

**Predictors of Treatment Failure, Second-Line Therapy  
Outcomes, and Patient Satisfaction After Prostatic Artery  
Embolization: A Retrospective Study in Benign Prostatic  
Hyperplasia**

Dissertation  
zur Erlangung des akademischen Grades eines  
Doktors der Medizin Dr. med.  
an der  
Medizinischen Fakultät der Universität Hamburg

vorgelegt von  
Khaled Salem Khaled Alghueiri

aus  
Amman, Jordanien

2025

Betreuer:in / Gutachter:in der Dissertation: **Prof. Dr. Martin Friedrich**  
Gutachter:in der Dissertation: **PD Dr. Armin Soave**

Vorsitz der Prüfungskommission: **PD Dr. Armin Soave**  
Mitglied der Prüfungskommission: **Prof. Dr. Tobias Maurer**  
Mitglied der Prüfungskommission: **Prof. Dr. Margit Fisch**

Datum der mündlichen Prüfung: **13.01.2026**

## Inhaltsverzeichnis

1. <u>Darstellung der Publikation</u>	<u>4-12</u>
2. <u>Artikel</u>	<u>13-21</u>
3. <u>Zusammenfassung</u>	<u>22</u>
4. <u>Literaturverzeichnis</u>	<u>23-24</u>
5. <u>Abkürzungsverzeichnis</u>	<u>25</u>
6. <u>Abbildungsverzeichnis</u>	<u>26</u>
7. <u>Erklärung des Eigenanteils</u>	<u>27</u>
8. <u>Eidesstattliche Versicherung</u>	<u>28</u>

## Darstellung der Publikation

### 1- Einleitung:

Die benigne Prostatahyperplasie (BPH), heute auch als benignes Prostata syndrom (BPS) bezeichnet, zählt zu den häufigsten urologischen Erkrankungen älterer Männer. Studien zeigen, dass bis zu 50 % der Männer im Alter von 50 Jahren und bis zu 80 % der Männer über 80 Jahren histologische Anzeichen einer BPH aufweisen [1].

Etwa 50 % der Männer mit benigner Prostatahyperplasie erfahren eine Symptomverbesserung durch alleinige medikamentöse Therapie (z. B.  $\alpha$ -Blocker). Bei etwa der Hälfte der Patienten werden jedoch keine ausreichenden klinischen Verbesserungen erzielt, sodass eine weiterführende Intervention erforderlich wird [2].

Bleibt die medikamentöse Therapie frustriert oder bestehen weiterhin ausgeprägte Symptome, stellt die transurethrale Resektion der Prostata (TUR-P) seit mehreren Jahrzehnten den internationalen Goldstandard in der operativen Behandlung der benigen Prostatahyperplasie dar. Trotz der hohen Erfolgsrate ist die TUR-P mit Komplikationen wie retrograder Ejakulation sowie Blutungen und Inkontinenz assoziiert. Diese haben in den letzten Jahren zur Entwicklung minimalinvasiver Therapieoptionen geführt [3,4].

Eine dieser Alternativen ist die Prostataarterienembolisation (PAE), ein interventionell-radiologisches Verfahren, bei dem durch die gezielte Embolisation der Arteriae prostaticae eine ischämisch induzierte Schrumpfung des Prostatagewebes erzielt wird. PAE wird transarteriell über die Leistenarterie durchgeführt und ermöglicht eine organschonende Therapie bei symptomatischer BPH, insbesondere bei Patienten mit erhöhtem Operationsrisiko. Zahlreiche Studien belegen die Wirksamkeit der PAE bei Verbesserung von Symptomen, Lebensqualität und funktionellen Parametern – bei gleichzeitig geringerer Invasivität im Vergleich zur TUR-P [5,6].

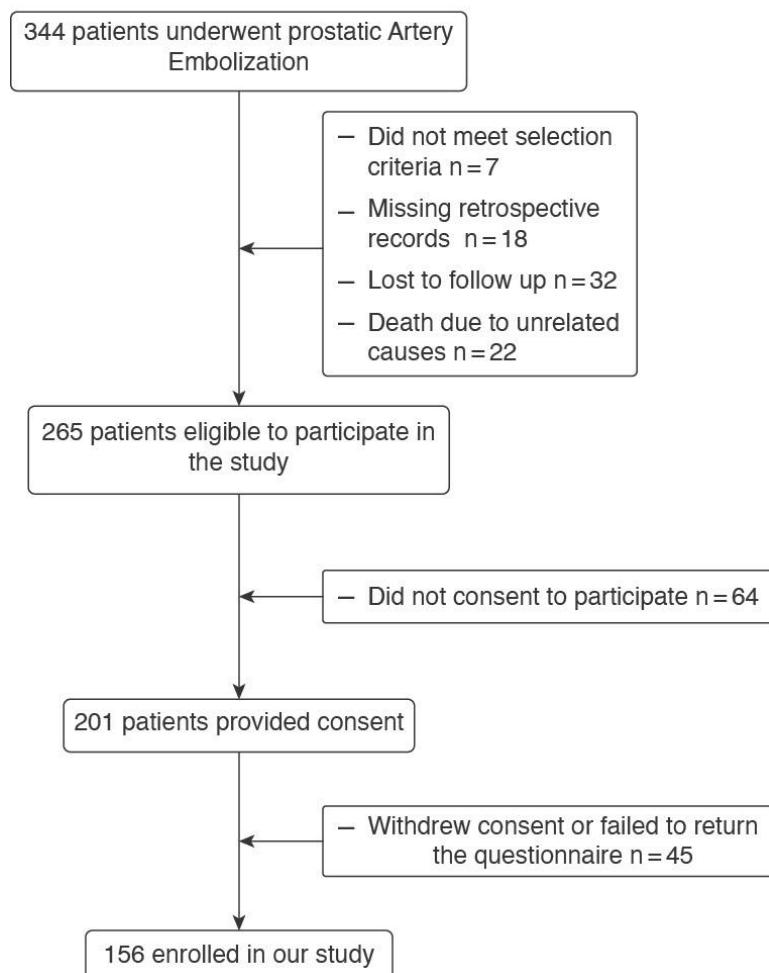
Trotz vielversprechender klinischer Ergebnisse zeigt sich bei einem relevanten Anteil der Patienten nach der PAE ein Therapieversagen. Daten zu Prädiktoren für ein Therapieversagen, den im Anschluss gewählten Zweitlinientherapien sowie deren langfristigem Erfolg und Einfluss auf die Patientenzufriedenheit sind bislang begrenzt [7]. Das Ziel unserer Studie ist, Faktoren zu identifizieren, die mit einem Therapieversagen nach PAE

assoziiert sind, Zweitlinientherapien zu analysieren und deren Auswirkungen auf die Zufriedenheit der Patienten zu untersuchen.

## 2- Methoden

Wir führten eine retrospektive, monozentrische Studie an der Klinik für Urologie des Helios Klinikums Krefeld durch. Zwischen Januar 2017 und Januar 2022 erhielten insgesamt 344 Patienten mit BPH eine PAE. Eingeschlossen wurden Männer im Alter von mindestens 50 Jahren mit einem IPSS  $\geq 8$  und einem Prostatavolumen von mindestens 40 ml, bei denen eine mindestens sechsmonatige medikamentöse Therapie erfolglos geblieben war. Die Nachbeobachtungszeit betrug mindestens 12 Monate. Ausgeschlossen wurden Patienten mit Prostatakarzinom, vorangegangenen Prostataoperationen oder unvollständigen medizinischen Datensätzen. Insgesamt wurden 156 Patienten in die Studie eingeschlossen. Die Auswahl der Patienten ist in Abbildung 1 dargestellt [8]. Alle Patienten waren mit der Teilnahme an der Studie einverstanden und gaben ihr schriftliches Einverständnis. Die Studie wurde von der Ethikkommission der Ärztekammer Nordrhein genehmigt.

**Figure 1. Study enrollment and follow-up.**



Die retrospektive Datenerhebung umfasste demografische und klinische Basisdaten wie Alter, Prostatavolumen, PSA-Wert, postmiktionsresiduum (PVR) und IPSS. Zur Beurteilung des Therapieerfolgs wurde ein standardisierter Fragebogen an die Patienten versendet, mit dem aktualisierte IPSS-Werte, aktuelle Zufriedenheitsangaben, Komplikationen, ggf. erfolgte Zweitinterventionen und histologische Befunde erfasst wurden. Ein Therapieversagen wurde definiert als notwendige Zweitintervention im Nachbeobachtungszeitraum. Bei Patienten, die sich einer Zweitintervention unterzogen, wurde zusätzlich ein Follow-up mindestens ein Jahr nach dem Eingriff durchgeführt.

Die Patientenzufriedenheit wurde auf einer sechsstufigen Skala (1 = sehr unzufrieden bis 6 = sehr zufrieden) erhoben. Für die Analyse wurde diese Skala in drei Gruppen unterteilt: niedrige Zufriedenheit (1–2), moderate Zufriedenheit (3–4) und hohe Zufriedenheit (5–6).

Zur statistischen Analyse wurden deskriptive Methoden sowie Gruppenvergleiche (t-Test, ANOVA, Wilcoxon-Test, Chi-Quadrat-Test) verwendet. Zur Berücksichtigung relevanter Einflussfaktoren kamen multivariable Regressionsanalysen sowie Kaplan-Meier-Kurven mit Log-Rank-Test zum Einsatz. Die Auswertung erfolgte mit R (Version 4.2.2) und GraphPad Prism (Version 5.0).

### **3- Ergebnisse:**

Insgesamt wurden 156 Patienten in die Analyse eingeschlossen. Die minimale Nachbeobachtungszeit betrug 12 Monate, mit einer medianen Follow-up-Zeit von 37 Monaten. Das mediane Alter betrug 66 Jahren (SD: 6,9). Das mediane Prostatavolumen lag bei 70 ml (IQR: 54–91,25), der mittlere PSA-Wert lag bei 3,7 ng/ml (IQR: 2,1–5,9), und das mediane Restharnvolumen bei 50 ml (IQR: 20–110 ml). Fünf Patienten (3,2 %) hatten zum Zeitpunkt der PAE einen transurethralen Katheter. Die Patienteneigenschaften und Ergebnisse, gruppiert nach Zufriedenheitsniveau, sind in **Tabelle 1** dargestellt [8].

Insgesamt traten bei 54 Patienten (34,5 %) Komplikationen auf, wobei die meisten als Clavien-Dindo Grad I oder II eingestuft wurden. Schwerwiegende Komplikationen (Grad III oder höher) wurden in weniger als 5 % der Fälle dokumentiert.

1

Table 1: Baseline Characteristics and Outcome Measures by Satisfaction Level After PAE

	High Satisfaction (n = 56)	Moderate Satisfaction (n = 51)	Low Satisfaction (n=49)	P Value *
Median age, yr (SD) {range}	64.38 (6.22) {51-77}	68.75 (7.05) {56-81}	66.69 (7.04) {51-80}	<b>0.004</b>
PV, median (IQR) {range}	80.50 (61.50,100.00) {40-180}	60.00 (50.00, 80.00) {38-200}	65.00 (54.00, 85.00) {36-250}	<b>0.014</b>
PVR, median (IQR)	64.00 (30.00, 127.50)	50.00 (0.00, 90.00)	50.00 (22.00, 125.00)	<b>0.199</b>
PSA, median (IQR)	4.70 (2.82, 7.13)	2.80 (1.92, 4.20)	3.60 (2.04, 6.00)	<b>0.112</b>
Preoperative Q <sub>max</sub> , median (IQR)	10 (6.5 – 13)	7.6 (5.6 – 11)	6.8 (5.2 – 8.9)	<b>0.085</b>
RE n(%)	9 (16.1)	10 (19.6)	3 (6.1)	<b>0.133</b>
Preoperative IPSS, median (IQR)	23.50 (20.00, 27.25)	22.00 (17.50, 26.00)	22.00 (17.00, 28.00)	<b>0.513</b>
Postoperative IPSS, mean (SD)	9.18 (5.80)	15.03 (5.05)	17.59 (6.77)	<b>&lt;0.001</b>
IPSS reduction, mean (SD)	13.62 (7.62)	5.33 (7.40)	2.81 (7.75)	<b>&lt;0.001</b>

PV: Prostate Volume in ml, PVR: Post-void residual in ml, PSA: Prostate-specific antigen in ng/mL, RE: Retrograde Ejaculation, IPSS: International Prostate Symptom Score, IPSS reduction: Difference between preoperative IPSS and postoperative IPSS at least 12 months after PAE.

Q<sub>max</sub>: maximum urinary flow rate in ml/s. |

### 3.1. Einflussfaktoren auf die Patientenzufriedenheit nach PAE

Von den 156 eingeschlossenen Patienten berichteten 56 (35,9 %) eine hohe Zufriedenheit (Note 5–6), 51 (32,7 %) eine moderate Zufriedenheit (Note 3–4) und 49 (31,4 %) eine geringe Zufriedenheit (Note 1–2). Der durchschnittliche IPSS-Abfall betrug 8 Punkte. Es zeigte sich eine signifikante Korrelation zwischen der IPSS-Reduktion und dem Zufriedenheitsniveau (Pearson-Korrelationskoeffizient  $r = 0,62$ ;  $p < 0,001$ ). Diese ist in **Abbildung 2** dargestellt [8]. In der multivariablen linearen Regressionsanalyse waren ein jüngeres Alter ( $p = 0,01$ ; 95 %-KI: 0,08–0,37), ein größeres Prostatavolumen ( $p = 0,02$ ; 95 %-KI: 0,05–0,36) sowie ein niedrigeres PVR ( $p = 0,03$ ; 95 %-KI: 0,21–0,48) signifikant mit höherer Patientenzufriedenheit assoziiert. Andere Faktoren, wie der initiale IPSS-Wert, der PSA-Ausgangswert, Komplikationen oder retrograde Ejakulation, zeigten keinen signifikanten Zusammenhang mit der Zufriedenheit ( $p > 0,1$ ).

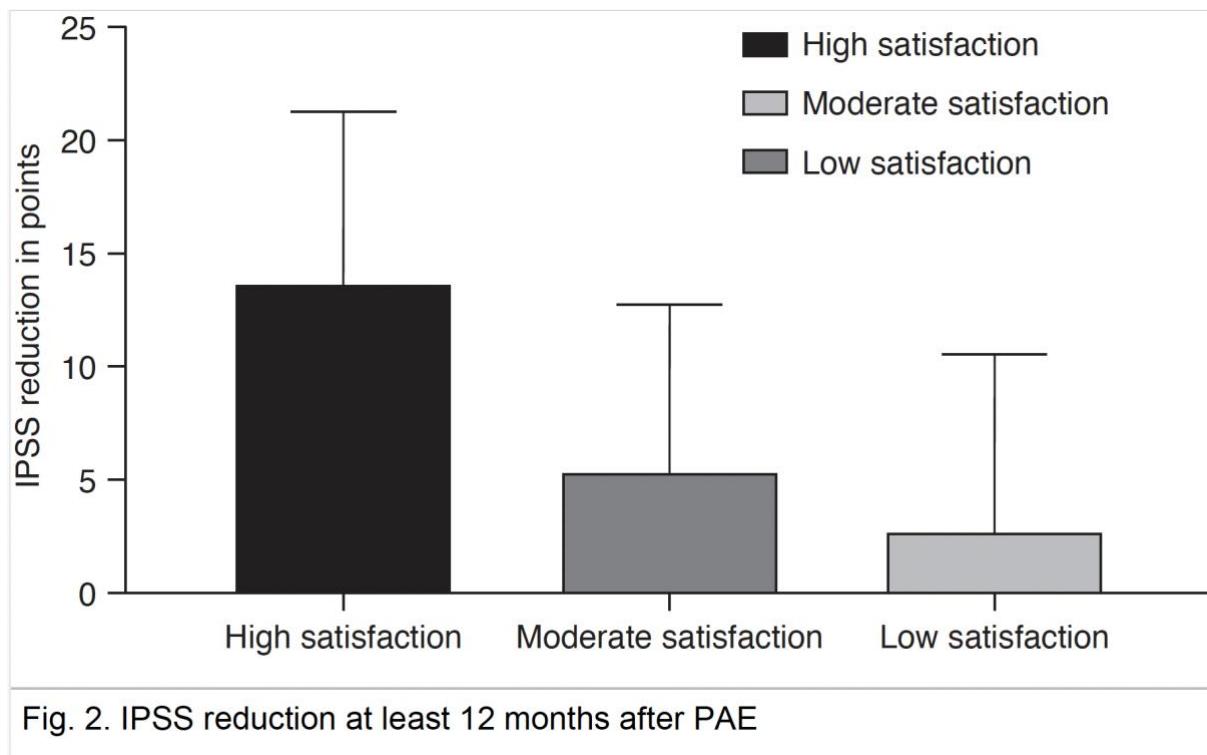


Fig. 2. IPSS reduction at least 12 months after PAE

### 3.2. Prädiktoren des Therapieversagens und Ergebnisse der Second-Line-Therapie

Insgesamt benötigten 44 Patienten (28,2 %) aufgrund eines unzureichenden Therapieansprechens eine Second-Line-Therapie. Von diesen erhielten 20 (45,5 %) eine HoLEP, 13 (29,5 %) eine TUR-P, 4 (9,1 %) eine zweite PAE, 3 (6,8 %) eine Rezūm-Therapie, 3 (6,8 %) eine offene Adenomektomie und 1 (2,3 %) eine Aquablation. Ablative Verfahren wie HoLEP und TUR-P führten zu einer signifikanten Symptomverbesserung mit einem mittleren IPSS-Abfall von 15,7 Punkten (95 %-KI: 12,75–18,74;  $p < 0,0001$ ), diese ist in **Abbildung 3** dargestellt [8]. In der multivariablen Regressionsanalyse erwiesen sich ein höherer Ausgangs-IPSS ( $p < 0,01$ ) sowie ein erhöhtes postmiktionsresiduum (PVR) ( $p = 0,03$ ) als signifikante Prädiktoren für ein Therapieversagen nach PAE.

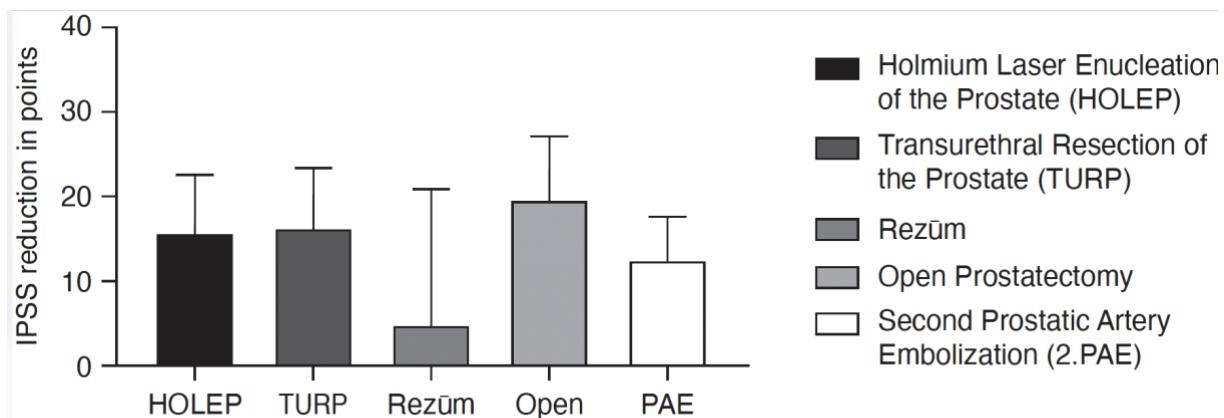
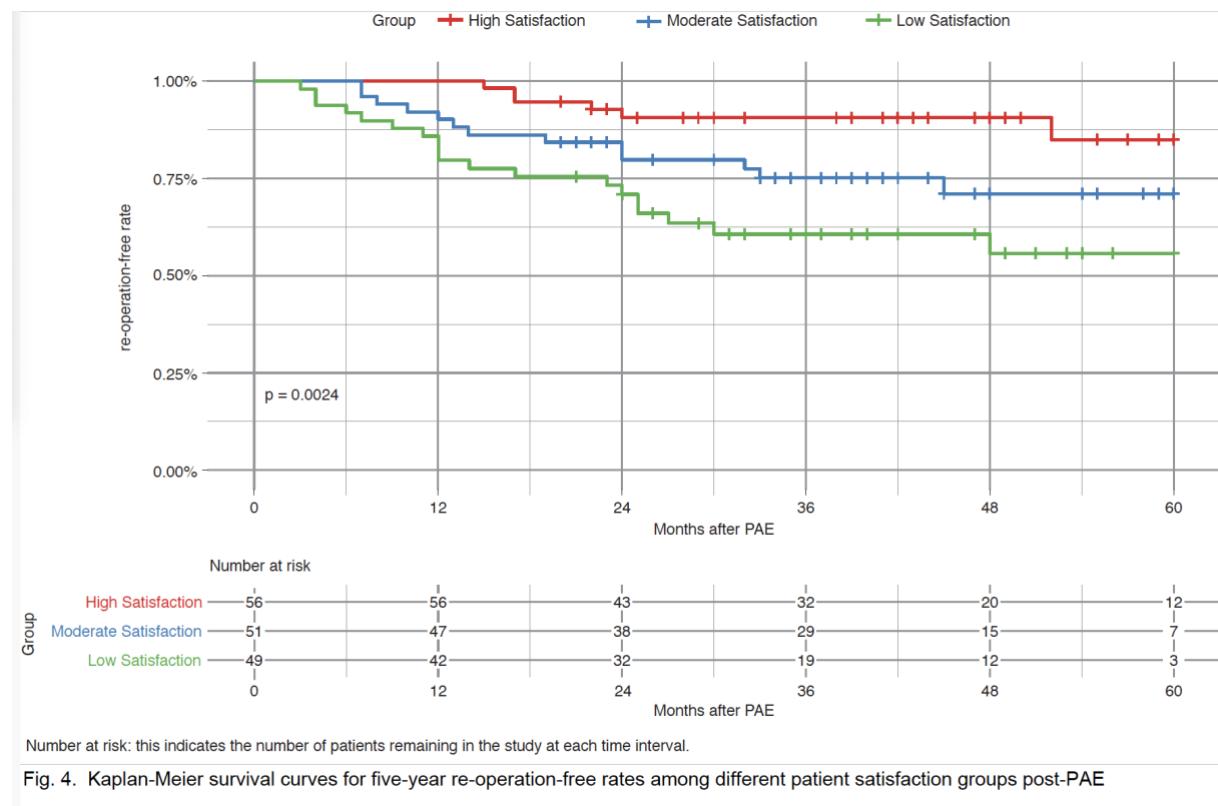


Fig. 3. IPSS reduction at least 12 months after the second-line therapy

### 3.3 Kaplan-Meier-Analyse der Reoperationsfreiheit

Die Kaplan-Meier-Analyse zeigte signifikante Unterschiede in der Reoperationsfreiheit in Abhängigkeit vom Zufriedenheitsniveau ( $p = 0,002$ ). Nach 60 Monaten lag die Reoperationsfreiheit bei 85 % in der Gruppe mit hoher Zufriedenheit (95 %-KI: 72,9–99,1), bei 71 % in der moderat zufriedenen Gruppe (95 %-KI: 58,2–86,6) und bei 55,7 % in der Gruppe mit niedriger Zufriedenheit (95 %-KI: 41,6–74,6) (Abbildung 4, [8]).



### 3.4. Inzidenz von inzidentellem Prostatakarzinom (iPCa) nach Second-Line-Therapie

Bei 27 Patienten, die sich im Rahmen einer Reoperation einer histologischen Untersuchung unterzogen, wurde in 5 Fällen (18,5 %) ein inzidentelles Prostatakarzinom (iPCa) festgestellt. Davon zeigten 4 Patienten einen Gleason-Score von 3+3 und 1 Patient einen Gleason-Score von 4+3. Das durchschnittliche Alter dieser Gruppe betrug 70,2 Jahre (SD: 5,7), und der mediane PSA-Wert lag bei 3,6 ng/ml (IQR: 2,02–5,9).

#### **4- Diskussion:**

Die Behandlung der BPH hat sich im Laufe der letzten Jahrzehnte erheblich weiterentwickelt. Während die transurethrale Resektion der Prostata (TUR-P) lange Zeit als Goldstandard galt, gewinnen minimalinvasive Verfahren wie die Prostataarterienembolisation (PAE) zunehmend an Bedeutung. In unserer Studie führte die PAE zu einem durchschnittlichen IPSS-Abfall von 8 Punkten, was eine klinisch relevante Verbesserung darstellt. Diese Reduktion liegt jedoch unter dem, was in randomisierten Studien zur TUR-P berichtet wurde. Die Reoperationsrate von 28,2 % nach fünf Jahren unterstreicht, dass die PAE zwar eine effektive symptomatische Linderung bieten kann, jedoch bei Patienten mit ausgeprägtem Restharnvolumen oder schwerer Symptomlast der TUR-P hinsichtlich der langfristigen Wirksamkeit unterlegen ist [9].

Die Patientenzufriedenheit nach PAE zeigte eine hohe Variabilität. Jüngere Patienten sowie solche mit geringerem Restharnvolumen berichteten häufiger über eine höhere Zufriedenheit. Im Gegensatz dazu wiesen Patienten mit erhöhtem Restharnvolumen eine erhöhte Wahrscheinlichkeit für ein Therapieversagen auf. Dies könnte auf eine detrusorische Hypoaktivität infolge einer chronischen Obstruktion zurückzuführen sein, wie auch in der Literatur beschrieben [10]. Interessanterweise war ein größeres Prostatavolumen mit einer höheren Zufriedenheit assoziiert. Eine mögliche Erklärung hierfür liegt in der besseren vaskulären Versorgung größerer Prostatadrüsen, was die Effektivität der Embolisation verbessern könnte [11].

Unsere Daten zeigen, dass nach einem Therapieversagen der PAE vor allem ablative Verfahren wie HoLEP und TUR-P als Second-Line-Therapien signifikant effektiv sind. In der aktuellen Literatur wird berichtet, dass TUR-P und offene Prostatektomien im Vergleich zur PAE in urodynamischen Parametern und Symptomverbesserungen überlegen sind, obwohl die PAE bei weniger Nebenwirkungen punktet [12].

Trotz der Erwartung vieler Patienten, durch die PAE die Ejakulationsfunktion erhalten zu können, zeigte unsere Analyse, dass das Auftreten einer retrograden Ejakulation (RE) weder mit dem Therapieerfolg noch mit der Patientenzufriedenheit signifikant assoziiert war ( $p > 0,1$ ). Dies deutet darauf hin, dass funktionelle Ergebnisse wie die Erhaltung der Ejakulation zwar individuell relevant sein können, letztlich aber die subjektive Symptomverbesserung und Lebensqualität eine größere Rolle für die Zufriedenheit spielen.

Unsere Rate an retrograder Ejakulation lag bei 14 %, was mit den Ergebnissen von anderen Studien übereinstimmt [13].

In unserer Kohorte wurde bei 18,5 % der Patienten, die sich nach PAE einer Second-Line-Operation mit histologischer Untersuchung unterzogen, ein inzidentelles Prostatakarzinom (iPCa) diagnostiziert. Dieser Anteil liegt über den in der Literatur beschriebenen Raten von etwa 10 %, die typischerweise nach primären BPH-Operationen wie TUR-P berichtet werden [14,15]. Möglicherweise wurden bei diesen Patienten die Symptome nicht primär durch die benigne Hyperplasie verursacht, sondern (auch) durch bislang unentdeckte Karzinome, was die ausbleibende Symptomverbesserung nach PAE und das erhöhte Reoperationsrisiko erklären könnte.

Unsere Studie weist mehrere Limitationen auf. Zum einen handelt es sich um eine retrospektive Analyse mit den typischen Einschränkungen hinsichtlich Datenvollständigkeit und Recall-Bias. Die Erhebung der Patientenzufriedenheit erfolgte nur zu einem einzigen Zeitpunkt, was mögliche Veränderungen über die Zeit hinweg nicht abbildet. Zudem wurden keine objektiven funktionellen Parameter wie Uroflowmetrie erfasst, was die Aussagekraft bezüglich funktioneller Verbesserungen einschränkt. Ein weiterer methodischer Schwachpunkt liegt in der nicht validierten Skala zur Erhebung der Patientenzufriedenheit, was die Vergleichbarkeit mit anderen Studien limitiert. Darüber hinaus wurde die Studie in einem einzelnen Zentrum durchgeführt, wodurch die Generalisierbarkeit der Ergebnisse eingeschränkt sein könnte. Trotz dieser Einschränkungen bietet unsere Arbeit wichtige Erkenntnisse zur Rolle der PAE im klinischen Alltag und deren Grenzen.

Für zukünftige Studien empfehlen wir prospektive, multizentrische Designs mit längerer Nachbeobachtungsdauer und der systematischen Erhebung objektiver und subjektiver Parameter. Der Einsatz bildgebender Verfahren wie der MRT könnte helfen, strukturelle und funktionelle Veränderungen nach PAE besser zu verstehen und frühzeitig Hinweise auf ein mögliches Therapieversagen zu liefern.

## 5- Fazit

Die PAE stellt eine effektive minimalinvasive Therapieoption bei Patienten mit BPH dar. Unsere Ergebnisse zeigen, dass jüngere Patienten mit größerem Prostatavolumen und geringerem Restharnvolumen besonders von der PAE profitieren. Gleichzeitig verdeutlicht die beobachtete Reoperationsrate von 28,2 %, dass die PAE bei bestimmten Patientengruppen – insbesondere bei ausgeprägtem Restharn – an ihre Grenzen stößt. Ablative Verfahren wie HoLEP und TUR-P haben sich in unserer Analyse als effektive Zweitlinientherapien erwiesen. Die retrograde Ejakulation hatte keinen signifikanten Einfluss auf die Patientenzufriedenheit. Insgesamt unterstreicht unsere Studie den klinischen Stellenwert der PAE, zeigt aber auch die Notwendigkeit einer präzisen Patientenselektion. Zukünftige prospektive, multizentrische Studien sind notwendig, um Langzeitergebnisse und prädiktive Faktoren weiter zu untersuchen.

## Predictors of Treatment Failure, Second-Line Therapy Outcomes, and Patient Satisfaction after Prostatic Artery Embolization: A Retrospective Study in Benign Prostatic Hyperplasia

Khaled Alghueiri<sup>a,b,c</sup> Philipp C. Engert<sup>a</sup> Mohamed Alhabib<sup>a</sup> Peter Schott<sup>d</sup>  
Waseem Arafat<sup>a</sup> Armin Soave<sup>b</sup> Martin G. Friedrich<sup>a</sup>

<sup>a</sup>Department of Urology, Helios Hospital Krefeld, Krefeld, Germany; <sup>b</sup>Department of Urology, University Medical Center Hamburg-Eppendorf (UKE), University of Hamburg, Hamburg, Germany; <sup>c</sup>Department of Urology, Pediatric Urology, and Andrology, University Hospital Giessen and Marburg, Giessen, Germany; <sup>d</sup>Department of Radiology, Helios Hospital Krefeld, Krefeld, Germany

### Keywords

Benign prostatic hyperplasia · Lower urinary tract symptom · Post-void residual volume · Prostate artery embolization · Reoperation

### Abstract

**Introduction:** This study aims to evaluate the effectiveness of prostatic artery embolization (PAE) in treating benign prostatic hyperplasia (BPH), focusing on identifying the predictors of treatment failure and assessing patient satisfaction and second-line therapies for patients who undergo reoperation. **Methods:** We conducted a monocentric, retrospective study involving 344 patients who underwent PAE from 2017 to 2022. The minimum follow-up time was 12 months. Baseline data were retrospectively collected. A single follow-up questionnaire was administered at the time of the study. Included patients were  $\geq 50$  years, with a prostate volume  $\geq 40$  mL, an International Prostate Symptom Score (IPSS)  $\geq 8$  and were unresponsive to medical therapy. **Results:** Among 156

participants, the reoperation rate at 5 years was 28.2%. Baseline IPSS and post-void residual volumes (PVR) were significant predictors of therapy failure. Higher satisfaction was associated with younger age ( $p = 0.01$ ), larger prostate volume ( $p = 0.02$ ), and lower PVR ( $p = 0.03$ ). Patients with higher satisfaction had better reoperation-free rates at 60 months ( $p = 0.002$ ). **Conclusions:** PAE is effective in reducing symptoms in patients with BPH; however, the reoperation rate emphasizes the importance of careful patient selection. Study limitations include potential selection bias, missing data, the single-center setting, and the use of a single follow-up questionnaire.

© 2025 The Author(s).  
Published by S. Karger AG, Basel

## Introduction

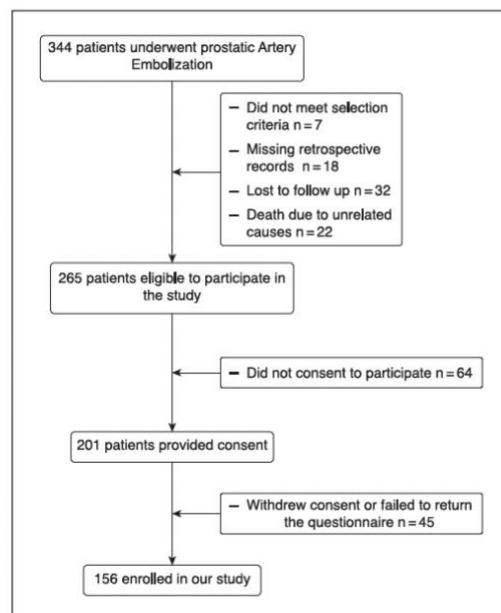
Benign prostatic hyperplasia (BPH) significantly impacts the quality of life in aging men by causing bothersome lower urinary tract symptoms. While not every case of prostatic enlargement is clinically significant, the probability of experiencing benign prostatic obstruction along with lower urinary tract symptoms increases with age. Research shows that 56% of men younger than 80 years and 70% of those older than 80 years report symptoms typical of BPH [1].

Until the early 2000s, transurethral resection of the prostate (TURP) was considered the gold standard of BPH treatment [2]. Although highly effective, TURP is associated with certain complications such as retrograde ejaculation (RE) and incontinence [3], prompting the exploration of safer alternatives. Among these, prostatic artery embolization (PAE) has emerged as a promising option for patients seeking an effective yet less invasive alternative [4, 5]. Performed under local anesthesia, PAE selectively embolizes the prostatic arteries, leading to ischemic shrinkage of the prostate and progressive symptom relief [6].

Extensive research corroborates PAEs ability to not only improve these symptoms but also to maintain sexual and urinary functions [7, 8]. PAE leads to significant reductions in International Prostate Symptom Score (IPSS) by 5–8 points and a nearly 30% decrease in prostate volume within 6–12 months post-procedure, resulting in measurable improvements in overall symptom relief and quality of life [9, 10].

However, while PAE offers several advantages, it may not always provide the same degree of symptom relief as other minimally invasive treatments and is associated with higher reported reoperation rates [11, 12]. The variability in patient outcomes after PAE underscores the need for better patient selection criteria to optimize treatment success. While PAE is generally associated with fewer adverse events compared to traditional surgical treatments [13], complications still occur and may affect both short- and long-term outcomes [14].

The current literature offers limited insight into the factors that influence both short- and long-term outcomes, particularly regarding reoperation rates, complications, and success rates of second-line therapies following PAE failure. Factors such as age, prostate size, and post-void residual (PVR) volume can influence both patient satisfaction and reintervention rates. Therefore, our study aims to identify the predictors of treatment failure, analyze the factors influencing patient satisfaction, and examine the reoperation rates and second-line



**Fig. 1.** Study enrollment and follow-up. Out of 344 patients who underwent prostatic artery embolization, 265 were eligible for the study. After exclusions, 201 provided consent, but 45 either withdrew or failed to return the questionnaire, resulting in a final sample of 156 participants.

therapy choices following PAE failure. This research fills this gap in knowledge by quantitatively evaluating the frequency of reinterventions and qualitatively exploring how different therapies align with patient expectations and satisfaction after PAE.

## Patients and Methods

### *Patients, Setting, and Study Approval*

We conducted a retrospective study involving 344 patients who underwent PAE at our institution between January 2017 and January 2022. The inclusion criteria were men aged  $\geq 50$  years with symptomatic (BPH), defined as an IPSS  $\geq 8$  and a prostate volume of at least 40 mL, who had failed medical therapy with alpha-1 adrenergic receptor antagonists and/or 5-alpha reductase inhibitors for at least 6 months. Patients were required to have a minimum follow-up of 12 months after PAE. The

exclusion criteria included patients with prostate cancer, previous prostate surgeries, or incomplete retrospective medical records. Patients who could not be contacted for follow-up were categorized as lost to follow-up. The patient selection process, including exclusions, is detailed in the flow chart (Fig. 1).

Before PAE, all patients underwent a preoperative evaluation, including a digital rectal examination (DRE) and PSA screening based on European Urological Association guidelines. Patients with abnormal PSA levels or abnormal DRE results underwent prostate biopsy or magnetic resonance imaging. The study received approval from the Ethics Committee of the Medical Association of North Rhine. All participants provided written informed consent after receiving information about the study's objectives and potential risks and benefits.

#### *Data Collection and Study Design*

Baseline demographic and clinical data, including prostate volume, age, PSA, PVR volume, and initial IPSS scores, were retrospectively collected from medical records at the time of the procedure. To assess treatment outcomes, a single follow-up questionnaire was sent at the time of the study, collecting updated IPSS scores, current satisfaction levels, complications, any second-line therapies they may have undergone, and their histological findings. If patients were scheduled for a second intervention, we conducted follow-up at least 1 year after their secondary procedure to collect data on the outcomes of the second intervention. While this introduced a prospective component for this subgroup, it does not change the overall retrospective design of the study.

We used a numeric patient satisfaction scale ranging from 1 (lowest) to 6 (highest), similar to standard numeric rating scales applied to many healthcare research settings. This numeric format is often easier for patients to understand, providing an intuitive and quick method to express satisfaction levels. For analysis, we categorized the scale responses as follows: low satisfaction (1–2), moderate satisfaction (3–4), and high satisfaction (5–6).

In the multivariable analysis, we assessed key clinical factors to determine their influence on patient satisfaction and therapy failure. Therapy failure was defined as the need for additional surgical intervention following PAE due to inadequate symptom relief. The factors included in the analysis were patient age, prostate volume, initial IPSS score, PVR volume, reduction in IPSS,

complications, and RE. These variables were selected based on their clinical relevance in previous studies of BPH.

#### *Statistical Analysis*

We performed both descriptive and inferential statistical analyses. Continuous variables were presented as means with standard deviations (SDs) for normally distributed data, and as medians with interquartile ranges (IQRs) for non-normally distributed data. Categorical data were summarized as frequencies and percentages.

The patient satisfaction scale (ranging from 1 to 6) was analyzed as a continuous variable, but for interpretative clarity, it was also categorized into three levels: "low," "moderate," and "high" satisfaction. Normality of continuous variables was tested using the Shapiro-Wilk test.

For group comparisons, we applied independent-samples *t* tests or ANOVA for normally distributed data, and the Wilcoxon rank-sum test or Kruskal-Wallis test for non-normally distributed data. Chi-square tests or Fisher's exact tests were used for categorical variables such as RE and reoperation rates, with Fisher's exact test applied in cases where sample sizes were small. To adjust for potential confounders, we employed multivariable regression analysis, including age, prostate volume, baseline IPSS score, and PVR volume as covariates. Kaplan-Meier survival curves were used to estimate 5-year reoperation-free survival, stratified by patient satisfaction levels, and the log-rank test was used to compare survival curves across groups. Statistical significance was set at a *p* value of less than 0.05. All analyses were conducted using *R* version 4.2.2 and GraphPad Prism version 5.0 (San Diego, CA, USA).

## **Results**

#### *Patient Demographics and Outcome Measures*

A total of 156 patients were included in the final analysis. Minimum follow-up time was 12 months, with a median follow-up time of 37 months. The mean (SD) age was 66 (6.9) years, the median [IQR] PSA was 3.7 ng/mL [2.1, 5.9], the median [IQR] prostate volume was 70 mL [54, 91.25], and the median [IQR] PVR volume was 50 mL [20, 110]. Five (3.2%) patients presented with a urinary catheter prior to undergoing PAE. Patient characteristics and outcomes grouped by satisfaction level after PAE are listed in Table 1. Out of the 156 patients, 34.6% experienced complications following

**Table 1.** Baseline characteristics and outcome measures by satisfaction level after PAE

	High satisfaction (n = 56)	Moderate satisfaction (n = 51)	Low satisfaction (n = 49)	p value*
Median age, year (SD) (range)	64.38 (6.22) (51–77)	68.75 (7.05) (56–81)	66.69 (7.04) (51–80)	<b>0.004</b>
PV, median (IQR) (range)	80.50 (61.50,100.00) (40–180)	60.00 (50.00, 80.00) (38–200)	65.00 (54.00, 85.00) (36–250)	<b>0.014</b>
PVR, median (IQR)	64.00 (30.00, 127.50)	50.00 (0.00, 90.00)	50.00 (22.00, 125.00)	<b>0.199</b>
PSA, median (IQR)	4.70 (2.82, 7.13)	2.80 (1.92, 4.20)	3.60 (2.04, 6.00)	<b>0.112</b>
Preoperative Q <sub>max</sub> , median (IQR)	10 (6.5–13)	7.6 (5.6–11)	6.8 (5.2–8.9)	<b>0.085</b>
RE, n (%)	9 (16.1)	10 (19.6)	3 (6.1)	<b>0.133</b>
Preoperative IPSS, median (IQR)	23.50 (20.00, 27.25)	22.00 (17.50, 26.00)	22.00 (17.00, 28.00)	<b>0.513</b>
Postoperative IPSS, mean (SD)	9.18 (5.80)	15.03 (5.05)	17.59 (6.77)	< <b>0.001</b>
IPSS reduction, mean (SD)	13.62 (7.62)	5.33 (7.40)	2.81 (7.75)	< <b>0.001</b>

PV, prostate volume in ml; PVR, post-void residual in ml; PSA, prostate-specific antigen in ng/mL; RE, retrograde ejaculation; IPSS, International Prostate Symptom Score; IPSS reduction, difference between preoperative IPSS and postoperative IPSS at least 12 months after PAE; Q<sub>max</sub>: maximum urinary flow rate in mL/s.

PAE, which were classified according to the Clavien-Dindo system. The detailed breakdown of adverse events is presented in Table 2.

#### Influential Factors in Patient Satisfaction after PAE

The IPSS decreased significantly by a mean of 8 points. A correlation was noted between the degree of IPSS reduction and the level of patient satisfaction (Pearson's correlation coefficient  $r = 0.62$ ,  $p < 0.001$  95% CI: 0.39–0.65), as depicted in Figure 2. In multivariable linear regression analysis, younger age ( $p = 0.01$ , 95% CI: 0.08–0.37), larger prostate volume ( $p = 0.02$ , 95% CI: 0.05–0.36), and lower PVR volume ( $p = 0.03$ , 95% CI: 0.21–0.48) were independently associated with higher patient satisfaction. Other variables, including the initial IPSS score, baseline PSA level, complications, and the presence of RE post-PAE, did not show a significant correlation with patient satisfaction ( $p > 0.1$ ). Univariate and multivariable analysis results are provided in online supplementary Table S1 (for all online suppl. material, see <https://doi.org/10.1159/000547152>).

#### Predictors of PAE Failure and Second-Line Therapy Outcomes

At 5 years post-PAE, the reoperation rate was 28.2%, with 44 patients having undergone a second intervention. Among the 44 patients who underwent a second operation, 20 (45.5%) underwent HOLEP, 13 (29.5%) underwent TURP, 4 (9.1%) underwent a second PAE, 3

(6.8%) underwent Rezum, 3 (6.8%) underwent simple open prostatectomy, and 1 (2.3%) underwent ablation. Five patients with pre-procedural urinary catheters required reoperation, but no sensitivity analysis was conducted due to the small sample size. Furthermore, we examined the IPSS score after the second operation, as shown in Figure 3, and noted that ablative interventions showed a significant improvement in the IPSS ( $p < 0.0001$ ; 95% CI: 12.75, 18.74). Multivariable regression analysis identified significant predictors of treatment failure. Patients with higher initial IPSS scores ( $p < 0.01$ ) and those with elevated PVR volumes ( $p = 0.03$ ) were more likely to undergo reoperation.

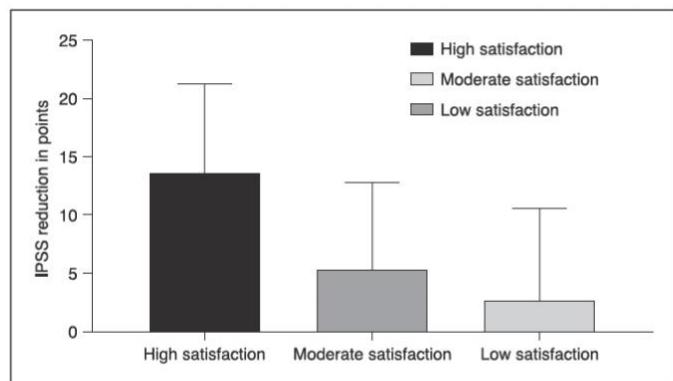
#### Kaplan-Meier Survival Analysis: 5-Year Reoperation-Free Rates

The log-rank test for Kaplan-Meier survival analysis (Fig. 4) demonstrated a statistical significance between patient satisfaction and the 5-year reoperation-free rate after PAE ( $p = 0.002$ ). The high-satisfaction group showed an 85% reoperation-free rate at 60 months (95% CI: 72.9, 99.1), compared to 71% in the moderate-satisfaction group (95% CI: 58.2, 86.6), and 55.7% in the low-satisfaction group (95% CI: 41.6, 74.6).

**Table 2.** Frequency and classification of nonserious and serious adverse events following prostatic artery embolization

Clavien-dindo classification	Adverse event	Events (n)	Patients, n (%)
Grade I	RE	22	22 (14.10)
	Mild pain	9	9 (5.77)
	Urinary urgency	5	5 (3.21)
	Urinary incontinence – urge	2	2 (1.28)
	Chronic pelvic pain	2	2 (1.28)
	Erectile dysfunction	1	1 (0.64)
Grade II	Urinary retention (requiring catheter)	4	4 (2.56)
	Urinary tract infection	3	3 (1.92)
	Acute prostatitis	2	2 (1.28)
	Anal venous thrombosis	2	2 (1.28)
	Pain requiring admission	1	1 (0.64)
Grade IVb	Urosepsis (requiring ICU)	1	1 (0.64)
	Total	54	54 (34.62)

**Fig. 2.** IPSS reduction at least 12 months after PAE. Illustrates the relationship between the degree of IPSS reduction and patient satisfaction levels following PAE in patients with benign prostatic hyperplasia. Error bars represent the standard deviation (SD) of the IPSS reduction within each satisfaction category. IPSS, International Prostate Symptom Score; PAE, prostatic artery embolization.

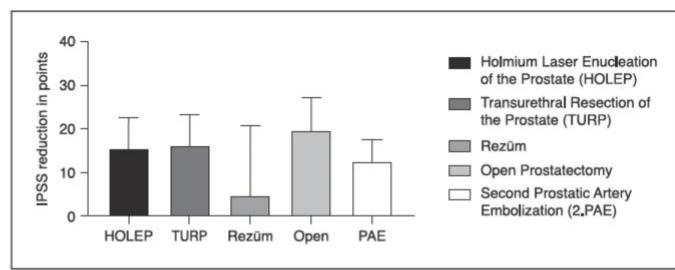


#### *Incidence of Incidental Prostate Cancer following Second-Line Therapy after PAE*

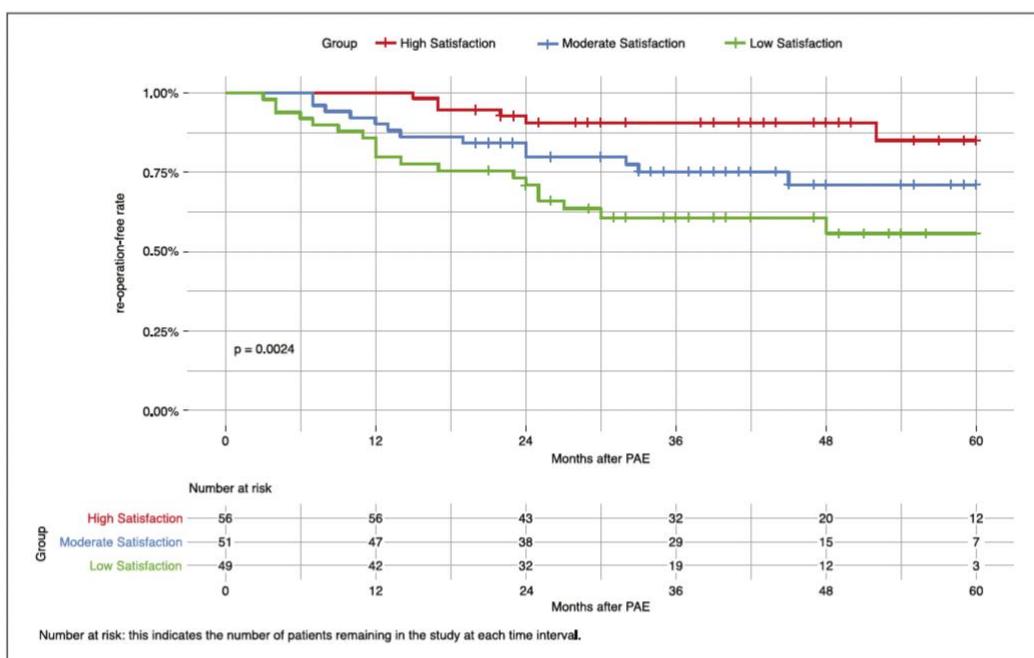
Regarding the histological evaluation, 18.5% (5 of 27) of patients who underwent histological evaluation had incidental prostate cancer (iPCa), 4 had a Gleason score of 3 + 3 and 1 had a Gleason score of 4 + 3. The mean age (SD) of this group was 70.2 (5.7) years, and the median [IQR] PSA was 3.6 ng/mL [2.02–5.9].

#### **Discussion**

The management of BPH has evolved substantially, from the first detailed descriptions in the 16th century to the transformative TURP technique introduced in 1931 [15, 16], and now to less invasive options such as PAE. In this study, PAE resulted in an average IPSS reduction of 8 points, which, while effective, is less than the reduction achieved with TURP, as reported by Gilling et al. [17] (15.1 points) and Abt et al. [18] (9.21 points for PAE versus 12.09 for TURP). This indicates that while PAE offers symptom relief, it may not match the effectiveness of TURP for severe cases.



**Fig. 3.** IPSS reduction at least 12 months after the second-line therapy. Presents the IPSS reduction after various the second-line therapies following failure. This analysis included patients who required further intervention due to the initial PAE not achieving the desired outcomes. The graph shows a significant improvement in IPSS following ablative interventions ( $p < 0.0001$ ; 95% CI: 12.75, 18.74). Error Bars: represent the SD, indicating the variability in IPSS reduction among patients undergoing each type of the second-line therapy.



**Fig. 4.** Displays the Kaplan-Meier survival curves for 5-year reoperation-free rates among different patient satisfaction groups post-PAE. A significant correlation between patient satisfaction levels and reoperation-free survival was observed ( $p = 0.0024$ ). The high satisfaction group exhibited an 85% reoperation-free rate at 60 months (95% CI: 72.93–99.07), in comparison to 71% for the moderately satisfied group (95% CI: 58.24–86.56), and 55.7% for the lowly satisfied group (95% CI: 41.6–74.6).

The patient satisfaction post-PAE varied, with younger patients and those with lower PVR volumes experiencing better outcomes. Older patients or those with higher PVR volumes showed reduced benefits and were more associated with an increased likelihood of PAE failure. This trend could be due to detrusor underactivity from prolonged obstruction, leading to weaker bladder contractions and higher residual volumes. A study by Bilhim et al. [19] supports these findings, noting a significant yet gradual reduction in prostate size after PAE, which may not sufficiently alleviate underlying bladder dysfunction. Meanwhile, patients with larger prostates reported greater satisfaction, possibly due to improved vascularization in larger prostates, thereby enhancing the effectiveness of embolization [20].

Despite many patients opting for PAE to preserve ejaculatory function, RE did not significantly correlate with patient satisfaction ( $p > 0.1$ ) or PAE failure in our study. This suggests that, while maintaining ejaculatory function is a primary concern, other factors, such as symptom relief and quality-of-life improvements, may have a greater impact on overall satisfaction. Our study reports a 14% rate of RE after PAE, a rate that closely aligns with findings of Müllhaupt et al. [21].

One clinically significant observation was the failure rate associated with PAE. The 5-year reoperation rate after PAE was 28.2%. The only intervention reported in the literature to have a higher 5-year reoperation rate than PAE is transurethral microwave thermotherapy, which is documented to be 31.2% [22–24]. The high failure rate, along with the need for careful patient selection and procedural refinement, could explain the observed differences in reoperation rates, as discussed by Altman et al. [25].

We found that ablative interventions, such as TURP or HoLEP, may be more effective as second-line therapies after PAE failure. This effectiveness is particularly important, as we observed a strong correlation between PAE failure and both elevated initial IPSS scores and higher PVR volumes ( $p < 0.01$  and  $p = 0.03$ , respectively). These findings suggest that patients with more severe baseline symptoms, who are typically older with higher PVR volumes, may not be ideal candidates for PAE [26–28].

In our study, we observed an 18% incidence rate of iPca following secondary BPH surgeries, which is significantly higher than the approximately 10% rate typically reported after primary BPH surgeries [29]. This suggests that the initial symptoms in patients undergoing

secondary surgeries may not have improved after PAE due to the presence of undiagnosed prostate cancer.

We acknowledge several limitations in our study. The retrospective collection of baseline data may introduce recall bias and inaccuracies. Additionally, the follow-up questionnaire was administered at a single time point, which may not fully capture long-term patient satisfaction and clinical outcomes. We did not include objective functional data such as uroflowmetry or PVR measurements, which limits our ability to correlate subjective outcomes with functional changes. While the IPSS is a validated tool for symptom assessment, the satisfaction scale we applied was not formally validated, which limits the reliability of these results. Conducting the study at a single center further limits the generalizability of the findings, as outcomes may vary across different healthcare environments and patient demographics. These factors should be considered when interpreting our findings.

To enhance our understanding of the factors that influence therapy failure and treatment outcomes after PAE, future research should use broader cohorts and advanced imaging techniques, such as MRI, to assess prostate morphology and functional changes. MRI can help identify early signs of therapy failure, improving patient selection and treatment planning. By studying vascular and tissue responses post-PAE, future studies can refine criteria to predict failure and enhance overall success. These approaches will increase understanding of why certain patients experience suboptimal outcomes after PAE.

## Conclusion

PAE offers effective symptom relief for specific BPH patients, particularly younger individuals with larger prostates and lower PVR volumes, making them ideal candidates. However, nearly a third of patients may still require a second procedure, underscoring the importance of careful patient selection. Our study adds valuable evidence by showing that baseline IPSS and PVR volumes are important predictors of treatment failure post-PAE. Additionally, ablative interventions, such as HoLEP and TURP, may be more effective as second-line therapies than non-ablative options, but further research is needed to confirm these findings. The incidence rate of iPca after BPH surgery in our study was 18%, a factor that should not be underestimated.

## Acknowledgments

This study was carried out in partial fulfilment of the requirements for the medical doctoral degree at the Medical Faculty, University Medical Center Hamburg-Eppendorf (UKE), University of Hamburg, Germany.

## Statement of Ethics

The study received approval from the Ethics Committee of the Medical Association of North Rhine, Approval No. 2022330. All participants provided written informed consent after receiving information about the study's objectives and potential risks and benefits.

## Conflict of Interest Statement

The authors have no conflicts of interest to declare.

## Funding Sources

This study was funded by Helios health institute. The funder had no role in the design, data collection, data analysis, and reporting of this study.

## Author Contributions

K.A. organized the project, data collection, and wrote the first draft of the manuscript. This study was carried out in partial fulfilment of the requirements for the medical doctoral degree at the Medical Faculty, University Medical Center Hamburg-Eppendorf, University of Hamburg, Germany. P.E. and P.S. helped in project organization and data collection. W.A. and M.A. assisted and helped in organizing data collection for the project. M.F. and A.S. were senior organizing authors, helped in project conceptualization and assisted in manuscript drafting.

## Data Availability Statement

All data generated or analyzed during this study are included in this article. Further inquiries can be directed to the corresponding author.

## References

- 1 Parsons JK, Bergstrom J, Silberstein J, Barrett-Connor E. Prevalence and characteristics of lower urinary tract symptoms in men aged > or = 80 years. *Urology*. 2008;72(2):318-21. <https://doi.org/10.1016/j.urology.2008.03.057>
- 2 Schroeck FR, Hollingsworth JM, Kaufman SR, Hollenbeck BK, Wei JT. Population based trends in the surgical treatment of benign prostatic hyperplasia. *J Urol*. 2012;188(5):1837-41. <https://doi.org/10.1016/j.juro.2012.07.049>
- 3 Cornu JN, Herrmann T, Traxer O, Matlaga B. Prevention and management following complications from endourology procedures. *Eur Urol Focus*. 2016;2(1):49-59. <https://doi.org/10.1016/j.euf.2016.03.014>
- 4 Sapoval M, Thiounn N, Descazeaud A, Déan C, Ruffion A, Pagnoux G, et al. Prostatic artery embolisation versus medical treatment in patients with benign prostatic hyperplasia (PARTEM): a randomised, multicentre, open-label, phase 3, superiority trial. *Lancet*. 2023;31(100672):100672. <https://doi.org/10.1016/j.lanepe.2023.100672>
- 5 Abt D, Schmid HP, Speakman MJ. Reasons to consider prostatic artery embolization. *World J Urol*. 2021;39(7):2301-6. <https://doi.org/10.1007/s00345-021-03601-z>
- 6 Camara-Lopes G, Mattedi R, Antunes AA, Carnevale FC, Cerri GG, Srougi M, et al. The histology of prostate tissue following prostatic artery embolization for the treatment of benign prostatic hyperplasia. *Int Braz J Urol*. 2013;39(2):222-7. <https://doi.org/10.1590/S1677-5538.IBJU.2013.02.11>
- 7 Naidu SG, Narayanan H, Saini G, Segaran N, Alzubaidi SJ, Patel JJ, et al. Prostate artery embolization—review of indications, patient selection, techniques and results. *J Clin Med*. 2021;10(21):5139. <https://doi.org/10.3390/jcm10215139>
- 8 Couteau N, Duquesne I, Frédéric P, Thiounn N, Timsit MO, Mejean A, et al. Ejaculations and benign prostatic hyperplasia: an impossible compromise? A comprehensive review. *J Clin Med*. 2021;10(24):5788. <https://doi.org/10.3390/jcm10245788>
- 9 Jankauskas T, Buržinskis E, Kaupas RS, Basevičius A, Jievaltas M. Prostatic artery embolization as a treatment option for symptomatic benign prostatic hyperplasia: results from the prospective follow-up study in Lithuania. *Med Kaunas*. 2023;59(10):1871. <https://doi.org/10.3390/medicina59101871>
- 10 Zorzi F, Rossin G, Dígregorio M, Lavecchia S, Piasentini A, Trauero F, et al. Prostatic artery embolization in elderly comorbid patients with benign prostatic hyperplasia: safety, efficacy, and predictive factors of clinical failure. *J Pers Med*. 2025;15(1):23. <https://doi.org/10.3390/jpm15010023>
- 11 Gilfrich C, May M, Fahlenbrach C, Günster C, Jeschke E, Popken G, et al. Surgical re-intervention rates after invasive treatment for lower urinary tract symptoms due to benign prostatic syndrome: a comparative study of more than 43,000 patients with long-term followup. *J Urol*. 2021;205(3):855-63. <https://doi.org/10.1097/JU.0000000000001463>
- 12 Sciacqua LV, Vanzulli A, Di Meo R, Pellegrino G, Lavorato R, Vitale G, et al. Minimally invasive treatment in benign prostatic hyperplasia (BPH). *Technol Cancer Res Treat*. 2023;22:15330338231155000. <https://doi.org/10.1177/15330338231155000>
- 13 Abid A, Piperti H, Babar M, Loloi J, Moutwakil A, Azhar U, et al. Minimally invasive surgical therapies for benign prostatic hyperplasia in the geriatric population: a systematic review. *Prostate*. 2024;84(10):895-908. <https://doi.org/10.1002/pros.24717>
- 14 Uflacker A, Haskal ZJ, Bilhim T, Patrie J, Huber T, Pisco JM. Meta-analysis of prostatic artery embolization for benign prostatic hyperplasia. *J Vasc Interv Radiol*. 2016;27(11):1686-97.e8. <https://doi.org/10.1016/j.jvir.2016.08.004>
- 15 Xu H, Wang Z. 291 the history for surgical treatment of benign prostatic hyperplasia. *J Sex Med*. 2017;14(Suppl ment\_1):S86-87. <https://doi.org/10.1016/j.jsxm.2016.11.196>

16 Foster HE, Barry MJ, Dahm P, Gandhi MC, Kaplan SA, Kohler TS, et al. Surgical management of lower urinary tract symptoms attributed to benign prostatic hyperplasia: AUA guideline. *J Urol.* 2018;200(3):612–9. <https://doi.org/10.1016/j.juro.2018.05.048>

17 Gilling PJ, Barber N, Bidair M, Anderson P, Sutton M, Aho T, et al. Five-year outcomes for Aquablation therapy compared to TURP: results from a double-blind, randomized trial in men with LUTS due to BPH. *Can J Urol.* 2022;29(1):10960–8.

18 Abt D, Mühlhaupt G, Hechelhammer L, Markart S, Güsewell S, Schmid HP, et al. Prostatic artery embolisation versus transurethral resection of the prostate for benign prostatic hyperplasia: 2-yr outcomes of a randomised, open-label, single-centre trial. *Eur Urol.* 2021;80(1):34–42. <https://doi.org/10.1016/j.eururo.2021.02.008>

19 Bilhim T, Pisco J, Fernandes L, Costa N, Oliveira A. Surgical treatments: prostate artery embolization. Prostate artery embolization; 2018. p. 75–85.

20 de Assis AM, Moreira AM, Carnevale FC, Lanz-Luces JR. Prostatic artery embolization for giant prostatic hyperplasia: a single-center experience. *Radiol Bras.* 2021;54(4): 219–24. <https://doi.org/10.1590/0100-3984.2020.0096>

21 Mühlhaupt G, Hechelhammer L, Diener PA, Engeler D, Güsewell S, Schmid H, et al. Ejaculatory disorders after prostatic artery embolization: a reassessment of two prospective clinical trials. *World J Urol.* 2020; 38(10):2595–9. <https://doi.org/10.1007/s00345-019-03036-7>

22 Zhao Z, Zeng G, Zhong W, Mai Z, Zeng S, Tao X. A prospective, randomised trial comparing plasmakinetic enucleation to standard transurethral resection of the prostate for symptomatic benign prostatic hyperplasia: three-year follow-up results. *Eur Urol.* 2010;58(5):752–8. <https://doi.org/10.1016/j.eururo.2010.08.026>

23 Chughtai B, Rojanasaroj S, Neeser K, Gulyaev D, Fu S, Bhattacharya SK, et al. A comprehensive analysis of clinical, quality of life, and cost-effectiveness outcomes of key treatment options for benign prostatic hyperplasia. *PLoS One.* 2022;17(4):e0266824. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0266824>

24 He W, Ding T, Niu Z, Hao C, Li C, Xu Z, et al. Reoperation after surgical treatment for benign prostatic hyperplasia: a systematic review. *Front Endocrinol.* 2023;14:1287212. <https://doi.org/10.3389/fendo.2023.1287212>

25 Altman R, Ferreira R, Barragan C, Bhojani N, Lajkosz K, Zorn KC, et al. Comparing prostatic artery embolization to surgical and minimally invasive procedures for the treatment of benign prostatic hyperplasia: a systematic review and meta-analysis. *BMC Urol.* 2022;22(1):1–10. <https://doi.org/10.1186/s12894-023-01397-1>

26 Min DS, Cho HJ, Kang JY, Yoo TK, Cho JM. Effect of transurethral resection of the prostate based on the degree of obstruction seen in urodynamic study. *Korean J Urol.* 2013;54(12):840–5. <https://doi.org/10.4111/kju.2013.54.12.840>

27 Mostafa MM, Patil N, Khalil M, Elgammal MA, Mahdy A. Is Holmium Laser Enucleation of Prostate equally effective in management of benign prostatic hyperplasia patients with either voiding or storage lower urinary tract symptoms? A comparative study. *Arch Ital Urol Androl.* 2022;94(2): 174–9. <https://doi.org/10.4081/aiua.2022.2.174>

28 Schneider AJ, Grimes M, Lyon W, Kemper A, Wang S, Bushman W. Cluster analysis of men undergoing surgery for BPH/LUTS reveals prominent roles of both bladder outlet obstruction and diminished bladder contractility. *PLoS One.* 2021;16(5):e0251721. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0251721>

29 Guo Z, He J, Huang L, Wang Z, Hu P, Wang S, et al. Prevalence and risk factors of incidental prostate cancer in certain surgeries for benign prostatic hyperplasia: a systematic review and meta-analysis. *Int Braz J Urol.* 2022;48(6):915–29. <https://doi.org/10.1590/S1677-5538.IBJU.2021.0653>

### **Zusammenfassung (Deutsch):**

Die vorliegende Arbeit untersucht retrospektiv die Wirksamkeit der Prostataarterienembolisation (PAE) bei Patienten mit symptomatischer benigner Prostatahyperplasie (BPH) sowie mögliche Faktoren für ein Therapieversagen. Es wurden 156 Patienten mit mindestens 12 Monaten Nachbeobachtungszeit eingeschlossen. Die PAE führte zu einer signifikanten Reduktion der Beschwerden mit einem mittleren Rückgang des IPSS um 8 Punkte. Die Reoperationsrate betrug 28,2 %. Jüngeres Alter, ein größeres Prostatavolumen und geringerer Restharn waren signifikant mit höherer Zufriedenheit assoziiert. Bei Therapieversagen erwiesen sich Second-Line-Verfahren wie HoLEP und TUR-P als wirksam und führten zu einer zusätzlichen klinischen Verbesserung. Retrograde Ejakulation hatte keinen Einfluss auf die Patientenzufriedenheit. In einem relevanten Anteil der Reoperationen wurde ein inzidentelles Prostatakarzinom entdeckt. Die Ergebnisse betonen die Bedeutung einer gezielten Patientenselektion sowie die Rolle ablativ-operativer Verfahren bei unzureichendem Therapieansprechen. Zukünftige Studien sollten prospektiv, multizentrisch und mit längerer Nachbeobachtung erfolgen, um weitere Risikofaktoren und Langzeitergebnisse zu erfassen.

### **Zusammenfassung (English):**

This retrospective study evaluates the effectiveness of prostatic artery embolization (PAE) in patients with symptomatic benign prostatic hyperplasia (BPH) and explores factors associated with treatment failure. A total of 156 patients with at least 12 months of follow-up were analyzed. PAE led to a significant reduction in symptoms, with a mean decrease of 8 IPSS points. The reoperation rate was 28.2%. Higher patient satisfaction was significantly associated with younger age, larger prostate volume, and lower post-void residual. Second-line interventions such as HoLEP and TUR-P proved effective in cases of treatment failure. Retrograde ejaculation did not influence patient satisfaction. Incidental prostate cancer was found in a notable portion of patients undergoing reoperation. These findings highlight the importance of careful patient selection and the role of ablative procedures when symptom relief after PAE is insufficient. Future studies should aim for prospective, multicenter designs with extended follow-up to better understand long-term outcomes and predictive factors.

## Literaturverzeichnis

- 1) Egan KB. The Epidemiology of Benign Prostatic Hyperplasia Associated with Lower Urinary Tract Symptoms: Prevalence and Incident Rates. *Urol Clin North Am.* 2016;43(3):289-297. doi: 10.1016/j.ucl.2016.04.001. PMID: 2747612.
- 2) Djavan B, Chapple C, Milani S et al. State of the art on the treatment of BPH. *Eur Urol Suppl.* 2020;19(1):1–7. doi: [10.1016/j.eursup.2020.01.002](https://doi.org/10.1016/j.eursup.2020.01.002).
- 3) Reich O, Gratzke C, Bachmann A et al. Morbidity, mortality and early outcome of transurethral resection of the prostate: a prospective multicenter evaluation of 10,654 patients. *J Urol.* 2008;180(1):246–249. doi: 10.1016/j.juro.2008.03.058.
- 4) Foster HE et al. Surgical management of LUTS attributed to BPH: AUA guideline. *J Urol.* 2018;200(3):612–619. doi: 10.1016/j.juro.2018.05.048
- 5) Abt D, Hechelhammer L, Müllhaupt G et al. Randomized controlled trial of prostatic artery embolisation versus transurethral resection of the prostate in patients with benign prostatic hyperplasia. *Eur Urol.* 2021;80(1):34–42. doi: 10.1016/j.eururo.2021.02.008
- 6) Camara-Lopes G, Mattioli R, Antunes AA, Carnevale FC, Cerri GG, Srougi M, et al. The histology of prostate tissue following prostatic artery embolization for the treatment of benign prostatic hyperplasia. *Int Braz J Urol.* 2013;39:222–227. doi:10.1590/S1677-5538.IBJU.2013.02.11.
- 7) Altman R, Ferreira R, Barragan C, et al. Comparing prostatic artery embolization to surgical and minimally invasive procedures for the treatment of benign prostatic hyperplasia: a systematic review and meta-analysis. *BMC Urol.* 2024;24:22. doi: [10.1186/s12894-023-01397-1](https://doi.org/10.1186/s12894-023-01397-1)
- 8) Alghueiri K, et al. Predictors of Treatment Failure, Second-Line Therapy Outcomes, and Patient Satisfaction After Prostatic Artery Embolization: A Retrospective Study in Benign Prostatic Hyperplasia. *Urologia Internationalis.* 2025. DOI: 10.1159/000547152.
- 9) Gilling PJ, Wilson LC, King CJ, Westenberg AM, Frampton CM, Fraundorfer MR. Holmium laser enucleation of the prostate: results at 6 years. *Eur Urol.* 2008;53(4):744–749. doi:10.1016/j.eururo.2007.06.049
- 10) Bilhim T, Pisco JM, Rio Tinto H, Fernandes L, Pereira J, Oliveira AG. Predictors of clinical outcome after prostatic artery embolization for benign prostatic hyperplasia:

results of a prospective study. *J Vasc Interv Radiol.* 2016;27(9):1291–1298.

doi:10.1016/j.jvir.2016.04.007

- 11) Sun F, Lucas-Cava V, Sánchez-Margallo FM. Clinical predictive factors in prostatic artery embolization for symptomatic benign prostatic hyperplasia: a comprehensive review. *Transl Androl Urol.* 2020 Aug;9(4):1754–1768. DOI:10.21037/tau-20-437. PMCID: PMC7475690
- 12) Bălănescu R, et al. comparing prostatic artery embolization to surgical and minimally invasive procedures for benign prostatic hyperplasia: A systematic review and meta-analysis. *BMC Urol.* 2023 Jan 24;23(1):22 doi:10.1186/s12894-023-01397-1. PMID: 36693056; PMCID: PMC9856122.
- 13) Müllhaupt G, Müller N, Garcia F, Müller E, Ketelsen D, Stampfl U. Long-term results of prostatic artery embolization for benign prostatic hyperplasia: Results of a prospective single-center study. *Cardiovasc Intervent Radiol.* 2021;44(9):1337–1346. doi:10.1007/s00270-021-02805-y
- 14) Chughtai B, Thomas D, Kaplan SA. Incidental prostate cancer. *Nat Rev Urol.* 2011;8(11):633–640. doi:10.1038/nrurol.2011.153
- 15) Røder MA, Brasso K, Christensen IJ, et al. Survival of patients with incidental prostate cancer: a prospective cohort study. *BJU Int.* 2008;102(12):1630–1634. doi:10.1111/j.1464-410X.2008.07938.x

## **Abkürzungsverzeichnis**

Abkürzung Bedeutung

BPH	Benigne Prostatahyperplasie
BPS	Benignes Prostatasyndrom
IPSS	International Prostate Symptom Score
PSA	Prostata-spezifisches Antigen
PVR	Postmiktionsresiduum (Restharn)
TUR-P	Transurethrale Resektion der Prostata
PAE	Prostataarterienembolisation
HoLEP	Holmium-Laser-Enukleation der Prostata
RE	Retrograde Ejakulation
iPCa	Inzidentelles Prostatakarzinom
MRT	Magnetresonanztomographie
IQR	Interquartilsabstand
SD	Standardabweichung
KI / CI	Konfidenzintervall / Confidence Interval
Rezūm	Rezūm-Wasserdampfablation
Aquablation	Aquablationstherapie

## Abbildungsverzeichnis

### Abbildung 1. Studienpopulation und Follow-up.

Von 344 Patienten, die eine Prostataarterienembolisation (PAE) erhielten, waren 265 für die Studie geeignet. Nach Ausschlüssen gaben 201 Patienten ihre Einwilligung, jedoch zogen sich 45 zurück oder sandten den Fragebogen nicht zurück, sodass die finale Stichprobe 156 Patienten umfasste.

### Abbildung 2. IPSS-Reduktion mindestens 12 Monate nach PAE.

Darstellung des Zusammenhangs zwischen dem Ausmaß der IPSS-Reduktion und dem Zufriedenheitsniveau der Patienten nach PAE bei benigner Prostatahyperplasie. Fehlerbalken: Stellen die Standardabweichung (SD) der IPSS-Reduktion innerhalb jeder Zufriedenheitsgruppe dar.

IPSS: International Prostate Symptom Score, PAE: Prostataarterienembolisation

### Abbildung 3. IPSS-Reduktion mindestens 12 Monate nach der Zweitlinientherapie.

zeigt die IPSS-Reduktion nach verschiedenen Zweitlinientherapien im Anschluss an ein unzureichendes Ansprechen auf die initiale PAE. Die Grafik verdeutlicht eine signifikante Symptomverbesserung nach ablativen Verfahren ( $p < 0,0001$ ; 95 %-KI: 12,75–18,74). Fehlerbalken: Stellen die Standardabweichung dar und zeigen die Variabilität der IPSS-Reduktion innerhalb der jeweiligen Therapiegruppen.

### Abbildung 4. Kaplan-Meier-Kurven zur Reoperationsfreiheit über fünf Jahre.

Darstellung der Reoperationsfreiheit in Abhängigkeit vom Zufriedenheitsniveau nach PAE. Es zeigte sich eine signifikante Korrelation zwischen dem Zufriedenheitsgrad und der Reoperationsfreiheit ( $p = 0,0024$ ). Die Gruppe mit hoher Zufriedenheit wies nach 60 Monaten eine Reoperationsfreiheit von 85 % auf (95 %-KI: 72,93–99,07), im Vergleich zu 71 % bei moderater Zufriedenheit (95 %-KI: 58,24–86,56) und 55,7 % bei geringer Zufriedenheit (95 %-KI: 41,6–74,6).

## **Erklärung des Eigenanteils**

Die vorliegende Dissertation basiert auf der Originalarbeit „Predictors of Treatment Failure, Second-Line Therapy Outcomes, and Patient Satisfaction After Prostatic Artery Embolization: A Retrospective Study in Benign Prostatic Hyperplasia“, veröffentlicht in *Urologia Internationalis*. Die Studie wurde ursprünglich unter dem Titel „Prostataarterienembolisation-Outcome-Studie“ geplant. Ich bin Erstautorin der Publikation.

Mein wissenschaftlicher Eigenanteil umfasste die Konzeption der Studie einschließlich der Festlegung von Einschlusskriterien und Endpunkten, die vollständige Datenerhebung und -aufbereitung inklusive Fragebogenerhebung, die eigenständige Durchführung der statistischen Auswertung, die Erstellung sämtlicher Tabellen und Abbildungen sowie das vollständige Verfassen des Manuskripts einschließlich Überarbeitung und Einreichung.

Die Betreuung erfolgte ausschließlich in Form methodischer Beratung und redaktionellen Feedbacks.

Datum

14.07.2025

(Unterschrift)

## **Eidesstattliche Versicherung**

Ich versichere ausdrücklich, dass ich die Arbeit selbständig und ohne fremde Hilfe, insbesondere ohne entgeltliche Hilfe von Vermittlungs- und Beratungsdiensten, verfasst, andere als die von mir angegebenen Quellen und Hilfsmittel nicht benutzt und die aus den benutzten Werken wörtlich oder inhaltlich entnommenen Stellen einzeln nach Ausgabe (Auflage und Jahr des Erscheinens), Band und Seite des benutzten Werkes kenntlich gemacht habe. Das gilt insbesondere auch für alle Informationen aus Internetquellen.

Soweit beim Verfassen der Dissertation KI-basierte Tools („Chatbots“) verwendet wurden, versichere ich ausdrücklich, den daraus generierten Anteil deutlich kenntlich gemacht zu haben. Die „Stellungnahme des Präsidiums der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG) zum Einfluss generativer Modelle für die Text- und Bilderstellung auf die Wissenschaften und das Förderhandeln der DFG“ aus September 2023 wurde dabei beachtet.

Ferner versichere ich, dass ich die Dissertation bisher nicht einem Fachvertreter an einer anderen Hochschule zur Überprüfung vorgelegt oder mich anderweitig um Zulassung zur Promotion beworben habe.

Ich erkläre mich damit einverstanden, dass meine Dissertation vom Dekanat der Medizinischen Fakultät mit einer gängigen Software zur Erkennung von Plagiaten überprüft werden kann.

Datum	Unterschrift
14.07.2025	