cornu et. al. und Zhou et. al. zusammengefasst (9, 38). Das niedrige Niveau an Blutungskomplikationen in der Anwendung des Greenlight - Lasers bestätigte sich wie bereits erwähnt auch in unserer Datenanalyse. Eine kanadische Studie konnte an 202 Patienten nachweisen, dass die positiven Eigenschaften der Vaporisation zu einer signifikanten Reduktion der durchschnittlichen Kosten pro behandeltem BPS - Patienten im Vergleich zur TUR - P führen (39). Damit existiert also auch ein wirtschaftlicher Vorteil der Laserbehandlung.

Zusammengefasst besteht der Vorteil der Behandlung des BPS mit dem Greenlight - Laser gegenüber der TUR - P in der Reduktion der Katheterverweildauer, der Krankenhausliegedauer und dem peri- und postoperativen Blutungs- und Transfusionsrisiko. Seit 2016 gilt aufgrund dieser Ergebnisse die PVP in der operativen Therapie des BPS als leitliniengerechte Alternative zur TUR - P.

Im Rahmen der Quellenrecherche bleibt zu beachten, dass in den meisten Studien noch der 120W Laser verwendet wurde, welcher heute flächendeckend durch den 180 Watt Laser ersetzt wurde. Durch die 3. Generation des Lasers konnte die Effizienz des Verfahrens deutlich gesteigert werden. Zudem wurden viele Studien retrospektiv durchgeführt und zeigen die Ergebnisse an high-volume Zentren. In Studien über die Lernkurve in der Anwendung des 180 Watt XPS Lasers konnte nachgewiesen werden, dass in etwa 100 - 120 Operationen mit dem Laser notwendig sind, um den Experten-Status zu erreichen (40) (41).

4.6.3 Vergleich mit der Holmium - Laserenukleation der Prostata

In den letzten Jahren hat in der Laserbehandlung des BPS die HoLEP immer mehr an Bedeutung gewonnen und wird teils als neuer Goldstandard bezeichnet (42). In der europäischen und deutschen Leitlinie werden sowohl der Greenlight- wie auch der Holmium - Laser aktuell als gleichwertige Optionen in der operativen Desobstruktion der Prostata benannt (5, 14).

In einer prospektiv randomisierten Studie zeigte sich bei einem Prostatavolumen von >60 ml kein signifikanter Unterschied zwischen HoLEP und PVP in Bezug auf den IPSS und die Lebensqualität im Follow - up (43). Verschiedene Metaanalysen bestätigen diese Daten (44). Jedoch lässt sich ein signifikanter Vorteil im 12 - Monate - Beobachtungszeitraum bei Q_{max} , Restharnvolumen und PSA - Abfall in der Gruppe der mit dem Holmium - Laser behandelten Patienten erkennen. Dieser signifikante Unterschied konnte 3 Jahre nach erfolgter Laserbehandlung bei einem Prostatavolumen <60 ml jedoch nicht mehr nachgewiesen werden (45). Daten für Prostatavolumen >60ml 3 Jahre postoperativ liegen zu dieser Kohorte nicht vor.

Alles in allem liegt der Nachteil des Holmium-Lasers gegenüber dem 180 Watt XPS - Laser vor allem im postoperativen Blutungsrisiko. Dies zeigt sich sowohl bei antikoagulierten wie auch nicht - antikoagulierten Patienten. Hier ergibt sich bei den mit dem Holmium - Laser enukleierten Patienten eine Bluttransfusionsrate von 2,7% und beim Greenlight - Laser von 0%. Die Re - Operationsrate liegt in der Metaanalyse von Al-Ansari et. al. in einer 36 monatigen Nachbeobachtungszeit nach Anwendung des 120 Watt XPS Lasers bei 11% (30) und bei 9% mit dem 180 Watt Laser innerhalb von 24 Monaten Nachbeobachtung (17). Hier liegt die HoLEP - Rate bei 0% und zeigt seinen wesentlichen Vorteil gegenüber der Grünlicht - Vaporisation. Nach einer Veröffentlichung von de la Rosette et. al. 2006 sind die 0% mit dem Holmium - Laser aufgrund der steileren Lernkurve jedoch schwieriger zu erreichen (46).

Eine Möglichkeit die Vorteile beider Laserverfahren miteinander zu kombinieren, ergibt sich in der Greenlight XPS Laser Vapoenukleation der Prostata. Eine 2015 veröffentlichte Studie von Elshal et. al. ergab, dass die Operationszeit, Hospitalisierungszeit und Katheterisierungszeit in beiden Enukeationsgruppen gleich sind (47). Um hier jedoch

detaillierte Aussagen treffen zu können, fehlen größere, prospektive, randomisiert – kontrollierte Studien mit längeren Nachbeobachtungszeiträumen.

4.7 Limitationen

Die Schwächen unserer Studie liegen in ihrem retrospektiven Design und der kurzen Nachbeobachtungszeit von 12 Monaten. Die Global Greenlight Group arbeitet an einer Erweiterung seiner Datenbank um suffiziente Langzeit – Follow - up Daten zu liefern. Zudem liegen nicht alle untersuchten Parameter für die gesamte Patientenkohorte vor. Zum Beispiel die Erhebung der Komplikationen ist bei vielen Patienten lückenhaft und führte in der Auswertung der relativen Häufigkeiten zu erheblichen Ausreißern, weswegen diese ausgeschlossen wurden. Insgesamt ist die Kohorte von 3441 Patienten vor allem bezüglich der perioperativen Daten als vollständig anzusehen. Darüber hinaus sind detaillierte Parameter wie Antikoagulanzen oder Medikamente nur von wenigen Zentren ermittelt worden und konnten deshalb hier nicht weiter aufgeschlüsselt und analysiert werden.

Des Weiteren ist zu beachten, dass jeder Operateur der Global Greenlight Group bereits als sehr erfahrener Chirurg in der Anwendung des GL - XPS gilt. Somit sind die aufgeführten Ergebnisse und Erfolge möglicherweise nicht vergleichbar mit einem herkömmlichen Anwender in einem Zentrum mit weniger Erfahrung in der Anwendung des Grünlicht - Lasers. Zudem wurden in unserer Patientenkohorte Patienten mit einem bereits bekannten Prostatakarzinom ausgeschlossen. Auch postoperativ wurden hierzu keine weiteren Daten erfasst und somit ein wesentlicher Nachteil der Greenlight - Laservaporisation im Vergleich zur HoLEP oder der TUR - P vernachlässigt. Eine histologische Gewinnung von Prostatagewebe mittels GL – XPS ist nicht möglich. Trotz dieser Einschränkung ist unsere Studie die erste Analyse einer so großen globalen Patientenkohorte, die damit weltweit anwendbar und repräsentativ ist.

5 Schlussfolgerungen

Die vorliegende Analyse der Daten der Global Greenlight Group zeigt auf, dass es in einem Zeitraum von fast zehn Jahren möglich ist, die Effektivität und Effizienz in der Anwendung eines bereits hoch etablierten Operationsverfahrens weiter zu steigern. Durch die konstante Reduktion von peri- und postoperativen Komplikationen bei gleichzeitig vergleichbar ergiebigen Operations- und Laserzeiten kann die Greenlight - Laservaporisation der Prostata weiterhin als sicheres und effektives Verfahren zur Behandlung der Prostatahyperplasie eingesetzt werden. Die europäische Gesellschaft für Urologie weist jährlich in ihrer Leitlinie zur Behandlung des BPS auf das Fehlen zuverlässiger und umfangreicher Daten zur Behandlung großer Drüsen mit dem Grünlicht – Laser hin. Mit unserer Datenanalyse konnte an einer großen internationalen Patientenpopulation die Sicherheit und Effektivität der Laservaporisation unabhängig vom Prostatavolumen nachgewiesen werden. In unserer Analyse fehlen aktuell noch Daten die auch die Langzeit – Effizienz des Lasers in der Behandlung von Prostatavolumen > 80 ml bestätigen. Im Vergleich zu anderen Operationsverfahren lässt sich jedoch aus anderen Studien bereits ablesen, dass hier zum Beispiel der Holmium – Laser effektiver arbeitet. Jedoch zeigen die Daten der Global Greenlight Group, dass der Greenlight – XPS 180 Watt Laser aufgrund seiner physikalischen Eigenschaften und der damit einhergehenden Minimierung des Blutungsrisikos in der Behandlung des BPS seine Daseinsberechtigung hat. Besonders im Rahmen des demographischen Wandels und dem damit einhergehenden älteren und kränkeren Patienten Klientel sind die Reduktion an peri- und postoperativen Komplikationen sowie der Einsatz unter fortgeführter Antikoagulation von großer Relevanz.

Diese Effektivität und Effizienz konnte mit unserer Datenanalyse an 3441 Patienten in 8 globalen Greenlight – Zentren nachgewiesen werden.

Literaturverzeichnis

1. Berry SJ, Coffey DS, Walsh PC, Ewing LL. The development of human benign prostatic hyperplasia with age. *J Urol.* 1984;132(3):474-9.
2. Berges R. [Epidemiology of benign prostatic syndrome. Associated risks and management data in German men over age 50]. *Urologe A.* 2008;47(2):141-8.
3. Uhlig A, Baunacke M, Groeben C, Borkowetz A, Volkmer B, Ahyai SA, Trojan L, Eisenmenger N, Schneider A, Thomas C, Huber J, Leitsmann M. [Contemporary surgical management of benign prostatic obstruction in Germany : A population-wide study based on German hospital quality report data from 2006 to 2019]. *Urologe A.* 2022;61(5):508-17.
4. Alexander CE, Scullion MM, Omar MI, Yuan Y, Mamoulakis C, N'Dow JM, Chen C, Lam TB. Bipolar versus monopolar transurethral resection of the prostate for lower urinary tract symptoms secondary to benign prostatic obstruction. *Cochrane Database Syst Rev.* 2019;12(12):CD009629.
5. Gravas S, Cornu JN, Gacci M, Gratzke C, Herrmann TRW, Mamoulakis C, Rieken M, Speakman MJ, Tikkinen KAO. EAU Guidelines on Management of Non-Neurogenic Male Lower Urinary Tract Symptoms (LUTS), incl. Benign Prostatic Obstruction (BPO)2022.
6. Foster HE, Barry MJ, Dahm P, Gandhi MC, Kaplan SA, Kohler TS, Lerner LB, Lightner DJ, Parsons JK, Roehrborn CG, Welliver C, Wilt TJ, McVary KT. Surgical Management of Lower Urinary Tract Symptoms Attributed to Benign Prostatic Hyperplasia: AUA Guideline. *J Urol.* 2018;200(3):612-9.
7. Nickel JC, Aaron L, Barkin J, Elterman D, Nachabe M, Zorn KC. Canadian Urological Association guideline on male lower urinary tract symptoms/benign prostatic hyperplasia (MLUTS/BPH): 2018 update. *Can Urol Assoc J.* 2018;12(10):303-12.
8. Parsons JK, Dahm P, Kohler TS, Lerner LB, Wilt TJ. Surgical Management of Lower Urinary Tract Symptoms Attributed to Benign Prostatic Hyperplasia: AUA Guideline Amendment 2020. *J Urol.* 2020;204(4):799-804.
9. Cornu JN, Ahyai S, Bachmann A, de la Rosette J, Gilling P, Gratzke C, McVary K, Novara G, Woo H, Madersbacher S. A Systematic Review and Meta-analysis of Functional Outcomes and Complications Following Transurethral Procedures for Lower Urinary Tract Symptoms Resulting from Benign Prostatic Obstruction: An Update. *Eur Urol.* 2015;67(6):1066-96.
10. Heidar NA, Labban M, Misrai V, Mailhac A, Tamim H, El-Hajj A. Laser enucleation of the prostate versus transurethral resection of the prostate: perioperative outcomes from the ACS NSQIP database. *World J Urol.* 2020;38(11):2891-7.
11. Reimann M, Fishman N, Lichy I, Wiemer L, Hofbauer S, Almedom Z, Buckendahl J, Steiner U, Schlomm T, Friedersdorff F, Cash H. Outcome of Photoselective Vaporization of the Prostate with the GreenLight-XPS 180 Watt System Compared to Transurethral Resection of the Prostate. *J Clin Med.* 2019;8(7).
12. Bachmann A, Tubaro A, Barber N, d'Ancona F, Muir G, Witzsch U, Grimm MO, Benejam J, Stolzenburg JU, Riddick A, Pahernik S, Roelink H, Ameye F, Saussine C, Bruyere F, Loidl W, Larner T, Gogoi NK, Hindley R, Muschter R, Thorpe A, Shrotri N, Graham S, Hamann M, Miller K, Schostak M, Capitan C, Knispel H, Thomas JA. 180-W XPS GreenLight laser vaporisation versus transurethral resection of the prostate for the treatment of benign prostatic obstruction: 6-month

- safety and efficacy results of a European Multicentre Randomised Trial--the GOLIATH study. *Eur Urol.* 2014;65(5):931-42.
13. Eken A, Soyupak B. Safety and efficacy of photoselective vaporization of the prostate using the 180-W GreenLight XPS laser system in patients taking oral anticoagulants. *J Int Med Res.* 2018;46(3):1230-7.
 14. Urologie DGf. S2e-Leitlinie Diagnostik und Therapie des Benigen Prostatasyndroms (BPS). 2023.
 15. Lichy I, Law K, Tholomier C, Nguyen DD, Sadri I, Bouhadana D, Couture F, Zakaria AS, Bhojani N, Zorn KC, Bruyere F, Cindolo L, Ferrari G, Vasquez-Lastra C, Borelli-Bovo TJ, Becher EF, Misrai V, Elterman D, Reimann M, Cash H. Global experience and progress in GreenLight-XPS 180-Watt photoselective vaporization of the prostate. *World J Urol.* 2022;40(6):1513-22.
 16. Valdivieso R, Hueber PA, Meskawi M, Belleville E, Ajib K, Bruyere F, Te AE, Chughtai B, Elterman D, Misrai V, Zorn KC. Multicentre international experience of 532-nm laser photoselective vaporization with GreenLight XPS in men with very large prostates. *BJU Int.* 2018;122(5):873-8.
 17. Thomas JA, Tubaro A, Barber N, d'Ancona F, Muir G, Witzsch U, Grimm MO, Benejam J, Stolzenburg JU, Riddick A, Pahernik S, Roelink H, Ameye F, Saussine C, Bruyere F, Loidl W, Larner T, Gogoi NK, Hindley R, Muschter R, Thorpe A, Shrotri N, Graham S, Hamann M, Miller K, Schostak M, Capitan C, Knispel H, Bachmann A. A Multicenter Randomized Noninferiority Trial Comparing GreenLight-XPS Laser Vaporization of the Prostate and Transurethral Resection of the Prostate for the Treatment of Benign Prostatic Obstruction: Two-yr Outcomes of the GOLIATH Study. *Eur Urol.* 2016;69(1):94-102.
 18. Valdivieso R, Meyer CP, Hueber PA, Meskawi M, Alenizi AM, Azizi M, Trinh QD, Misrai V, Rutman M, Te AE, Chughtai B, Barber NJ, Emara AM, Munver R, Zorn KC. Assessment of energy density usage during 180W lithium triborate laser photoselective vaporization of the prostate for benign prostatic hyperplasia. Is there an optimum amount of kilo-Joules per gram of prostate? *BJU Int.* 2016;118(4):633-40.
 19. Gu X, Strom K, Spaliviero M, Wong C. Does prostate configuration affect the efficacy and safety of GreenLight HPS laser photoselective vaporization prostatectomy (PVP)? *Lasers Med Sci.* 2013;28(2):473-8.
 20. Nguyen DD, Misrai V, Bach T, Bhojani N, Lingeman JE, Elterman DS, Zorn KC. Operative time comparison of aquablation, greenlight PVP, ThuLEP, GreenLEP, and HoLEP. *World J Urol.* 2020;38(12):3227-33.
 21. Campobasso D, Marchioni M, Altieri V, Greco F, De Nunzio C, Destefanis P, Ricciardulli S, Bergamaschi F, Fasolis G, Varvello F, Voce S, Palmieri F, Divan C, Malossini G, Oriti R, Tuccio A, Ruggera L, Tubaro A, Delicato G, Lagana A, Dadone C, De Rienzo G, Frattini A, Pucci L, Carrino M, Montefiore F, Germani S, Miano R, Schips L, Rabito S, Ferrari G, Cindolo L. GreenLight Photoselective Vaporization of the Prostate: One Laser for Different Prostate Sizes. *J Endourol.* 2020;34(1):54-62.
 22. Meskawi M, Hueber PA, Valdivieso R, Bruyere F, Misrai V, Fournier G, Munver R, Sivarajan G, Rutman M, Te AE, Chughtai B, Elterman D, Martel T, Azizi M, Karakiewicz PI, Zorn KC. Multicenter international experience of 532 nm-laser photo-vaporization with Greenlight XPS in men with large prostates (prostate volume > 100 cc). *World J Urol.* 2017;35(10):1603-9.
 23. Reale G, Marchioni M, Altieri V, Greco F, De Nunzio C, Destefanis P, Ricciardulli S, Bergamaschi F, Fasolis G, Varvello F, Voce S, Palmieri F, Divan C, Malossini

- G, Oriti R, Tuccio A, Ruggera L, Tubaro A, Delicato G, Lagana A, Dadone C, De Rienzo G, Ditunno A, Frattini A, Pucci L, Carrino M, Montefiore F, Germani S, Miano R, Schips L, Rabito S, Ferrari G, Cindolo L. Operative profile, safety and functional outcomes after GreenLight laser prostate surgery: results from a 12 months follow-up multicenter Italian cohort analyses. *Minerva Urol Nefrol.* 2020;72(5):622-8.
24. Meskawi M, Hueber PA, Valdivieso R, Karakiewicz PI, Pradere B, Misrai V, Chughtai B, Zorn KC. Complications and functional outcomes of high-risk patient with cardiovascular disease on antithrombotic medication treated with the 532-nm-laser photo-vaporization Greenlight XPS-180 W for benign prostate hyperplasia. *World J Urol.* 2019;37(8):1671-8.
25. Reimann M, Fishman N, Almedom Z, Lichy I, Buckendahl J, Steiner U, Friedersdorff F, Busch J, Fuller TF, Miller K, Hinz S, Cash H. Perioperative Changes and Progress in Photoselective Vaporization of the Prostate with GreenLight XPS 180 W System: A Single Center Experience. *Urol Int.* 2018;100(4):463-9.
26. Goueli R, Meskawi M, Thomas D, Hueber PA, Tholomier C, Valdivieso R, Te A, Zorn KC, Chughtai B. Efficacy, Safety, and Durability of 532 nm Laser Photovaporization of the Prostate with GreenLight 180 W XPS in Men with Acute Urinary Retention. *J Endourol.* 2017;31(11):1189-94.
27. Nguyen DD, Deyirmendjian C, Law K, Bhojani N, Elterman DS, Chughtai B, Bruyere F, Cindolo L, Ferrari G, Vasquez-Lastra C, Borelli-Bovo T, Becher EF, Cash H, Reimann M, Rijo E, Misrai V, Zorn KC. GreenLight photovaporization of the prostate in high-medical-risk patients: an analysis of the Global GreenLight Group (GGG) database. *World J Urol.* 2022;40(7):1755-62.
28. Stone BV, Chughtai B, Forde JC, Tam AW, Lewicki P, Te AE. Safety and Efficacy of GreenLight XPS Laser Vapoenucleation in Prostates Measuring Over 150 mL. *J Endourol.* 2016;30(8):906-12.
29. Law KW, Tholomier C, Nguyen DD, Sadri I, Couture F, Zakaria AS, Bouhadana D, Bruyere F, Cash H, Reimann M, Cindolo L, Ferrari G, Vasquez-Lastra C, Borelli-Bovo TJ, Becher EF, Misrai V, Elterman D, Bhojani N, Zorn KC. Global Greenlight Group: largest international Greenlight experience for benign prostatic hyperplasia to assess efficacy and safety. *World J Urol.* 2021.
30. Al-Ansari A, Younes N, Sampige VP, Al-Rumaihi K, Ghafouri A, Gul T, Shokeir AA. 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;58(3):349-55.
31. Nguyen DD, Sadri I, Law K, Bhojani N, Elterman DS, Zakaria AS, Arezki A, Bruyere F, Cindolo L, Ferrari G, Vasquez-Lastra C, Borelli-Bovo T, Becher EF, Cash H, Reimann M, Rijo E, Misrai V, Zorn KC. Impact of the presence of a median lobe on functional outcomes of greenlight photovaporization of the prostate (PVP): an analysis of the Global Greenlight Group (GGG) Database. *World J Urol.* 2021.
32. Deyirmendjian C, Nguyen DD, Law KW, Nguyen AV, Sadri I, Arezki A, Bouhadana D, Ibrahim A, Bhojani N, Elterman DS, Chughtai B, Bruyere F, Cindolo L, Ferrari G, Vasquez-Lastra C, Borelli-Bovo T, Becher EF, Cash H, Reimann M, Rijo E, Misrai V, Zorn KC. Safety and efficacy of GreenLight PVP in octogenarians: evaluation of the Global GreenLight Group database. *World J Urol.* 2023;41(4):1133-40.
33. Elsherbini T, Bouhadana D, Sadri I, Nguyen DD, Law KW, Arezki A, Deyirmendjian C, Ibrahim A, Bhojani N, Elterman DS, Chughtai B, Bruyere F, Cindolo L, Ferrari

- G, Vasquez-Lastra C, Borelli-Bovo T, Becher EF, Cash H, Reimann M, Rijo E, Misrai V, Zorn KC. The impact of 5-ARI on perioperative and functional outcomes of GreenLight PVP: an analysis of the Global GreenLight Group database. *Can J Urol.* 2023;30(2):11473-9.
34. Corsi N, Nguyen DD, Arezki A, Sadri I, Law K, Bouhadana D, Deyirmendjian C, Bhojani N, Elterman DS, Bruyere F, Cindolo L, Ferrari G, Vasquez-Lastra C, Borelli-Bovo T, Becher EF, Cash H, Reimann M, Rijo E, Misrai V, Chughtai B, Zorn KC. Functional outcomes of GreenLight 180-W photoselective vaporization in patients with large (≥ 80 cc) prostates: an analysis of over 3000 men in the Global Greenlight Group (GGG) database. *World J Urol.* 2023;41(2):529-36.
35. Mebust WK, Holtgrewe HL, Cockett AT, Peters PC. Transurethral prostatectomy: immediate and postoperative complications. a cooperative study of 13 participating institutions evaluating 3,885 patients. 1989. *J Urol.* 2002;167(2 Pt 2):999-1003; discussion 4.
36. Wang L, Yu QY, Liu Y, Zhu ZL, Huang YW, Li K. Efficacy and Safety of Laser Surgery and Transurethral Resection of the Prostate for Treating Benign Prostate Hyperplasia: a Network Meta-analysis. *Asian Pac J Cancer Prev.* 2016;17(9):4281-8.
37. Bachmann A, Tubaro A, Barber N, d'Ancona F, Muir G, Witzsch U, Grimm MO, Benejam J, Stolzenburg JU, Riddick A, Pahernik S, Roelink H, Ameye F, Saussine C, Bruyere F, Loidl W, Larner T, Gogoi NK, Hindley R, Muschter R, Thorpe A, Shrotri N, Graham S, Hamann M, Miller K, Schostak M, Capitan C, Knispel H, Thomas JA. A European multicenter randomized noninferiority trial comparing 180 W GreenLight XPS laser vaporization and transurethral resection of the prostate for the treatment of benign prostatic obstruction: 12-month results of the GOLIATH study. *J Urol.* 2015;193(2):570-8.
38. Zhou Y, Xue B, Mohammad NA, Chen D, Sun X, Yang J, Dai G. Greenlight high-performance system (HPS) 120-W laser vaporization versus transurethral resection of the prostate for the treatment of benign prostatic hyperplasia: a meta-analysis of the published results of randomized controlled trials. *Lasers Med Sci.* 2016;31(3):485-95.
39. Masucci L, Erman A, Krahn MD, Elterman D. Cost analysis of Greenlight photoselective vaporization of the prostate compared to transurethral resection of the prostate for benign prostatic hyperplasia. *Can Urol Assoc J.* 2018;12(12):382-7.
40. Bastard C, Zorn K, Peyronnet B, Hueber PA, Pradere B, Roupret M, Misrai V. Assessment of Learning Curves for 180-W GreenLight XPS Photoselective Vaporisation of the Prostate: A Multicentre Study. *Eur Urol Focus.* 2019;5(2):266-72.
41. Misrai V, Faron M, Guillotreau J, Bruguiere E, Bordier B, Shariat SF, Roupret M. Assessment of the learning curves for photoselective vaporization of the prostate using GreenLight 180-Watt-XPS laser therapy: defining the intra-operative parameters within a prospective cohort. *World J Urol.* 2014;32(2):539-44.
42. Michalak J, Tzou D, Funk J. HoLEP: the gold standard for the surgical management of BPH in the 21(st) Century. *Am J Clin Exp Urol.* 2015;3(1):36-42.
43. Elmansy H, Baazeem A, Kotb A, Badawy H, Riad E, Emran A, Elhilali M. Holmium laser enucleation versus photoselective vaporization for prostatic adenoma greater than 60 ml: preliminary results of a prospective, randomized clinical trial. *J Urol.* 2012;188(1):216-21.

44. Peng L, Zheng XN, Wu JP, Zeng X, He Q, Chen G, Lin TH, Shen H, Luo DY. Holmium laser technologies versus photoselective greenlight vaporization for patients with benign prostatic hyperplasia: a meta-analysis. *Lasers Med Sci.* 2020;35(7):1441-50.
45. 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;184(5):2023-8.
46. de la Rosette J, Alivizatos G. Lasers for the treatment of bladder outlet obstruction: are they challenging conventional treatment modalities? *Eur Urol.* 2006;50(3):418-20.
47. Elshal AM, Elkoushy MA, El-Nahas AR, Shoma AM, Nabeeh A, Carrier S, Elhilali MM. GreenLight laser (XPS) photoselective vapo-enucleation versus holmium laser enucleation of the prostate for the treatment of symptomatic benign prostatic hyperplasia: a randomized controlled study. *J Urol.* 2015;193(3):927-34.

Eidesstattliche Versicherung

„Ich, Isabel Lichy, versichere an Eides statt durch meine eigenhändige Unterschrift, dass ich die vorgelegte Dissertation mit dem Thema: Globale Entwicklung der peri- und postoperativen Ergebnisse in der Anwendung der photoselektiven Vaporisation der Prostata mit dem GreenLight - XPS 180Watt bzw. Global trend of the peri- and post-operative outcomes in the application of photoselective vaporization of the prostate with the GreenLight - XPS 180Watt selbstständig und ohne nicht offengelegte Hilfe Dritter verfasst und keine anderen als die angegebenen Quellen und Hilfsmittel genutzt habe.

Alle Stellen, die wörtlich oder dem Sinne nach auf Publikationen oder Vorträgen anderer Autoren/innen beruhen, sind als solche in korrekter Zitierung kenntlich gemacht. Die Abschnitte zu Methodik (insbesondere praktische Arbeiten, Laborbestimmungen, statistische Aufarbeitung) und Resultaten (insbesondere Abbildungen, Graphiken und Tabellen) werden von mir verantwortet.

Ich versichere ferner, dass ich die in Zusammenarbeit mit anderen Personen generierten Daten, Datenauswertungen und Schlussfolgerungen korrekt gekennzeichnet und meinen eigenen Beitrag sowie die Beiträge anderer Personen korrekt kenntlich gemacht habe (siehe Anteilserklärung). Texte oder Textteile, die gemeinsam mit anderen erstellt oder verwendet wurden, habe ich korrekt kenntlich gemacht.

Meine Anteile an etwaigen Publikationen zu dieser Dissertation entsprechen denen, die in der untenstehenden gemeinsamen Erklärung mit dem Erstbetreuer, angegeben sind. Für sämtliche im Rahmen der Dissertation entstandenen Publikationen wurden die Richtlinien des ICMJE (International Committee of Medical Journal Editors; www.icmje.org) zur Autorenschaft eingehalten. Ich erkläre ferner, dass ich mich zur Einhaltung der Satzung der Charité – Universitätsmedizin Berlin zur Sicherung Guter Wissenschaftlicher Praxis verpflichte.

Weiterhin versichere ich, dass ich diese Dissertation weder in gleicher noch in ähnlicher Form bereits an einer anderen Fakultät eingereicht habe.

Die Bedeutung dieser eidesstattlichen Versicherung und die strafrechtlichen Folgen einer unwahren eidesstattlichen Versicherung (§§156, 161 des Strafgesetzbuches) sind mir bekannt und bewusst.“

Datum

Unterschrift

Anteilerklärung an der erfolgten Publikation

Isabel Lichy hatte folgenden Anteil an der folgenden Publikation:

Publikation 1:

Lichy I, Law K, Tholomier C, Nguyen DD, Sadri I, Bouhadana D, Couture F, Zakaria AS, Bhojani N, Zorn KC, Bruyere F, Cindolo L, Ferrari G, Vasquez-Lastra C, Borelli-Bovo TJ, Becher EF, Misrai V, Elterman D, Reimann M, Cash H. Global experience and progress in GreenLight-XPS 180-Watt photoselective vaporization of the prostate. World J Urol. 2022;40(6):1513-22. doi: [10.1007/s00345-022-03997-2](https://doi.org/10.1007/s00345-022-03997-2)

Beitrag im Einzelnen:

- Die Daten der am Charité Campus Benjamin Franklin mittels Greenlight-Laservaporisation operierten Patienten zwischen 2016 und 2019 wurde von mir tabellarisch erhoben (z.B. Alter, Prostatavolumen, OP- und Laserzeiten)
- Die bereits erhobenen Daten der am Charité Campus Benjamin Franklin mittels Greenlight-Laservaporisation operierten Patienten zwischen 2011 und 2015 wurde von mir mit vervollständigt (z.B. um Quotienten aus Laserzeit und Prostatavolumen)
- Überprüfung und Zusammenführen der Charité-Greenlight-Datenbank mit der internationalen Datenbank der Global Greenlight Group (u.a. aus Argentinien, Italien, Kanada usw.)
- Statistische Auswertung der globalen Greenlight-Datenbank mittels linearer und logistischer Regressionsanalyse, sowie der multi-variablen logistischen Regressionsanalyse
- Alle Tabellen, Abbildungen und Diagramme wurden von mir erstellt
- Literaturrecherche und Verfassung des Textentwurfs erfolgte vollständig durch mich und wurde durch alle Autoren ergänzt, korrigiert und erweitert
- Einreichen der Publikation

Unterschrift, Datum und Stempel des erstbetreuenden Hochschullehrers

Unterschrift der Doktorandin

Druckexemplar der Publikation

World Journal of Urology (2022) 40:1513–1522
<https://doi.org/10.1007/s00345-022-03997-2>

ORIGINAL ARTICLE



Global experience and progress in GreenLight-XPS 180-Watt photoselective vaporization of the prostate

Isabel Lichy¹ · Kyle Law⁴ · Côme Tholomier⁶ · David-Dan Nguyen⁵ · Iman Sadri⁶ · David Bouhadana⁵ · Félix Couture⁴ · Ahmed S. Zakaria⁷ · Naeem Bhojani⁴ · Kevin C. Zorn⁴ · Franck Bruyère⁹ · Luca Cindolo¹⁰ · Giovanni Ferrari¹⁰ · Carlos Vasquez-Lastra¹¹ · Tiago J. Borelli-Bovo¹² · Edgardo F. Becher¹³ · Vincent Misra¹⁴ · Dean Elterman¹⁵ · Maximilian Reimann¹ · Hannes Cash^{2,3,8}

Received: 21 November 2021 / Accepted: 18 March 2022 / Published online: 2 May 2022
 © The Author(s) 2022

Abstract

Purpose To evaluate changes in global perioperative data of GreenLight-XPS 180-Watt photo-selective vaporization of the prostate (GL-XPS) of the Global Greenlight Group (GGG) database.

Methods 3441 men, who underwent GL-XPS for symptomatic BPH between 2011 and 2019 at seven high volume international centers, were included. Primary outcome measurements were operative time (OT; min), effective laser time (LT; min of OT), as well as intraoperative and postoperative adverse events (AEs), all analyzed by year of surgery (2011–2019) and prostate volume (PV) group (< 80 ml vs. 80–150 ml vs. > 150 ml).

Results The median age was 70 years (interquartile range 64–77), the median PV was 64 ml (IQR 47–90). The OT and LT slightly increased but stayed highly efficient all in all. Median OT was 60 min (IQR 45–83) and LT was 33 min (IQR 23–46). Median energy use was 253 kJ (IQR 170–375) with an energy density of 3.94 kJ/ml (IQR 2.94–5.02). The relative probability of perioperative AEs decreased by 17% each year ($p < 0.001$). The relative probability of perioperative transfusion dropped significantly from 2% in 2011 to 0% in 2019 ($p = 0.007$). The early postoperative complications (within 30 days after surgery) decreased significantly from 48.8% ($n = 106$) in 2011 to 24.7% ($n = 20$) in 2019 ($p > 0.001$).

Conclusion These findings from the GGG demonstrate significant improvement secondary to growing experience with GL-XPS between 2011 and 2019 in intraoperative AEs, including transfusions, and postoperative AEs. While staying highly efficient in OT and LT of GL-XPS within a 9-year period of experience.

Keywords Global experience · Greenlight · BPH · GL-XPS · Global Greenlight Group

Introduction

Following the failure of conservative medical management to adequately address lower urinary tract symptoms (LUTS) and elevated post-void urine volume secondary to benign prostate hyperplasia (BPH), surgical therapy is often recommended. Transurethral resection of the prostate (TURP) remains the current surgical gold standard for prostates between 30 and 80 ml [1] but this procedure is associated

with several perioperative adverse events (AEs) such as bleeding [2], especially in larger prostates [3]. GreenLight-XPS 180-Watt photoselective vaporization of the prostate (GL-XPS) has been added to the international guidelines as a safe surgical method with decreased morbidity especially in prostates > 100 ml and for patients requiring therapeutic anticoagulation therapy [1–5].

In 2014, the GOLIATH study confirmed non-inferiority of GL-XPS compared to TURP regarding IPSS-QoL, Qmax, and AEs [6]. Since then, with growing global experience, the surgical technique and application of GL-XPS have certainly evolved. We have previously shown that growing experience with GL-XPS at a single high-volume center is associated with improved OT and LT over a 5-year period [7]. However, there are currently no studies that have evaluated the global

Maximilian Reimann and Hannes Cash have contributed equally to this work.

✉ Isabel Lichy
 isabel-michaela.lichy@charite.de

Extended author information available on the last page of the article

progress of GL-XPS in respect to effectiveness, efficacy, and safety.

As such, this study sought to evaluate the perioperative progress of GL-XPS secondary to growing global experience using data from the Global Greenlight Group (GGG) database which represents multiple, international high-volume centers. The primary outcomes were operative and laser time (OT, LT; min), as well as intraoperative and postoperative AEs, all analyzed by prostate volume (PV) (ml) and by the year of surgery.

Patients and methods

Patients and study design

This retrospective analysis of the GGG database included 3441 men who underwent GL-XPS (Boston Scientific, Minnetonka, MN, USA) for symptomatic BPH between 2011 and 2019 from one of eight experienced surgeons at seven international high-volume centers in Germany, Canada, France, Italy, Mexico, Brazil, and Argentina [8]. Our study

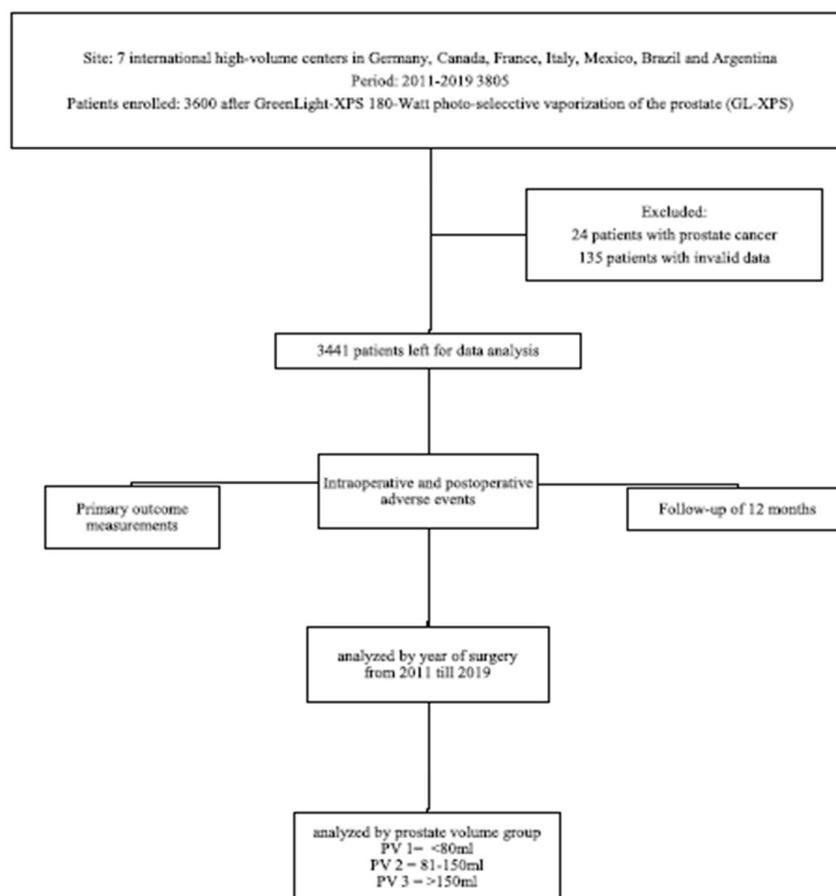


Fig. 1 Clinical research flowchart

design was visualized in Fig. 1. High Data quality/density was ensured using objective variables and a close cooperation between the individual centers of the Global Greenlight Group.

Study outcomes

Primary outcome measurements were OT, LT, perioperative AEs, and perioperative transfusions analyzed by year of surgery (2011–2019) and by PV (PV1: < 80 ml vs. PV2: 80–150 ml vs. PV3: > 150 ml) with respect to effectiveness, efficacy, and safety with a postoperative follow-up of 12 months.

Postoperative follow-up included International Prostate Symptom Score–Quality of Life (IPSS–QoL), early postoperative AE (< 30 days, subcategorized in low-grade (Clavien-Dindo grade I–II) and high-grade (need of an intervention; Clavien-Dindo grade > IIIa–IV), hospital length of stay (days), catheterization time (days), and postoperative re-catheterization rate.

Surgical procedures

All eight GL-XPS surgeons were fellowship-trained urologists equally experienced in performing GL-XPS regularly. GL-XPS was performed using the XPS-180 W system and MoXy™ laser fiber. Procedures were performed in accordance to published international guidelines [2, 9]. Procedures were performed under general or spinal anesthesia. Prophylactic antibiotic treatment, as well as antithrombotic therapy were administered according to local guidelines.

Statistical analysis

Non-normally distributed data are presented as a median (IQR) or as a percentage. Categorical variables were presented by relative frequencies. Linear regression analysis and logistic regression analysis were conducted for the data set to visualize the trend of the years of surgery. Multivariable logistic regression analysis was performed to detect influencing factors. Statistical significance was set at a two-sided $p < 0.05$. Data were analyzed with SPSS, version 27 (Chicago, Illinois, USA).

Results

Preoperative baseline results

Patient baseline characteristics of the 3441 men are summarized in Table 1. The median age was 70 years (interquartile range IQR 64–77) with a median PV of 64 ml (IQR 47–90) and a median PSA level of 3.27 ng/dl (IQR 1.76–5.88). Between 2011 and 2019, there was a significant increase in

PV treated ($p = 0.02$) by 0.71 ml each year. In 2011, there were 28.7% of patients with PV2, 3% PV3 and in 2019 it raised to 43.6% in PV2 and 4% in PV3. The median IPSS/QoL was 23/4 (IQR 19–27/3–5).

The median post-void residual volume was 120 ml (IQR 30–273) and showed a significant decrease between the years of surgery ($p < 0.001$). Additionally, there was a significant increase in patients with a median lobe ($p < 0.001$) rising from 36.2% in 2011 to 64% in 2019.

With regards to anticoagulation status, 35% ($n = 1176$) of men undergoing surgery were prescribed an oral anticoagulation such as acetylsalicylic acid or coumadin due to co-existing medical conditions. Overall, there was a significant increase of patients on general medication (such as anticoagulation, antidiabetics or pain killers) between 2011 and 2019 ($p < 0.001$).

Intraoperative baseline results

The analysis showed a significant increase in OT ($p < 0.001$) and LT ($p < 0.001$)—see Fig. 2a, b. In subgroup analyses by PV, the OT only showed a significant increase in the PV2 group (81–150 ml) while the LT showed a significant increase in PV1–3. Although the prostate glands in PV3 were significantly larger (up to 330 ml), the LT only increased by approximately 3 min per year ($p = 0.011$), while the LT in PV1 ($p < 0.001$) and PV2 ($p < 0.001$) only increased by approximately 2 min per year.

The applied energy (median 253 kJ, IQR 170–375, PV1 $p = 0.338$, PV2 $p = 0.725$, PV3 $p = 0.931$) stayed constant with no change in energy density (median 3.94 kJ/ml, IQR 2.94–5.02, PV1 $p = 0.344$, PV2 $p = 0.993$, PV3 $p = 0.192$) in the observation period between the PV 1–3 while the energy used ($p = 0.038$) showed a significant increase overall.

The median LT/OT ratio stayed highly efficient over 50% for PV1–3. It was significantly improved between 2011 and 2019 for PV1 ($p < 0.001$) and PV2 ($p < 0.001$) up to over 60% in 2017 and 2018.

Most patients were treated with one fiber (75.6%).

The LT per PV (median 0.5 min/ml, IQR 0.38–0.66) showed a steady increase with 0.025 min/ml ($p < 0.001$) each year. The most obvious increase was observed in PV1 with an increase of 0.029 min/ml each year ($p < 0.001$).

Vice versa the applied laser energy per LT (median 8.45 kJ/min, IQR 6.72–9.44) showed a steady decrease ($p < 0.001$) between 2011 and 2019. Moreover, there was a significant decrease in PV1–3 by approximately 0.3 kJ/min each year as shown in Fig. 2e.

With regard to perioperative AEs, conversion to TURP, which was the most frequent AE observed, decreased from 16% ($n = 24$) in 2011 to 9.4% ($n = 6$) in 2019 ($p < 0.001$) as shown in Fig. 2g. Likewise, perioperative transfusions dropped from 2% in 2011 to 0% in 2019 ($p = 0.007$).

Table 1 Patients demographics between 2011 and 2019 (linear regression or binar logistic regression)

n = max. 3441	Baseline	2011		2012		2013		2014			
	Median/n (IQR/%)	Median/n	IQR/%	Median/n	IQR/%	Median/n	IQR/%	Median/n	IQR/%		
Age, years	70 (64–77)	70	65–87	71	64–77	70	63–77	70	64–76		
PSA, ng/dl	3.27 (1.76–5.88)	3.76	2–7	2.84	1.60–5.48	3.55	2–5.6	3.2	1.9–5.4		
TRUS volume, ml	64 (47–90)	61	49–89	62.00	43–88	63	45–83	63	48–90		
IPSS baseline	23 (19–27)	23	19–27	22.50	18–29	22	19–28	23	19–27		
QoL baseline	4 (3–5)	5	4–5	5.00	4–6	5	4–5	5	4–5		
Q _{max} baseline, ml/s	6 (4–8)	6	4–8	5.5	3–7	6	4–7	5.5	4–8		
PVR, ml	120 (30–273)	175	80–418	151.5	66–400	168	65.5–314	126.5	50–333		
Medication use	729 (60.6%)	75	52.8%	101	54.6%	88	53.7%	88	55.7%		
Anticoagulation use	1176 (35%)	87	39.7%	115	33.8%	113	31.6%	173	34.7%		
α-blocker use	2661 (79.9%)	182	83.9%	280	83.3%	288	81.4%	390	80.1%		
5α-reductase inhibitor use	1424 (42.6%)	118	54.1%	179	53.1%	159	44.9%	176	36.1%		
Median Lobe	532 (36.2%)	54	36.2%	77	36.0%	57	26.4%	57	29.2%		
ASA	428 (22%)	28	18.9%	59	25.4%	37	16.5%	32	16.9%		
	996 (51.2%)	83	56.1%	108	46.6%	106	47.3%	88	46.6%		
	504 (25.9%)	35	23.6%	62	26.7%	78	34.8%	66	34.9%		
	18 (0.9%)	2	1.4%	3	1.3%	3	1.3%	3	1.6%		
Retention, preoperative	342 (35.8%)	39	47.6%	45	36.3%	53	42.4%	54	43.9%		
Foley in place, preoperative	841 (27.7%)	69	31.4%	90	28.6%	94	29.8%	104	24.8%		
n = max. 3441	Baseline	2015		2016		2017		2018		2019	
	Median/n (IQR/%)	Median/n	IQR/%	Median/n	IQR/%	Median/n	IQR/%	Median/n	IQR/%	Median/n	IQR/%
Age, years	70 (64–77)	69	64–76	70	64–76	71	65–77	70	64–77	70.5	64–77
PSA, ng/dl	3.27 (1.76–5.88)	3.2	1.7–5.2	3	1.52–5.76	3.15	1.62–5.7	3.61	1.91–7.33	4.5	2.39–7
TRUS volume, ml	64 (47–90)	65	47–88	61	46–85	64.5	47–90	70.5	50–96	78	51–108
IPSS baseline	23 (19–27)	23	19–27	22	19–27	22	19–27	22	17–27	24	19–30
QoL baseline	4 (3–5)	5	4–5	4	3–5	3	0–5	4	2–5	5	5–6
Q _{max} baseline, ml/s	6 (4–8)	6	4–9	6	4–8	6	4–9	6	4–8	6	4–7
PVR, ml	120 (30–273)	112.5	20–230	100	0–234	99.5	0–200	67.5	0–191.5	134.5	66.5–347
Medication use	729 (60.6%)	71	58.7%	74	63.8%	78	75.0%	86	78.9%	68	66.0%
Anticoagulation use	1176 (35%)	194	34.5%	219	36.9%	129	35.1%	115	36.2%	31	29.0%
α-blocker use	2661 (79.9%)	429	77.3%	455	76.9%	304	84.0%	240	75.2%	93	86.1%
5α-reductase inhibitor use	1424 (42.6%)	209	37.6%	219	37.0%	173	47.0%	133	41.7%	58	53.7%
Median Lobe	532 (36.2%)	59	35.8%	48	29.4%	56	37.6%	60	51.3%	64	64.0%
ASA	428 (22%)	56	17.8%	86	20.9%	55	29.4%	51	36.4%	24	24.0%
	996 (51.2%)	174	55.2%	224	54.5%	94	50.3%	71	50.7%	48	48.0%
	504 (25.9%)	84	26.7%	98	23.8%	36	19.3%	18	12.9%	27	27.0%
	18 (0.9%)	1	0.3%	3	0.7%	2	1.1%	0	0.0%	1	1.0%
Retention, preoperative	342 (35.8%)	35	32.4%	42	35.3%	30	25.2%	24	26.7%	20	31.3%
Foley in place, preoperative	841 (27.7%)	129	25.4%	138	25.7%	104	31.8%	96	31.8%	17	18.5%
n = max. 3441	Baseline	F		Coefficient variable		Coefficient constant		R ²	adjusted R ²	p	
Age, years	70 (64–77)									0.778	

Table 1 (continued)

<i>n</i> = max. 3441	Baseline Median/ <i>n</i> (IQR/%)	<i>F</i>	Coefficient variable	Coefficient constant	<i>R</i> ²	adjusted <i>R</i> ²	<i>p</i>
PSA, ng/dl	3.27 (1.76–5.88)						0.350
TRUS volume, ml	64 (47–90)	<i>F</i> (df = 1; 3245) = 5.38*	0.711*	- 1360.733*	0.002	0.001	0.020
IPSS baseline	23 (19–27)						0.118
QoL baseline	4 (3–5)	<i>F</i> (df = 1; 952) = 69.443***	- 0.188***	383.118***	0.068	0.067	< 0.001
<i>Q</i> _{max} baseline, ml/s	6 (4–8)						0.516
PVR, ml	120 (30–273)	<i>F</i> (df = 1; 1837) = 68.053***	- 15.84***	32,102.142***	0.036	0.035	< 0.001
Medication use	729 (60.6%)		1.134***	0.00***	0.031		< 0.001
Anticoagulation use	1176 (35%)						0.907
α-blocker use	2661 (79.9%)						0.078
5α-reductase inhibitor use	1424 (42.6%)		0.959*	1.583 × 10⁶**	0.003		0.012
Median Lobe	532 (36.2%)		1.116***	0.00***	0.022		< 0.001
ASA	428 (22%)						
	996 (51.2%)						
	504 (25.9%)						
	18 (0.9%)						
Retention, preoperative	342 (35.8%)		0.901***	1.042 × 10⁶***	0.019		< 0.001
Foley in place, preoperative	841 (27.7%)						0.668

Bold means the significans with *p* < 0.05

TRUS transrectal ultrasound, PSA prostate-specific antigen, IPSS International Prostate Symptom Score, QoL Quality of Life, *Q*_{max} maximum flow rate, PVR post void residual volume, OT operation time; LT effective laser time, Energy density energy used per TRUS volume, ASA American Society of Anesthesiologists—classification results are represented as median (IQR = interquartile range) or results are represented as *n* = count and relative percentage

p* < 0.05, *p* < 0.01, ****p* < 0.001

The subanalysis of PV1-3 showed no reduction in intra-operative AEs compared to PV3 (*p* = 0.967).

Postoperative baseline results

The length of hospital stay remained consistent with a median of two days (*p* = 0.553) and a median postoperative catheterization time of 1 day with a significantly shorter range in PV3 (*p* = 0.043). The need for re-catheterization stayed constant across the years (*p* = 0.433, 5.9%).

Overall, the preoperative IPSS/QoL (median 23/4, IQR 19–27/3–5) showed a reduction in symptomatic BPO after 3 months (median 6/1, IQR 4–9 + 1–2, *p* > 0.001) and remained stable at both 6 (median 5/1, IQR 4–9/0–1) and 12 months (median 4/1; IQR 2–7/0–1). Between 2011 and 2019 the preoperative QoL showed a significant decrease by - 0.188 each year (*p* < 0.001). Moreover, there was a significant reduction of QoL after 12 months of surgery (*p* = 0.005).

The median postvoid residual volume was reduced from 120 ml (IQR 30–273) to 30 ml (IQR 0–75, *p* < 0.001)

post-operatively, without any changes over the years, and a stable result in our follow-up time up to 12 months after surgery. The median *Q*_{max} improved from preoperative 6 ml/s (IQR 4–8) to 3 months postoperative 20 ml/s (IQR 16–22, *p* < 0.001). The outcome stayed stable after 6 and 12 months and between 2011 and 2019.

Postoperative adverse events

Overall postoperative AEs (Clavien-Dindo classification low-grade and high-grade) were significantly reduced from 2011 with *n* = 106 (48.8%) to 2019 with *n* = 20 (24.7%) (*p* < 0.001). The sub-analysis of PV1-3 showed a significant decrease in postoperative AE especially for prostates from 80 to 150 ml (*p* < 0.001).

The presence of LUTS, which were observed to be the most common postoperative low-grade AE (Clavien-Dindo grade I) decreased from 25% (*n* = 37) in 2011 to 8.8% (*n* = 7) in 2019 (*p* < 0.001) as shown in Fig. 3. Furthermore, postoperative hematuria (14.2–5%, *p* = 0.001) and urinary retention

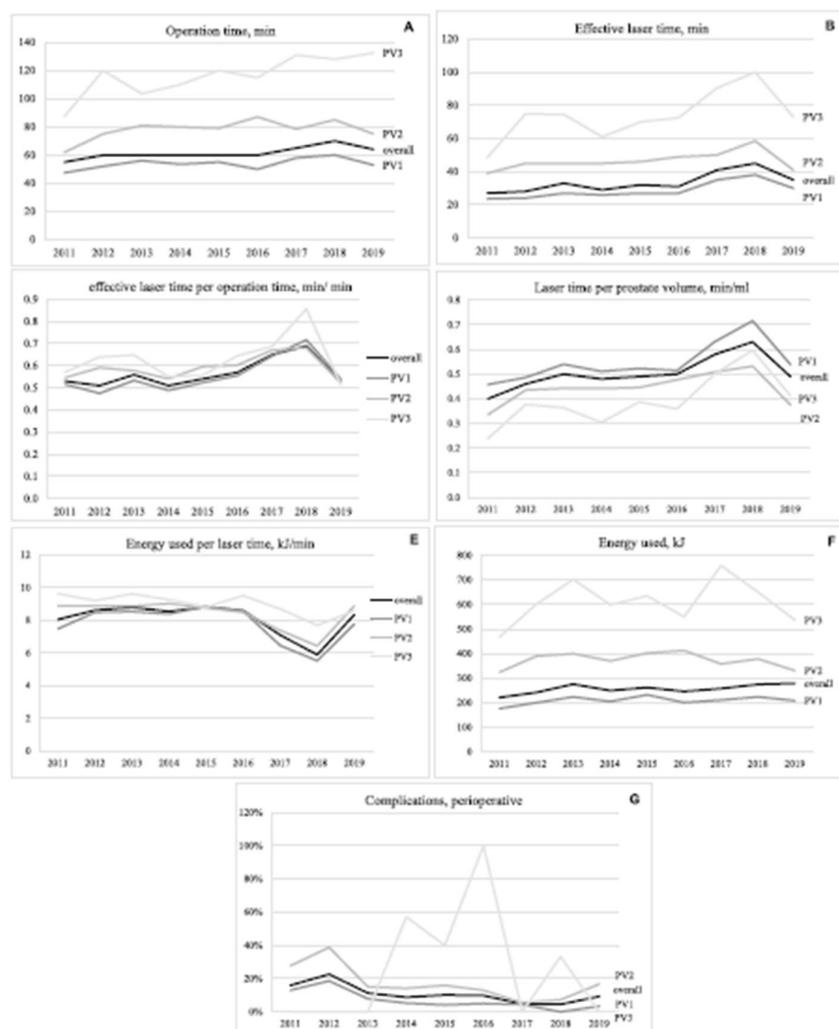


Fig. 2 Significant parameters of intraoperative baseline results between 2011 and 2019 in correlation to prostate volume group 1–3, **a** OT, **b** LT, **c** LT/OT ratio, **d** LT/TRUS volume, **e** Energy/LT, **f** Energy used, **g** complications, perioperative

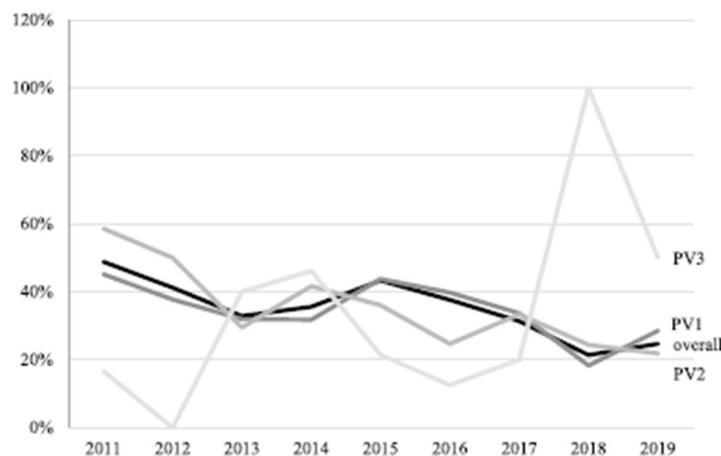
(6.1–0%, $p=0.035$) significantly decreased. All three of these postoperative AE remained constant across PV 1–3.

All other documented complications such as stroke, cardiac ischemia or angina pectoris stayed constant at an extremely low level with a total of 12 cases during the period of 2011–2019.

Discussion

The present GGG database analysis sought to evaluate the intraoperative progress in photoselective vaporization of the prostate with the GreenLight-XPS 180-Watt system (GL-XPS) in the largest documented cohort (> 3400) treated at

Fig. 3 Early postoperative complications (< 30 days) between 2011 and 2019 in correlation to prostate volume group 1–3



seven global high-volume tertiary referral centers. Observing 3441 patients operated by eight surgeons with similar experience in performing this procedure at the start of our study strengthens the observations of intraoperative progress. We demonstrated a temporal improvement in the effectiveness, efficacy, and safety of GL-XPS.

One important aspect of progress with GL-XPS was the significant reduction in intraoperative and postoperative high-grade AEs while operative time and laser time showed a statistically significant increase but stayed highly efficient over the years of surgery and within the prostate PV groups.

First, our OT (> 55 min) and LT (> 27 min) between 2011 and 2019 is in line with data published by the multicenter GOLJATH study with an OT of 49.6 min (mean; SD 21.8) and a LT of 44.5 min (mean, SD 21.5) [6]. However, in comparison to the GOLJATH multicenter study, our LT was more efficient with a median time of 27 min (PV1, IQR 20–38) rising to a median of 75 min (PV3, IQR 54–96) for the larger glands sized close to 330 ml [10].

More interestingly the LT/OT ratio, as a parameter of intraoperative efficiency stayed significantly high with a value > 50% within each PV group from the beginning of this study and significantly improved during 2011–2019 to > 60%, independent to PV (PV1–3; $p < 0.001$). Our results are in line with multiple previously published results who postulated before, that larger PV prolongs the OT and LT a few minutes but not exponentially [11, 12]. Therefore, it was important to guarantee a high level of energy usage > 200 kJ and an energy density of 4 kJ/ml [10, 13].

Our database showed that the most important prognostic influencing factor for the significantly increasing parameters such as OT, LT, LT/ml or energy density is the PV. Furthermore, it is the most important factor for decreasing

parameters such as preoperative and postoperative complications. Valdivieso et al. were able to show that GreenLight-XPS was feasible in men with very large prostates [13]. A more detailed analysis of the impact of the presence of a median lobe was recently published by the GGG showing that the presence of a median lobe has no clinically significant impact on procedural or postoperative outcomes for patients undergoing Greenlight PVP using the XPS-180 W system [14]. The increase in prostate volume and the significant increase in patients with a median lobe can be seen as a signal of the increasing surgical confidence in the Greenlight method for large prostate.

Progress in safety of GL-XPS is confirmed in our study with significant low intraoperative and postoperative AEs comparable with healthier patients on no permanent anticoagulation. Remaining on anticoagulation with for example acetylsalicylic acid or coumadin (35%, $n = 1176$, $p = 0.907$) while performing GL-XPS, had a low impact on morbidity or high-grade AEs [15].

Perioperative AEs significantly decreased over the years of surgery ($p < 0.001$) and showed in our sub-analysis a significant reduction in prostate glands up to 150 ml ($p < 0.001$) while complication-rate stayed constant on a low level in PV3. These results are in line with Nguyen et al.'s GGG database study which suggested GL-XPS to be safe in larger glands especially those with a median lobe [14]. Likewise, Stone et al. and Meskawi et al. further confirmed GL-XPS' safety for glands > 100 ml [4, 16]. Intraoperative transfusions being one of the most severe low-grade AE significantly ($p = 0.004$) dropped to 0% over time. This value is considered as a very low rate for glands > 100 ml [10].

The postoperative baseline results are in line with multicenter studies. A length of hospital stay with a median of

2 days, high symptom reduction in IPSS/QoL with median of 5/1, sufficient Qmax > 18 ml/s and a median catheterization time of 1 day stayed stable in our study between 2011 and 2019 and showed no difference within the different PV groups [17, 18].

Overall, postoperative AEs were significantly reduced to almost half across the time of our study. More specifically, the most common low-grade AE such as LUTS, hematuria, and urinary retention were reduced significantly between 2011 and 2019, while incontinence stayed constant over the observation period. These results are in line with Goueli et al. who showed significantly different postoperative rates in urinary retention vs. no retention collective comparison. Moreover, our results are confirmed as an extremely low AE rate even in the beginning of our study in 2011. The modest, yet steady reduction of AE rate between 2011 and 2019 further emphasizes the high level of surgeon experience at the start of the study with a potential in progress for each surgeon [19].

Overall, we assume with previous GGG results of Nguyen et al. that the surgeon's level of experience with the GL-XPS 180-Watt laser system combined with a global experience transfer, together provides an efficient outcome for each high-volume center and a safe operation procedure for each patient [14].

Our GGG analysis is limited by its retrospective design, the short follow-up period of 12 months and that not all parameters were collected for all 3441 patients. Further, detailed parameters such as anticoagulants are incomplete in the GGG data base and therefore could not be analysed. Unfortunately, long term follow-up beyond 12 months is not available on a global scale yet. Each surgeon is already considered to be a highly experienced surgeon in GL-XPS and past their learning curve, operating for years, and may not be representative of an average or minimally experienced GL-XPS surgeon. Despite this limitation, our study is the first analysis to verify the perioperative progress of GL-XPS at a global scale.

Conclusion

Our GGG analysis showed that, within a 9-year time period, it is possible to significantly decrease intraoperative, transfusions and postoperative adverse events as part of the experience level progress of a surgeon across different prostate volume groups (especially up to 150 ml) while staying highly efficient in the operative time and laser time of GL-XPS.

Author contributions IL: data collection, data analysis, manuscript writing and editing. KL: data collection, data analysis. KCZ: project

development. HC: project development, manuscript editing. MR: manuscript writing and editing.

Funding Open Access funding enabled and organized by Projekt DEAL.

Declarations

Conflict of Interest Hannes Cash, Kevin Zorn, Dean Elterman, Edgardo F. Becher, Giovanni Ferrari and Luca Cindolo report receiving honoraria as consultant/proctor for Boston Scientific. All other authors report no conflict of interest.

Ethical approval All procedures performed in this study were in approval with the ethical standards of the institutional research committee and with the 1964 Helsinki declaration and its later amendments or comparable ethical standards.

Consent for publication For this type of study, informed consent is not required (retrospective study).

Open Access This article is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License, which permits use, sharing, adaptation, distribution and reproduction in any medium or format, as long as you give appropriate credit to the original author(s) and the source, provide a link to the Creative Commons licence, and indicate if changes were made. The images or other third party material in this article are included in the article's Creative Commons licence, unless indicated otherwise in a credit line to the material. If material is not included in the article's Creative Commons licence and your intended use is not permitted by statutory regulation or exceeds the permitted use, you will need to obtain permission directly from the copyright holder. To view a copy of this licence, visit <http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>.

References

1. Foster HE, Barry MJ, Dahm P et al (2018) Surgical Management of Lower Urinary Tract Symptoms Attributed to Benign Prostatic Hyperplasia: AUA Guideline. *J Urol* 200(3):612–619. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/29775639>
2. Gratzke C, Bachmann A, Descoteaux A et al (2015) EAU guidelines on the assessment of non-neurogenic male lower urinary tract symptoms including benign prostatic obstruction. *Eur Urol* 67(6):1099–1109
3. Valdivieso R, Hueber PA, Meskawi M et al (2018) Multicentre international experience of 532-nm laser photoselective vaporization with GreenLight XPS in men with very large prostates. *BJU Int* 122(5):873–878. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/29570929>
4. Stone BV, Chughtai B, Forde JC et al (2016) Safety and Efficacy of GreenLight XPS laser vaporization in prostates measuring over 150 ml. *J Endourol* 30(8):906–912. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/27203515>
5. Nickel JC, Aaron L, Barkin J et al (2018) Canadian Urological Association guideline on male lower urinary tract symptoms/benign prostatic hyperplasia (MLUTS/BPH): 2018 update. *Can Urol Assoc J* 12(10):303–312. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/30332601>
6. Bachmann A, Tubaro A, Barber N et al (2014) 180-W XPS GreenLight laser vaporisation versus transurethral resection of the prostate for the treatment of benign prostatic obstruction: 6-month

- safety and efficacy results of a European Multicentre Randomised Trial—the GOLIATH study. *Eur Urol* 65(5):931–942
- Reimann M, Fishman N, Almedom Z et al (2018) Perioperative changes and progress in photoselective vaporization of the prostate with GreenLight XPS 180 W system: a single center experience. *Urol Int* 100(4):463–469. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/29621785>
 - Law KW, Tholomier C, Nguyen DD et al (2021) Global Greenlight Group: largest international Greenlight experience for benign prostatic hyperplasia to assess efficacy and safety. *World J Urol* <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/33837819>
 - Parsons JK, Dahm P, Kobler TS et al (2020) Surgical management of lower urinary tract symptoms attributed to benign prostatic hyperplasia: AUA guideline amendment 2020. *J Urol* 204(4):799–804. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/32698710>
 - Campobasso D, Marchioni M, Altieri V et al (2020) GreenLight photoselective vaporization of the prostate: one laser for different prostate sizes. *J Endourol* 34(1):54–62. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/31617419>
 - Gu X, Strom K, Spaliviero M et al (2013) Does prostate configuration affect the efficacy and safety of GreenLight HPS laser photoselective vaporization prostatectomy (PVP)? *Lasers Med Sci* 28(2):473–478. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/22460737>
 - Nguyen DD, Misrai V, Bach T et al (2020) Operative time comparison of aquablation, greenlight PVP, ThuL-EP, GreenL-EP, and HoLEP. *World J Urol* 38(12):3227–3233. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/32124018>
 - Valdivieso R, Meyer CP, Hueber PA et al (2016) Assessment of energy density usage during 180W lithium triborate laser photoselective vaporization of the prostate for benign prostatic hyperplasia. Is there an optimum amount of kilo-Joules per gram of prostate? *BJU Int* 118(4):633–640. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/26970202>
 - Nguyen DD, Sadri I, Law K et al (2021) Impact of the presence of a median lobe on functional outcomes of greenlight photovaporization of the prostate (PVP): an analysis of the Global Greenlight Group (GGG) Database. *World J Urol* <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/33388918>
 - Meskawi M, Hueber PA, Valdivieso R et al (2019) Complications and functional outcomes of high-risk patient with cardiovascular disease on antithrombotic medication treated with the 532-nm-laser photo-vaporization Greenlight XPS-180 W for benign prostatic hyperplasia. *World J Urol* 37(8):1671–1678. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/30478499>
 - Meskawi M, Hueber PA, Valdivieso R et al (2017) Multicenter international experience of 532 nm-laser photo-vaporization with Greenlight XPS in men with large prostates (prostate volume > 100 cc). *World J Urol* 35(10):1603–1609. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/28229211>
 - Thomas JA, Tubaro A, Barber N et al (2016) A Multicenter Randomized Noninferiority Trial Comparing GreenLight-XPS Laser Vaporization of the Prostate and Transurethral Resection of the Prostate for the Treatment of Benign Prostatic Obstruction: Two-yr Outcomes of the GOLIATH Study. *Eur Urol* 69(1):94–102. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/26283011>
 - Reale G, Marchioni M, Altieri V et al (2020) Operative profile, safety and functional outcomes after GreenLight laser prostate surgery: results from a 12 months follow-up multicenter Italian cohort analysis. *Minerva Urol Nefrol* 72(5):622–628. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/32284526>
 - Goueli R, Meskawi M, Thomas D et al (2017) Efficacy, Safety, and Durability of 532 nm Laser Photovaporization of the Prostate with GreenLight 180 W XPS in Men with Acute Urinary Retention. *J Endourol* 31(11):1189–1194. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/28844169>

Publisher's Note Springer Nature remains neutral with regard to jurisdictional claims in published maps and institutional affiliations.

Authors and Affiliations

Isabel Lichy¹ · Kyle Law⁴ · Côme Tholomier⁶ · David-Dan Nguyen⁵ · Iman Sadri⁶ · David Bouhadana⁵ · Félix Couture⁴ · Ahmed S. Zakaria⁷ · Naeem Bhojani⁴ · Kevin C. Zorn⁴ · Franck Bruyère⁹ · Luca Cindolo¹⁰ · Giovanni Ferrari¹⁰ · Carlos Vasquez-Lastra¹¹ · Tiago J. Borelli-Bovo¹² · Edgardo F. Becher¹³ · Vincent Misrai¹⁴ · Dean Elterman¹⁵ · Maximilian Reimann¹ · Hannes Cash^{2,3,8}

Kyle Law
kylelaw@gmail.com

Côme Tholomier
come.tholomier@gmail.com

David-Dan Nguyen
david-dan.nguyen@mail.mcgill.ca

Iman Sadri
iman.sadri@mail.mcgill.ca

David Bouhadana
david.bouhadana@mail.mcgill.ca

Félix Couture
felix.couture@mail.mcgill.ca

Ahmed S. Zakaria
aszakaria81@yahoo.com

Naeem Bhojani
naeem.bhojani@gmail.com

Kevin C. Zorn
zorn.chumurology@gmail.com

Franck Bruyère
f.bruyere@chu-tours.fr

Luca Cindolo
lucacindolo@virgilio.it

Giovanni Ferrari
gferrari@hesperia.it

Carlos Vasquez-Lastra
drcvlasra@hotmail.com

Tiago J. Borelli-Bovo
contato@borelliurologia.com.br

Edgardo F. Becher
ebecher@cdu.com.ar

Vincent Misrai
vmisrai@clinique-pasteur.com

- Dean Elterman
dean.elterman@uhn.ca
- Maximilian Reimann
maximilian.reimann@charite.de
- Hannes Cash
hannes.cash@prouro.de
- ¹ Department of Urology, Charité–University Medicine Berlin, Hindenburgdamm 30, 12203 Berlin, Germany
 - ² Prouro, Urology Berlin, Berlin, Germany
 - ³ Department of Urology, University of Magdeburg, Magdeburg, Germany
 - ⁴ Department of Urology, University of Montreal Hospital Center (CHUM), Montreal, Canada
 - ⁵ Faculty of Medicine and Health Sciences, McGill University, Montreal, Canada
 - ⁶ Division of Urology, Department of Surgery, McGill University, Montreal, QC, Canada
 - ⁷ Division of Urology, Department of Surgery, Northern Ontario School of Medicine, Thunder Bay, ON, Canada
 - ⁸ Department of Urology, University Hospital Magdeburg, Magdeburg, Germany
 - ⁹ Department of Oncology and Urology, Centre Hospitalier Universitaire de Tours, Centre-Val de Loire, France
 - ¹⁰ Department of Urology, Hesperia Hospital, Cure Group, Modena, Italy
 - ¹¹ Department of Urology, ABC Medical Center, Mexico City, Mexico
 - ¹² Borelli Urologia, Ribeirão Preto, Brazil
 - ¹³ Centro de Urologia, CDU, Buenos Aires, Argentina
 - ¹⁴ Department of Urology, Clinique Pasteur, Toulouse, Midi-Pyrenees, France
 - ¹⁵ Division of Urology, Dept. of Surgery, University Health Network, University of Toronto, Toronto, ON, Canada

Lebenslauf

Mein Lebenslauf wird aus datenschutzrechtlichen Gründen in der elektronischen Version meiner Arbeit nicht veröffentlicht.

Komplette Publikationsliste

Erstautorenschaft:

Lichy I, Law K, Tholomier C, Nguyen DD, Sadri I, Bouhadana D, Couture F, Zakaria AS, Bhojani N, Zorn KC, Bruyere F, Cindolo L, Ferrari G, Vasquez-Lastra C, Borelli-Bovo TJ, Becher EF, Misrai V, Elterman D, Reimann M, Cash H. Global experience and progress in GreenLight-XPS 180-Watt photoselective vaporization of the prostate. World J Urol. 2022;40(6):1513-22.

Journal Impact Factor: 4,226

Vortrag:

Lichy I, Law K, Tholomier C, Nguyen DD, Sadri I, Bouhadana D, Couture F, Zakaria AS, Bhojani N, Zorn KC, Bruyere F, Cindolo L, Ferrari G, Vasquez-Lastra C, Borelli-Bovo TJ, Becher EF, Misrai V, Elterman D, Reimann M, Cash H. Global experience and progress in GreenLight-XPS 180-Watt photoselective vaporization of the prostate, 74. Kongress der Deutschen Gesellschaft für Urologie, Hamburg 22.09.2022.

Danksagung

An erster Stelle möchte ich mich bei meinem Doktorvater Herrn PD Dr. med. Hannes Cash für die Überlassung des Promotionsthemas sowie für die langjährige beharrlichen Betreuung bedanken. Seine konstruktive Kritik war mir stets eine große Hilfe. Weiterhin danke ich Herrn Dr. med. Maximilian Reimann für die gute Zusammenarbeit in der Verschriftlichung unserer Publikation. Darüber hinaus Danke ich allen Mitarbeitern der Klinik für Urologie der Charité, welche die hier zugrunde liegende Datensammlung erst möglich gemacht haben.

Von Herzen danke ich meinen Lieblingsfreundinnen Melanie und Beatrice die mir unermüdlich mit ihrem großen urologischen und wissenschaftlichen Fachverstand zur Seite standen und meinen fehlenden Antrieb nie verurteilten. Ich danke meiner wunderbaren Schwester Marielena, dafür, dass sie mir stets hilfsbereit zur Seite steht.

Nach insgesamt zwölf frustrierenden Jahren im Rad der Promotionsarbeiten kann ich diese Dissertation nun endlich meinen Eltern, sowie der Familie Kruska widmen, welche die Verwirklichung meiner beruflichen Träume zunächst angestoßen und anschließend beständig unterstützt haben.