

Aus der Augenklinik und Poliklinik
der Universitätsmedizin der Johannes Gutenberg-Universität Mainz

Augendrucksenkung nach erfolgter Trabekulektomie – eine Langzeitstudie

INAUGURAL-DISSERTATION
zur Erlangung des Doktorgrades der Zahnmedizin

der Universitätsmedizin
der Johannes Gutenberg-Universität Mainz

Vorgelegt von

Keywan Kianusch

aus Düsseldorf

Mainz, 2023

Wissenschaftlicher Vorstand: Univ.-Prof. Dr. U. Förstermann

1. Gutachter:
2. Gutachter:

Tag der Promotion: 27.02.2024

Widmung

Inhaltsverzeichnis

ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS	IV
TABELLENVERZEICHNIS	IV
ABBILDUNGSVERZEICHNIS	V
1. EINLEITUNG / ZIEL DER DISSERTATION	1
2. LITERATURDISKUSSION	2
2.1 Das Glaukom	2
2.2 Definition	2
2.3 Epidemiologie	3
2.3.1 Regionale Unterschiede	3
2.3.2 Altersunterschied	3
2.3.3 Geschlecht	3
2.4 Klassifikationen	4
2.4.1 Das Offenwinkelglaukom	4
2.4.2 Okuläre Hypertension	4
2.4.3 Sekundäre Glaukome	5
2.5 Augeninnendruck	5
2.6 Diagnostik	6
2.7 Therapie	6
2.7.1 Medikamentöse Therapie	6
2.7.2 Laserbehandlung	7
2.7.3 Operation	7
2.8 Die Trabekulektomie	8
2.8.1 Operationsverfahren	8

2.8.2 Antimetabolite	8
2.8.3 Komplikationen	9
3. PERSONEN UND METHODEN	10
3.1 Patientenkollektiv	10
3.2 Ein- und Ausschlusskriterien	10
3.3 Datenerhebung	11
3.4 Chirurgisches Protokoll	12
3.5 Perioperatives Management	12
3.6.1 Misserfolg	13
3.6.2 Vollständiger Erfolg	13
3.6.3 Qualifizierter Erfolg	14
3.6.4 Strikter Erfolg	14
3.6.5 Kataraktoperation nach Trabekulektomie	14
3.7 Statistische Auswertung	14
4. ERGEBNISSE	16
4.1 Patientenkollektiv	16
4.2 Altersverteilung	16
4.3 Diagnose	17
4.4 Präoperative Medikation	18
4.5 Präoperativer Intraokulardruck	18
4.6 Chirurgischer Erfolg	19
4.7 Einflussnehmende Faktoren auf den chirurgischen Erfolg	21
4.8 IOD Entwicklung	21
4.9 Einfluss der Kataraktoperation nach Trabekulektomie	22

4.10 Sehschärfe	22
4.11 IOD-senkende Medikamente	23
4.12 Gründe für einen Misserfolg	23
5. DISKUSSION	24
5.1 Datenerhebung und Limitationen	24
5.2 Studiengröße und Nachbeobachtungszeitraum	25
5.3 Definition von Erfolg	25
5.4 Ergebnisse	25
5.4.1 Erfolg der Trabekulektomie	25
5.4.2 Einfluss einer Kataraktoperation	26
5.4.3 Komplikationen	26
6. ZUSAMMENFASSUNG	28
7. LITERATURVERZEICHNIS	VI
8. DANKSAGUNG	IX
9. TABELLARISCHER LEBENSLAUF	X

Abkürzungsverzeichnis

IOD	Intraokulärer Druck
mmHg	Millimeter Quecksilbersäule
MMC	Mitomycin C
5-FU	5-Fluoruracil
mg	Milligram
ml	Milliliter
IQA	Interquartilsabstand
BCVA	best corrected visual acuity

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Gründe für einen Misserfolg	23
--	----

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Geschlechterverteilung	16
Abbildung 2: Altersverteilung	17
Abbildung 3: Diagnose	17
Abbildung 4: Präoperative Medikation	18
Abbildung 5: Verteilung präoperativer IOD	19
Abbildung 6: Chirurgischer Erfolg	19
Abbildung 7: Kaplan-Meier-Überlebensanalyse des vollständigen Erfolgs in allen Fällen	20
Abbildung 8: Streudiagramm des präoperativen und des letzten postoperativen IOD	21
Abbildung 9: Vergleich der Kaplan-Meier-Überlebensanalyse für die Vergleichsgruppe von Augen mit und ohne Kataraktoperation mindestens 6 Monate nach der TE.....	22

1. Einleitung / Ziel der Dissertation

Weltweit sind etwa 60,5 Millionen Menschen von einem Glaukom betroffen (1). Es macht 8 % aller Erblindungsfälle aus und ist die zweithäufigste Ursache für eine irreversible Erblindung (2). Die Erstbehandlung des Glaukoms besteht in der Regel aus topischen Augentropfen oder einer Lasertrabekuloplastik, die beide auf die Senkung des Augeninnendrucks abzielen und ähnlich wirksam sind (3). Wenn die pharmakologische oder die Laser-Behandlung den intraokulären Druck (IOD) nicht kontrollieren können, ist eine drucksenkende Operation erforderlich. Die Trabekulektomie, die vor mehr als 50 Jahren erstmals beschrieben wurde (4), gilt aufgrund ihrer wirksamen Senkung des IOD und ihrer Kosteneffizienz als Referenzstandard für die chirurgische Behandlung des Offenwinkglaukoms (5).

Um das Risiko von Komplikationen wie Hypotonie und Endophthalmitis zu verringern, wurden alternative chirurgische Verfahren wie Glaukomdrainagen, tiefe Sklerektomie oder Viskokanalostomie als Alternativen zur Trabekulektomie vorgeschlagen (6-8).

Ungeachtet dieser Alternativen ist die Trabekulektomie nach wie vor der am häufigsten durchgeführte chirurgische Eingriff bei medizinisch unkontrolliertem Glaukom. Durch neuere Trabekulektomietechniken, einschließlich perioperativer und postoperativer Modifikationen, haben sich die Komplikationen verringert und die Ergebnisse der Trabekulektomie-Operation verbessert (9).

Bislang haben nur wenige Studien die Langzeitergebnisse nach mehr als drei Jahren untersucht und dies meist in kleineren Kohorten (10-12).

Ziel dieser Studie ist es daher, die Langzeitergebnisse der Trabekulektomie-Operation in einer großen Kohorte mit einer Nachbeobachtungszeit von mindestens 3 Jahren zu bewerten.

2. Literaturdiskussion

2.1 Das Glaukom

Aus den Daten von 288 Studien aus 98 verschiedenen Ländern geht hervor, dass im Jahre 2015 weltweit insgesamt 36 Millionen Menschen blind waren und 216 Millionen Menschen an mäßigen bis starken Sehbeeinträchtigungen litten (13) .

Das Glaukom ist weltweit mit 8% die zweithäufigste Ursache für Erblindungen, nach der unbehandelten Katarakt mit 51% (2).

Da nur das Fortschreiten des Glaukoms verhindert werden kann und das bereits verlorene Sehvermögen nicht operativ wiederhergestellt werden kann, ist das Glaukom die häufigste Ursache einer irreversiblen Erblindung (14) (Seite 415-416).

2.2 Definition

Die Glaukome sind eine Gruppe progressiver Optikusneuropathien, die durch die Degeneration retinaler Ganglienzellen und dem daraus resultierenden Verlust visueller Funktionen gekennzeichnet sind. Zwar hängt der Verlust der Ganglienzellen mit der Höhe des IOD zusammen, jedoch spielen auch andere Faktoren eine Rolle. Der zu hohe Augendruck zählt zwar zu einem der wichtigsten Risikofaktoren der Glaukomerkrankung, dieser darf aber nicht mit einem Diagnosekriterium verwechselt werden. Ca. 30-50% aller Glaukompatienten haben einen Augendruck innerhalb des Normbereichs. Außerdem gibt es auch Patienten, die trotz eines über längeren Zeitraums bestehenden erhöhten Augendrucks keine Schädigungen der Sehnerven aufweisen. Somit ist für die Beurteilung und die Diagnostik solcher Patienten die alleinige Tonometrie nicht ausreichend (15, 16).

2.3 Epidemiologie

Das Glaukom ist weltweit die häufigste Ursache für irreversible Erblindung (14) (Seite 415-416).

Weltweit betrifft das Glaukom circa 60,5 Millionen Menschen (1). 3,6 Millionen Menschen sind im Jahre 2020 blind aufgrund einer Glaukom Erkrankung (17).

Mit der steigenden Zahl der Glaukom Patienten und dem proportionalen Anstieg der älteren Bevölkerung werden nach fundierten Berechnungen für das Jahr 2040 111,8 Millionen Menschen weltweit mit Glaukom erwartet (18).

2.3.1 Regionale Unterschiede

Besonders in einkommensstarken Regionen ist das Glaukom proportional häufiger der Grund für eine Erblindung als in anderen Regionen (17).

Menschen mit einem asiatischen Ursprung sind, mit 47% aller Glaukom Formen und 87% der primären Winkelblockglaukome, die am stärksten betroffene Ethnie (1).

Bei Menschen mit kaukasischem Ursprung überwiegt das Offenwinkelglaukom. Menschen mit afrikanischem Ursprung sind 4-mal häufiger vom Offenwinkelglaukom betroffen (14).

2.3.2 Altersunterschied

Die Prävalenz des Offenwinkelglaukoms steigt mit dem Alter an, von 0,3 % im Alter von 35-39 Jahren auf 3,8 % im Alter von 75-79 Jahren und 10,0 % im Alter von über 90 Jahren bei Personen europäischer Abstammung (19).

2.3.3 Geschlecht

Nach einer Studie von H.A. Quigley und A.T. Broman aus dem Jahre 2006 sind Frauen häufiger vom Glaukom betroffen als Männer. So sind Frauen von 55% der Offenwinkelglaukome, 70% der Winkelblockglaukome und 59% aller Glaukome betroffen (1).

2.4 Klassifikationen

Das Glaukom wird klassifiziert in Offenwinkelglaukome und Engwinkelglaukome, anhand der Anatomie des Kammerwinkels (20).

Weiterhin kann man zwischen dem primären und dem sekundären Glaukom unterscheiden. Primäre Glaukome treten spontan auf, sekundäre Glaukome entstehen „in der Folge anderer Augenerkrankungen, von Allgemeinerkrankungen, Traumata oder nach ärztlichen Eingriffen“ (14) (Seite 415).

Eine weitere Form ist das kongenitale Glaukom, welches durch eine Entwicklungsstörung des Kammerwinkels entsteht (14) (Seite 439).

2.4.1 Das Offenwinkelglaukom

Das Offenwinkelglaukom betrifft in der Regel beide Augen und ist charakterisiert durch morphologische Veränderungen des Sehnervenkopfes. Es herrscht ein langsam fortschreitender Verlust der retinalen Nervenfasern vor. Obwohl bei vielen Patienten, mit einer Glaukom Erkrankung, ein erhöhter Augeninnendruck vorliegt, ist dieser kein Teil der Definition, da einige Patienten einen normalen Augeninnendruck haben (21).

Diese Form wird als das Normaldruckglaukom bezeichnet. Der Augeninnendruck ist bei dieser Art nicht erhöht, dennoch kommt es zu den typischen Sehnervschädigungen eines Glaukoms. Man geht davon aus, dass es sich bei diesem Typ um eine Unterform des primären Offenwinkelglaukoms handelt (14) (Seite 415).

Die Definition hängt also von dem Bestehen einer Sehnervschädigung ab und nicht von einem erhöhten Augeninnendruck (14) (Seite 425).

2.4.2 Okuläre Hypertension

Von einer okulären Hypertension spricht man, wenn es zu einem dauerhaft erhöhten Augeninnendruck (über 21 mmHg) kommt, die Patienten aber keine Sehnervschädigung oder Gesichtsfeldeinschränkungen vorweisen. Die okuläre Hypertension ist also kein Glaukom, jedoch beträgt das Risiko 10% nach 5 Jahren ein

Glaukom zu entwickeln. Einige Risikofaktoren erhöhen die Wahrscheinlichkeit einer Glaukomentwicklung wie z.B. ein dauerhaft stark erhöhter Augeninnendruck von mehr als 25 mmHg oder ein Lebensalter über 70 Jahre (14) (Seite 425-426).

2.4.3 Sekundäre Glaukome

Die Rede ist von sekundären Glaukomen, wenn die Behinderung des Kammerwasserabflusses durch andere Augenkrankheiten oder durch Allgemeinerkrankungen verursacht wird und es so zu einem Glaukom kommt (14) (Seite 444). Dies kann durch ein Trauma, bestimmte Medikamente, Entzündungen, Tumoren, Pigmentdispersion oder Pseudoexfoliation hervorgerufen werden (16).

2.5 Augeninnendruck

Der Augeninnendruck bei der gesunden Bevölkerung liegt in einem Bereich zwischen 10 und 21 mmHg und unterliegt einem zirkadianen Rhythmus mit Schwankungen von bis zu 4 mmHg (14) (Seite 414).

Dieser wird durch das Zusammenspiel zwischen der Sekretion des Kammerwassers durch den Ziliarkörper und dem Abfluss über zwei unabhängige Wege bestimmt. Ein Weg führt durch das Trabekelwerk, der zweite Weg ist der uveosklerale Abfluss. Bei Patienten, die an einem Offenwinkelglaukom leiden, besteht ein erhöhter Widerstand gegen den Kammerwasserabfluss durch das Trabekelwerk. Im Gegensatz dazu ist, bei Patienten mit einem Engwinkelglaukom, der Abflussweg meistens durch die Iris eingeengt (24).

Aufgrund der zirkadianen Rhythmik des Augeninnendrucks sind einmalige Messungen häufig nicht aussagekräftig. In einer Studie von Barkana et al. wurden 32 Patienten, mit einem Offenwinkelglaukom, zur 24-Stunden-Überwachung des Augeninnendrucks einbehalten, da ihre Werte nicht mit dem Ausmaß der Glaukomschäden korrespondierten. In 62% der Augen war der 24-Stunden-Höchstwert höher, als der in der Praxis gemessene Wert (25).

2.6 Diagnostik

Die Diagnose des Glaukoms erfolgt durch den Nachweis einer progressiven Optikusneuropathie oder einer charakteristischen Gesichtsfeldstörung. Menschen, mit einem primären Offenwinkelglaukom, bemerken oft erst in einem späten Stadium der Erkrankung Symptome. Da man nur das Fortschreiten der Erkrankung aufhalten kann und bestehende Sehbeeinträchtigungen nicht wiederherstellen kann, ist eine frühzeitige Diagnose unerlässlich (26).

Zur Glaukomdiagnose sind mehrere Untersuchungen notwendig. Die Hauptuntersuchungen beziehen sich auf die fundoskopische Untersuchung des Sehnervenkopfes und der retinalen Nervenfaserschicht. Es ist außerdem notwendig, den Augeninnendruck zu erfassen. Derzeit ist der Augeninnendruck der „einzige modifizierbare Risikofaktor für das Auftreten und die Progression einer glaukomatösen Erkrankung“ (27).

2.7 Therapie

Die einzige nachgewiesene Möglichkeit, das Fortschreiten der Glaukom Erkrankung zu verzögern, ist die Senkung des Augeninnendrucks. Sowohl bei älteren als auch bei jüngeren Patienten, bei Hoch- und Normaldruckglaukomen sowie bei Augen mit geringeren und stärkeren Gesichtsfeldausfällen sind positive Behandlungseffekte aufgetreten (28). Die „American Academy of Ophthalmology“ empfiehlt eine Reduktion des IOD um 25% vom Ausgangswert bei primären Offenwinkelglaukomen (29).

Zur Senkung des IOD wird als erstes die medikamentöse Therapie mit Augentropfen oder eine Lasertherapie des Trabekelmaschenwerks durchgeführt. Bei unzureichender Therapie muss eine drucksenkende Operation erwogen werden (14) (Seite 428).

2.7.1 Medikamentöse Therapie

Zurzeit gibt es mehrere IOD-senkende Augentropfen, die zur Behandlung des Glaukoms eingesetzt werden. Dazu gehören Parasympathomimetika,

Sympathomimetika, β -Blocker, Carboanhydrasehemmer, Prostaglandinanaloga und Rho-Kinase-Inhibitoren (30). Die Therapie startet mit nur einer Substanz, bei unzureichender Wirkung werden weitere Substanzen hinzugefügt oder entsprechende Kombinationspräparate verwendet (14) (Seite 428).

2.7.2 Laserbehandlung

Die Laserbehandlung des Trabekelmaschenwerks, Lasertrabekuloplastik als SLT oder ALT, kann anstelle von drucksenkenden Augentropfen als Erstlinientherapie herangezogen werden.

Ebenfalls als Laserbehandlung bezeichnet man die Zyklphotokoagulation. Bei dieser handelt es sich um eine Verödung des Ziliarepithels und somit die Reduktion der Kammerwasserproduktion (14) (Seite 431). Dieser Eingriff kann an Augen mit zu hohem Risiko für filtrierende Operationen erwogen werden sowie bei terminalen Glaukomen.

2.7.3 Operation

Ein chirurgischer Eingriff ist dann indiziert, wenn die vorangegangenen nicht-chirurgischen Behandlungsmöglichkeiten nicht ausreichen, den Augeninnendruck auf den angestrebten Wert zu senken oder die Nebenwirkungen zu stark sind.

Es wird zwischen dem filtrierenden und nicht-filtrierenden Operationsverfahren und der Minimal-Invasiven Glaukomchirurgie unterschieden (27).

Bei der filtrierenden Operation „wird die Vorderkammer eröffnet und der gesamte Abfluss unter die Bindehaut geleitet“ (14) (Seite 431).

Im Gegensatz dazu, wird bei der nicht-filtrierenden Operation eine Membran zwischen der Vorderkammer und dem Abflussweg belassen.

Die Minimal-Invasive Glaukomchirurgie zeichnet sich durch die Verbindung der Vorderkammer mit dem Schlemm-Kanal, dem subziliaren Raum oder dem subkonjunktivalen Raum mittels eines Stents aus (14) (Seite 431).

Im Folgenden wird besonders auf eine Form der filtrierenden Operation eingegangen, die Trabekulektomie.

2.8 Die Trabekulektomie

Die Trabekulektomie, die vor mehr als 50 Jahren erstmals beschrieben wurde (4), gilt aufgrund der effektiven Senkung des IOD und der Kosteneffizienz als Referenzstandard in der chirurgischen Behandlung des Glaukoms (5).

2.8.1 Operationsverfahren

Das Ziel der Trabekulektomie ist die Senkung des IOD durch eine Fistelbildung, durch die das Kammerwasser aus der Vorderkammer abfließen kann. Dabei wird als erstes die Bindehaut eröffnet und ein Skleralappen (in viereckiger oder dreieckiger Form) mit halber Skleradicke präpariert. Anschließend wird eine Iridektomie angelegt, um eine Blockade durch die Iris zu verhindern. Der Skleradeckel wird mit Fäden fixiert, sodass dieser leicht auf dem darunterliegenden Bett aufliegt. So kommt es zu einer Drosselung des Kammerwasserflusses und nicht zu einer vollständigen Blockade. Die Bindehaut wird schließlich wasserdicht verschlossen. Das Sickerkissen entsteht durch das absickernde Kammerwasser, welches die Bindehaut nach vorne wölbt. Das Oberlid verdeckt dieses Sickerkissen und bietet diesem Schutz (14, 31).

2.8.2 Antimetabolite

Da die natürliche Heilung ohne weitere Maßnahmen in vielen Fällen zu einer Vernarbung mit einem Verschluss des Sickerkissens und somit zu einem erneuten Anstieg des Augeninnendrucks führt, werden Antimetaboliten aufgebracht.

Während der Operation wird insbesondere Mitomycin C (MMC) auf die Operationsstelle aufgebracht. Beim Mitomycin C handelt es sich um einen alkylierenden Wirkstoff, welcher das Einwachsen von Gefäßen verhindert und die Proliferation von Fibroblasten hemmt.

Postoperativ wird gegebenenfalls 5-Fluorouracil (5-FU) subkonjunktival injiziert. Dieses hemmt durch eine Verzögerung der DNA-Synthese ebenfalls die Proliferation der Fibroblasten (14, 31).

2.8.3 Komplikationen

Bei der Trabekulektomie kann es zu Komplikationen während und nach der Operation kommen. Durch engmaschige Kontrollen und Betreuung der Patienten kann gewährleistet werden, dass Komplikationen erkannt werden und wirksame Maßnahmen zur Erhaltung des Sickerkissens ergriffen werden (32).

Laut der Studie von Kashiwagi et al., die 694 Patienten umfasst, kommt es zu einer intraoperativen Komplikationsrate von 1,8%, einer postoperativen Komplikationsrate von 14,3% und einer Revisionsrate von 9,7% (33).

3. Personen und Methoden

3.1 Patientenkollektiv

Für die retrospektive Kohortenstudie wurden die Daten von Patienten* mit Offenwinkelglaukom (primäres Offenwinkelglaukom, sekundäres Offenwinkelglaukom oder Normaldruckglaukom) herangezogen, die zwischen dem 01.01.2013 und dem 28.02.2017 in der Augenklinik der Universitätsmedizin der Johannes Gutenberg-Universität Mainz einer Trabekulektomie mit Mitomycin C unterzogen waren.

Zu den erfassten Merkmalen gehörten demografische und augenspezifische Daten wie der präoperative Augeninnendruck, der für die Entscheidung zur Operation herangezogen wurde (präoperativer IOD), die Anzahl der verschiedenen Glaukom-Medikamente, die Glaukom-Diagnose und die Vorgeschichte einer früheren Kataraktoperation. Die Daten zur Nachsorge wurden durch die Durchsicht der Krankenakten, durch den Kontakt mit den Patienten und durch Korrespondenz mit den, mit der Nachsorge der Patienten betrauten, Augenärzten gewonnen.

**Aus Gründen der besseren Lesbarkeit wird auf die gleichzeitige Verwendung der Sprachformen männlich, weiblich und divers (m/w/d) verzichtet.*

3.2 Ein- und Ausschlusskriterien

Einschlusskriterien waren Merkmale, die ein Patient aufweisen musste, um in die Studie aufgenommen zu werden. Es gelten die vorliegenden Einschlusskriterien:

- Alter: Patienten mussten mindestens 18 Jahre alt sein
- Diagnose: Primäres Offenwinkelglaukom, sekundäres Offenwinkelglaukom und Normaldruckglaukom
- Nachbeobachtungszeitraum: mindestens drei Jahre
- Operation: Trabekulektomie mit MMC in der Augenklinik der Universitätsmedizin der Johannes Gutenberg-Universität in Mainz
- Geschlecht: es wurde sowohl das männliche als auch das weibliche Geschlecht berücksichtigt

Patienten, die diese Kriterien nicht erfüllten oder einer vergangenen Glaukom Operation unterzogen waren, wurden aus der Studie ausgeschlossen.

3.3 Datenerhebung

Die Identifizierung der in Frage kommenden Patienten erfolgte durch die Suche in einem elektronischen chirurgischen Fallregister. Die in Frage kommenden Patienten wurden dann durch eine manuelle Überprüfung der Krankenakte bestätigt. Wir identifizierten 452 Patienten in dem entsprechenden Zeitraum, von denen sechs Personen vor der minimalen Nachbeobachtungszeit von 3 Jahren verstorben und 67 Personen nicht zur Nachbeobachtung zur Verfügung standen.

Alle Daten wurden vollständig pseudonymisiert, bevor sie zugänglich gemacht wurden. Die Ethikkommission der Landesärztekammer Rheinland-Pfalz verzichtete gemäß den Landesgesetzen auf das Erfordernis einer informierten Einwilligung. Diese Studie folgte den STROBE-Richtlinien (Strengthening the Reporting of Observational Studies in Epidemiology).

Die Datenerhebung ist retrospektiv erfolgt mit Hilfe des Datenbanksystem SAP (SAP AG, Walldorf, Deutschland). Ebenfalls wurden nicht digitalisierte Krankenakten aus dem Archiv beachtet. Die erhobenen Daten wurden anonymisiert in einer Microsoft Excel (Version 16.70) Datei zusammengefasst. Folgende Parameter wurden erfasst:

- Alter des Patienten zum Zeitpunkt der Operation
- Geschlecht
- Datum der Operation
- OP-Methode
- IOD vor der Operation
- IOD zum jetzigen Zeitpunkt
- Voroperationen am Auge der Trabekulektomie
- Komplikationen
- Revisionen
- Anzahl der Suturolysen postoperativ
- Anzahl der applizierten 5-FU Injektionen

3.4 Chirurgisches Protokoll

Das folgende chirurgische Protokoll wurde bei allen Eingriffen an der Augenklinik und Poliklinik der Universitätsmedizin Mainz befolgt: Zunächst wird ein fornixbasierter Lappen der Bindehaut eröffnet und die Tenon mobilisiert. Direkt hinter dem ehemaligen Bindehautansatz am Limbus wird eine flache Kerbe angelegt (zur späteren Verankerung von Bindehaut und Tenon), und ein 7 x 7 mm großer Schwamm, getränkt mit 0,02 mg MMC in 0,1 ml, wird für 3 Minuten unter die Bindehaut gelegt, gefolgt von einer intensiven Spülung (30 ml) mit Kochsalzlösung. Es wird ein 3,5 x 3,5 mm großer Skleralappen von $\frac{1}{2}$ bis $\frac{1}{3}$ der Skleradicke präpariert und eine temporale Parazentese durchgeführt. Dann wird die anterior gelegene Trabekulektomie (Sklerakornektomie) und eine periphere Iridektomie durchgeführt. Der Skleralappen wird mit vier 10-0-Nylonnähten geschlossen, zwei Ecknähte und zwei Flankennähte, die tangential durch den Skleralappen und die angrenzende Sklera genäht werden, um den Abfluss des Kammerwassers nach hinten zu ermöglichen, wobei die Flankenfäden fester gezogen werden als die Eckfäden (34). Zusätzlich werden die Knoten der posterior-plazierten Nähte unter dem Skleralappen platziert, um den Bereich des posterior-gerichteten Kammerwasserflusses zu vergrößern. Die Bindehaut wird mit Nähten mäanderförmig am Fornix adaptiert, wie von Pfeiffer und Grehn beschrieben (35). Das Vorhandensein einer suffizienten Filtration und die Dichtigkeit der Nähte werden durch Anspülen der Vorderkammer mit isotoner Elektrolytlösung bestätigt. Die Operationen wurden von auf Glaukome spezialisierten Ärzten durchgeführt, die zuvor mindestens 100 Trabekulektomie Operationen durchgeführt hatten.

3.5 Perioperatives Management

Gemäß dem Protokoll der Augenklinik der Universitätsmedizin der Johannes Gutenberg-Universität Mainz wurden alle Patienten angewiesen, 4 Wochen vor der Operation die Verwendung von antiglaukomatösen Augentropfen am behandelten Auge einzustellen. Um die Entzündung der Bindehaut zu reduzieren, wurde den Patienten ordiniert, präoperativ 5 Tage lang 4-mal täglich unkonservierte topische Steroide zu verwenden. Die medikamentöse Drucksenkung erfolgte mit oralem Acetazolamid. Die Patienten wurden für die Operation ins Krankenhaus eingewiesen und wurden im postoperativen Verlauf täglich untersucht. Die postoperative

Behandlung umfasste eine einwöchige topische Antibiotikaprophylaxe und sechsmal täglich Prednisolon-Augentropfen ohne Konservierungsmittel, die über einen Zeitraum von sechs Wochen reduziert wurden. Subkonjunktivale 5 FU-Injektionen wurden nach dem Ermessen des behandelnden Chirurgen verabreicht. Die Indikation für 5 FU-Injektionen war ein nicht undichtiges Sickerkissen mit einem Augeninnendruck von 5 mmHg oder mehr und ohne klinische Anzeichen einer Hypotonie ab dem zweiten Tag nach der Operation. Alle notwendigen Eingriffe (einschließlich Laser-Suturolysen und digitaler Augenkompression hinter dem Sklerallappen zur Erhöhung des skleralen Abflusses) wurden vor Ort während des stationären Aufenthalts durchgeführt.

3.6 Ergebniswertung

Das primäre Ergebnis war der Anteil des chirurgischen Erfolgs. Es wurde zwischen vollständigem Erfolg, qualifiziertem Erfolg und striktem Erfolg unterschieden.

3.6.1 Misserfolg

Der Eingriff wurde als Misserfolg gewertet, wenn eines der folgenden Kriterien erfüllt war: IOD >18 mmHg, Hypotonie (IOD unter 5 mmHg), chirurgische Komplikationen, Revisionsoperation oder Verlust der Lichtwahrnehmung. Als Revisionseingriff wurde ein zusätzlicher chirurgischer Eingriff, einschließlich Needling, definiert. Postoperative Manöver in der Klinik, einschließlich Laser-Suturolysen, wurden nicht als Misserfolg gewertet.

3.6.2 Vollständiger Erfolg

Der Eingriff wurde als voller Erfolg gewertet, wenn er nach diesen Kriterien nicht fehlschlug und keine zusätzliche medizinische Therapie zur Senkung des IOD erforderlich war.

3.6.3 Qualifizierter Erfolg

Wenn eine postoperative medikamentöse Behandlung erforderlich war, um eine angemessene Senkung des Augeninnendrucks (IOD ≤ 18 mmHg) zu erreichen, aber keine zusätzliche Operation notwendig war, wurden diese Fälle als qualifizierter Erfolg gewertet.

3.6.4 Strikter Erfolg

Um eine Vergleichbarkeit mit Studien zu ermöglichen, die andere Erfolgsdefinitionen verwenden, wurde der Erfolg auch auf eine strikere Weise gemessen.

Zusätzlich zu den oben genannten Kriterien musste der IOD um mindestens 20 % gegenüber dem präoperativen IOD gesenkt werden. Patientendaten, die die strikteren Kriterien erfüllten, werden als strikter Erfolg bezeichnet.

3.6.5 Kataraktoperation nach Trabekulektomie

Um den Einfluss der Kataraktoperation nach der Trabekulektomie zu beurteilen, wurden Patienten, die sich mindestens 6 Monate nach der Trabekulektomie einer Kataraktoperation unterzogen, im Verhältnis 1:3 nach Geschlecht und Alter mit Augen verglichen, die sich während der Nachbeobachtung keiner Kataraktoperation unterzogen hatten. Um einen adäquaten Vergleich zu ermöglichen, wurde der Zeitpunkt der Katarakt-Operation nach der Trabekulektomie sowohl für das Auge nach der Katarakt-Operation als auch für die Vergleichsaugen als Ausgangswert festgelegt. Nur Augen, die zum Zeitpunkt dieser neuen Baseline die Erfolgskriterien erfüllten, wurden in diese Analyse einbezogen.

3.7 Statistische Auswertung

Die demografischen und augenspezifischen Merkmale der Probanden, einschließlich Alter, Geschlecht, Augeninnendruck, augeninnendrucksenkende Medikamente und Sehschärfe, wurden mit Mittelwert und Standardabweichung für annähernd normal verteilte kontinuierliche Daten, ansonsten mit Median und Interquartilsbereich für

kontinuierliche Variablen und mit absoluten und relativen Häufigkeiten für kategoriale Variablen beschrieben.

Kategoriale Daten wurden mit dem χ^2 -Test verglichen. Kontinuierliche Daten von gepaarten Stichproben wurden mit dem Wilcoxon-Signed-Rank-Test verglichen. Zur Bewertung der Überlebenswahrscheinlichkeiten für den chirurgischen Erfolg wurden der Log-Rank-Test und die Cox-Regressionsanalyse einschließlich Clustering auf Patientenebene verwendet. Für die Überlebensanalyse wurde ein Cox-Proportional-Hazard-Modell angewandt, in das die folgenden Kovariaten einbezogen wurden: Geschlecht, Alter, Art des Glaukoms, Linsenstatus vor der Operation, Anzahl der IOD-senkenden Medikamente vor der Operation und IOD vor der Operation. Die Proportionalitätsannahme wurde überprüft. Es wurden Korrelationskoeffizienten zwischen der transformierten Überlebenszeit und den skalierten Schoenfeld-Residuen berechnet.

Da es sich um eine explorative Studie handelt, wurde ein p-Wert von 0,05 oder weniger als statistisch signifikant angesehen. Die statistischen Analysen wurden mit R (Version 4.0.3 20, den Paketen ggplot2 21, dplyr 22 und rstatix23) und der Statistik- und Analysesoftware SPSS (IBM, 27.0.1, USA) durchgeführt.

4. Ergebnisse

4.1 Patientenkollektiv

Von den 452 ursprünglich identifizierten Patienten wurden 435 Augen von 379 Patienten mit einem Offenwinkelglaukom in die Studie eingeschlossen. Die Studienpopulation bestand aus 192 (50,7%) männlichen und 187 (49,3%) weiblichen Patienten (Abbildung 1: Geschlechterverteilung).

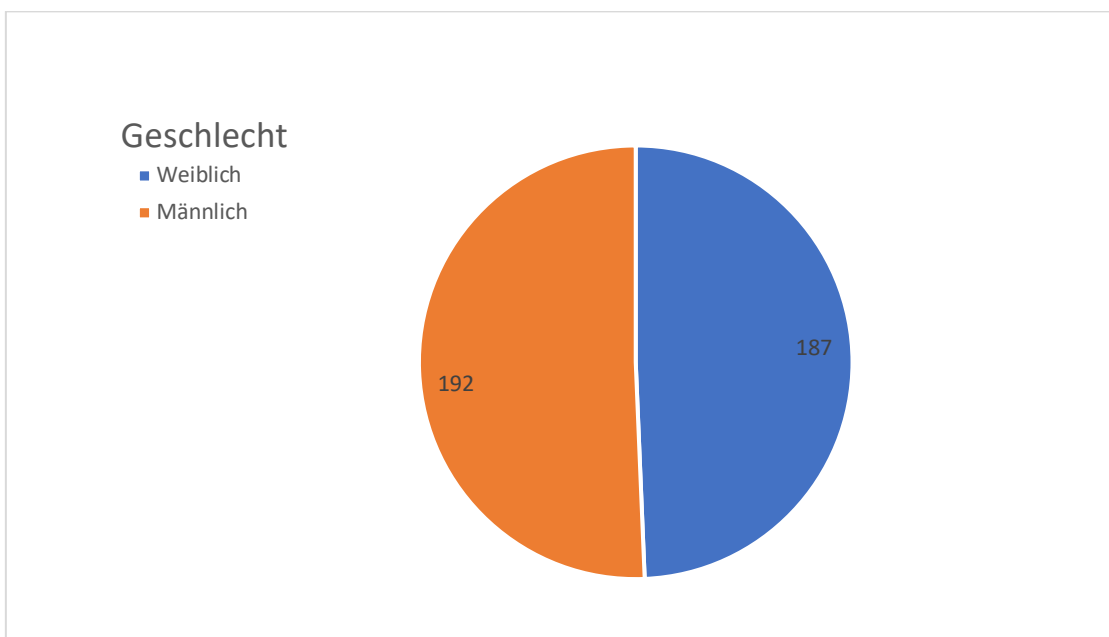


Abbildung 1: Geschlechterverteilung

4.2 Altersverteilung

Das Alter der Patienten erstreckt sich von 21 bis 87 Jahren.

Der Mittelwert liegt bei $66,8 \pm 10,2$ Jahren. Die mittleren 50% der Patienten sind zwischen 62 und 75 Jahre alt (Interquartilsabstand (IQA) 62,0-75,0).

Die Altersverteilung kann der Abbildung 2: Altersverteilung entnommen werden.

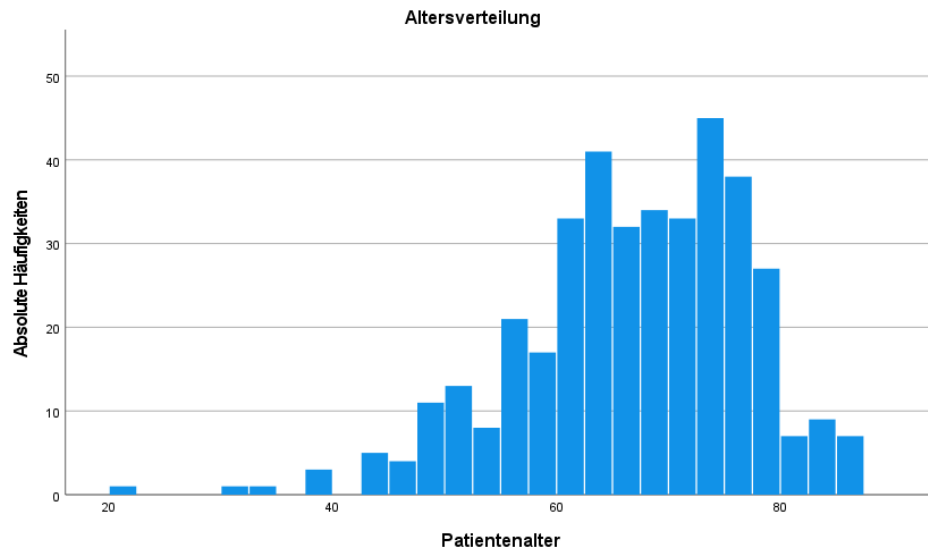


Abbildung 2: Altersverteilung

4.3 Diagnose

327 (75,2%) der Augen wurden mit einem primären Offenwinkelglaukom diagnostiziert, 29 (6,7%) der Augen mit einem Normaldruckglaukom, 69 (15,9%) der Augen mit einem pseudoexfoliativen Glaukom und 10 (2,3%) der Augen mit einem Pigmentglaukom (Abbildung 3: Diagnose).

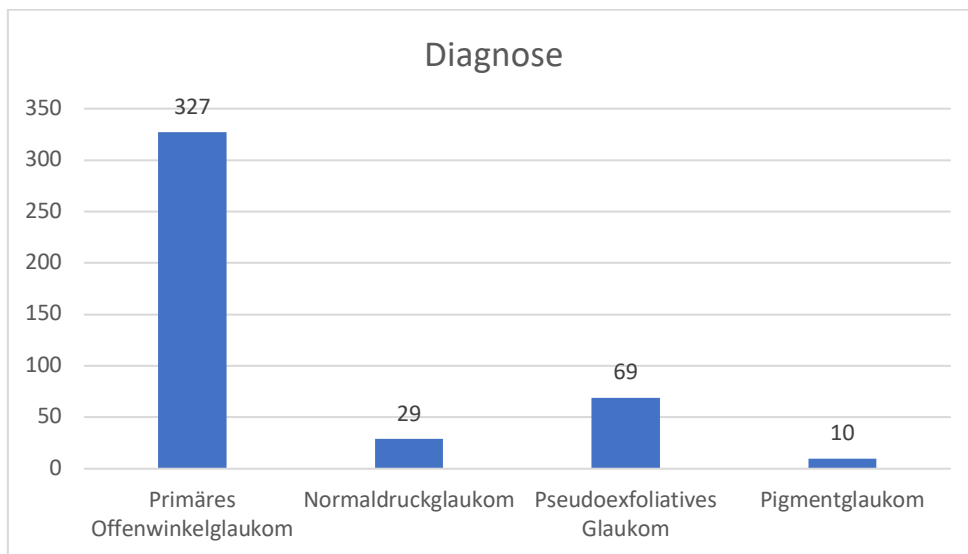


Abbildung 3: Diagnose

4.4 Präoperative Medikation

Vor der Operation wurde zunächst versucht, den IOD medikamentös einzustellen. Im Folgenden wird die Anzahl der verwendeten Wirkstoffe der Patienten präoperativ aufgezeigt (Abbildung 4: Präoperative Medikation).

97% der Augen wurden vor der Operation medikamentös behandelt, im Durchschnitt mit 3,1 Wirkstoffen und einer Standardabweichung von $\pm 1,1$.

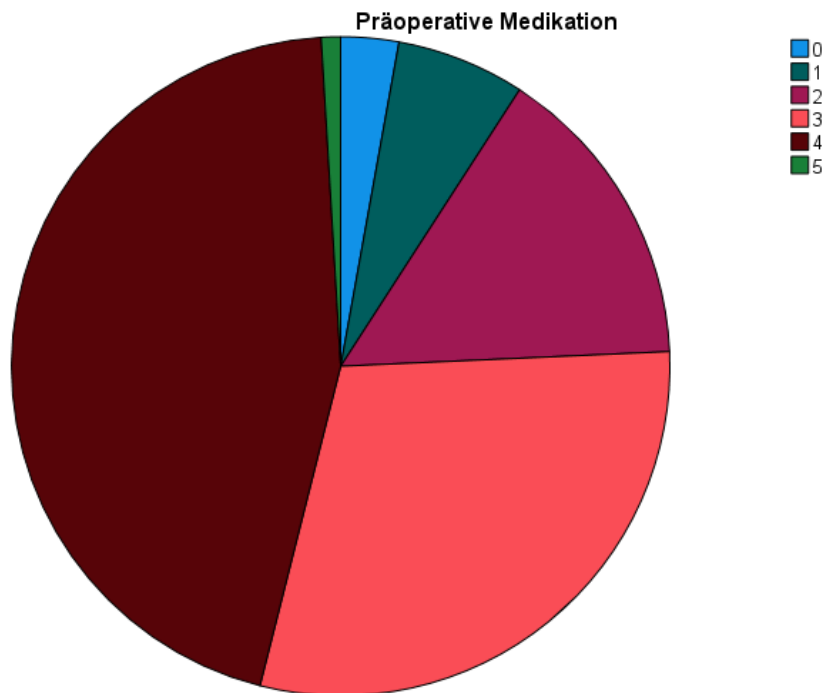


Abbildung 4: Präoperative Medikation

4.5 Präoperativer Intraokulardruck

Präoperativ lag der Augeninnendruck bei einem Mittelwert $25,8 \pm 9,77$ mmHg mit einer Reichweite von 10,0 – 66,0 mmHg. In Abbildung 5 ist die Verteilung des präoperativen IOD nach der absoluten Häufigkeit des gemessenen Drucks in mmHg dargestellt.

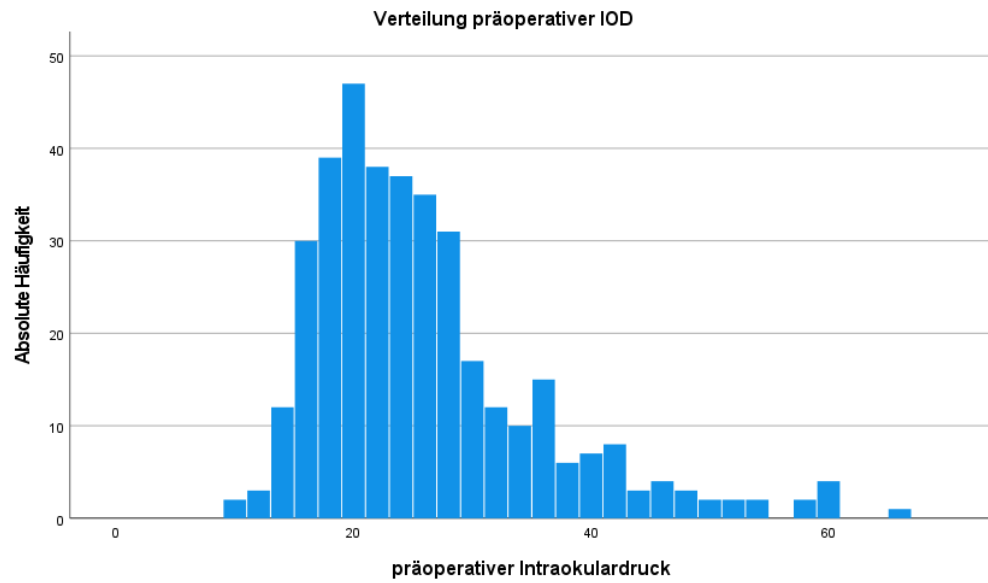


Abbildung 5: Verteilung präoperativer IOD

4.6 Chirurgischer Erfolg

Ein vollständiger Erfolg (keine zusätzliche medikamentöse Therapie zur Senkung des IOD erforderlich) wurde bei 301 (69%) Augen bei der letzten Nachuntersuchung erzielt.

Ein qualifizierter Erfolg und eine IOD-Kontrolle (≥ 5 mmHg und ≤ 18 mmHg, keine chirurgische Komplikation oder vollständiger Verlust des Sehvermögens) wurde bei 316 (73%) der Augen und ein strikter Erfolg (vollständiger Erfolg + IOD-Senkung $\geq 20\%$) wurde bei 288 (66%) der Augen erzielt (Abbildung 6: Chirurgischer Erfolg).

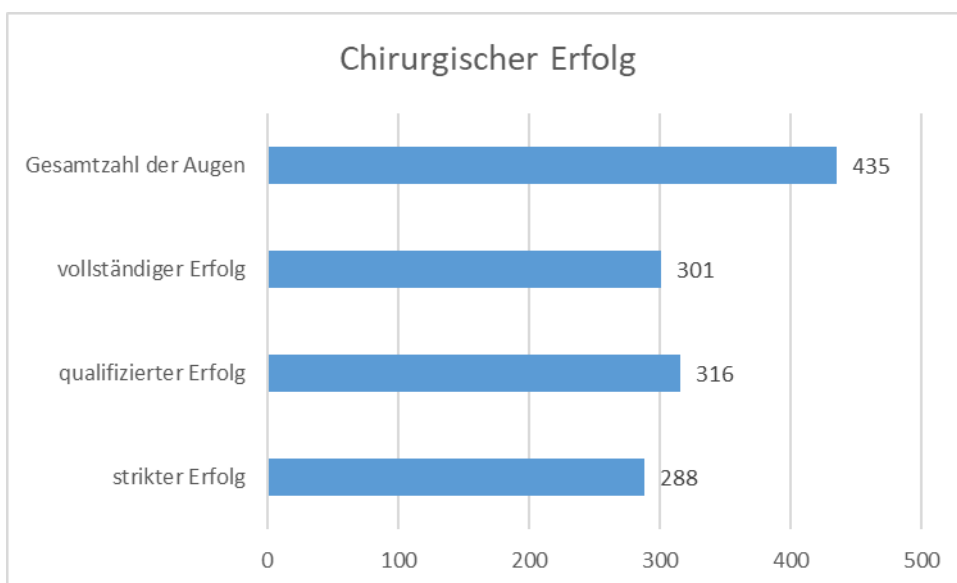


Abbildung 6: Chirurgischer Erfolg

Auf der Grundlage der Erfolgsquoten wurde eine Kaplan-Meier-Überlebensanalyse durchgeführt, um den chirurgischen Erfolg in allen Fällen zu beschreiben. Da alle Misserfolge aufgrund eines IOD-Anstiegs, mit Ausnahme eines Auges, einen IOD-Anstieg > 18 mmHg vor der Behandlung mit IOD-senkenden Medikamenten hatten, haben wir in der Überlebensratenanalyse nicht zwischen vollständigem und qualifiziertem Erfolg unterschieden und beziehen uns daher nur auf den vollständigen Erfolg. Nach der Kaplan-Meier-Überlebenskurve betragen die Erfolgsraten für den chirurgischen Erfolg, einschließlich der vollständigen und qualifizierten Erfolge für die gesamte Serie, 86% (95% KI 83 - 90%) nach 1 Jahr, 83% (95% KI 80 - 87%) nach 2 Jahren, 82% (95% KI 78 - 85%) nach 3 Jahren, 78% (95% KI 75 - 82%) nach 4 Jahren und 75% (95% KI 71 - 80%) nach 5 Jahren (Abbildung 7: Kaplan-Meier-Überlebensanalyse).

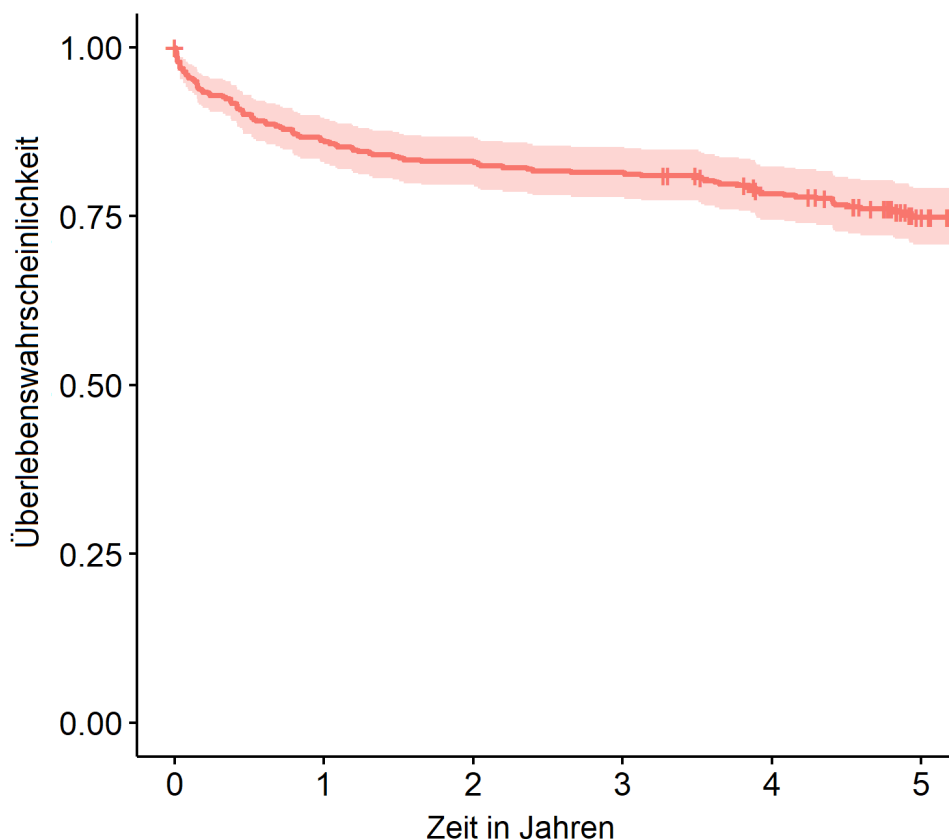


Abbildung 7: Kaplan-Meier-Überlebensanalyse des vollständigen Erfolgs in allen Fällen

4.7 Einflussnehmende Faktoren auf den chirurgischen Erfolg

Ein Cox-Regressionsmodell zeigte keinen signifikanten Einfluss von Geschlecht, Alter, Art des Glaukoms, Linsenstatus vor der Operation, Anzahl der IOD-senkenden Medikamente vor der Operation oder IOD vor der Operation auf die Wahrscheinlichkeit eines chirurgischen Erfolgs. Die individuellen Schoenfeld-Residuen für das Modell zeigten kein Muster mit der Zeit.

4.8 IOD Entwicklung

Der mittlere präoperative IOD betrug $25,80 \pm 9,77$ mmHg. Der mittlere maximale IOD lag bei $31,15 \pm 9,88$ mmHg. Bei der letzten Untersuchung war der IOD signifikant auf einen Mittelwert von $12,06 \pm 4,33$ mmHg gesunken ($p < 0,001$). Eine Senkung des IOD unter das präoperative Niveau wurde bei 91 % aller Augen erreicht.

Das Streudiagramm (Abbildung 8) zeigt den präoperativen und den letzten postoperativen IOD. Diese sind dargestellt nach der Häufigkeit. Die blau gestrichelte Linie zeigt die 20%ige IOD-Reduktion.

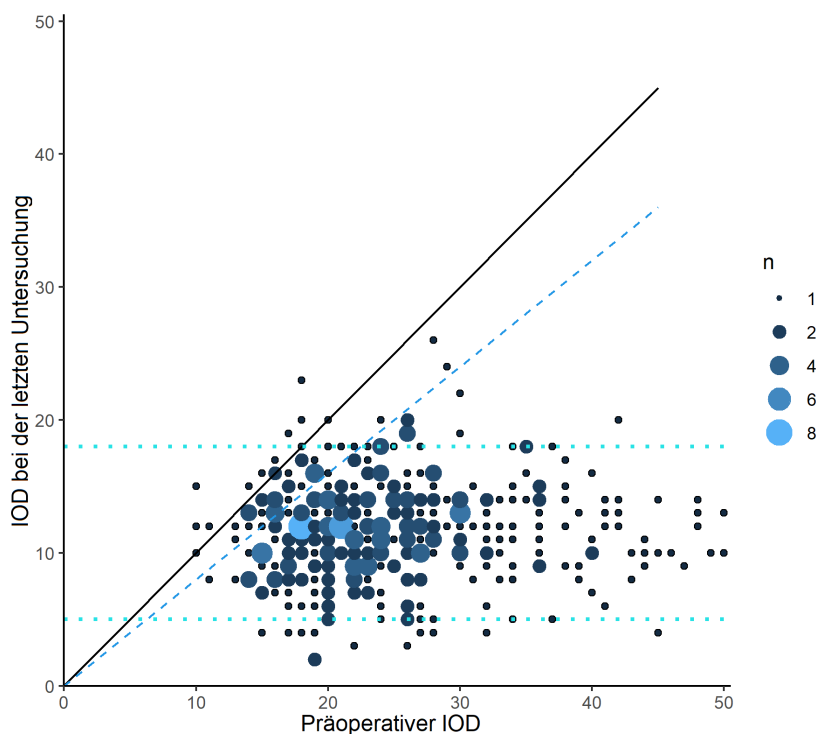


Abbildung 8: Streudiagramm des präoperativen und des letzten postoperativen IOD

4.9 Einfluss der Kataraktoperation nach Trabekulektomie

53 der Patienten unterzogen sich mindestens 6 Monate nach der Trabekulektomie einer Kataraktoperation. In Abbildung 9 wurden diese Patienten nach ihrem Geschlecht und ihrem Alter mit 157 Patienten verglichen, die keine Kataraktoperation haben durchführen lassen. Es gab keinen signifikanten Unterschied in der Überlebenswahrscheinlichkeit zwischen den Gruppen (log-rank $p=0,45$).

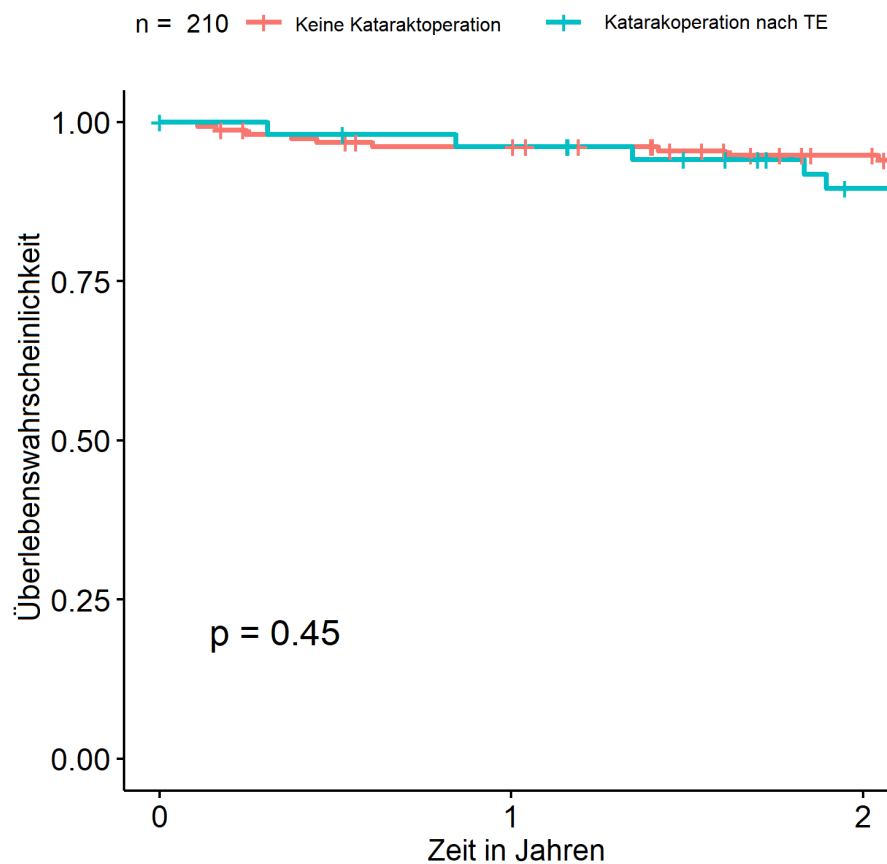


Abbildung 9: Vergleich der Kaplan-Meier-Überlebensanalyse für die Vergleichsgruppe von Augen mit und ohne Kataraktoperation mindestens 6 Monate nach der TE

4.10 Sehschärfe

Der Median der präoperativen „best corrected visual acuity“ (BCVA) betrug 0,30 (IQA 0,70-0,10). Bei der letzten Untersuchung hatte sich der mediane BCVA nicht verschlechtert und lag noch bei 0,30 (IQA 0,52-0,10) ($p=0,99$).

4.11 IOD-senkende Medikamente

Präoperativ betrug die durchschnittliche Anzahl der verwendeten topischen IOD-senkenden Medikamente $3,11 \pm 1,06$ und sank bei der letzten Untersuchung auf $0,07 \pm 0,26$ ($p < 0,001$).

4.12 Gründe für einen Misserfolg

Die Gründe für den Misserfolg sind in der folgenden Tabelle 1 illustriert.

Die häufigsten Gründe waren das Needling (16,8%), gefolgt von einer notwendigen chirurgischen Revision (11,5%) und einem erhöhten IOD von < 18 mmHg (5,3%).

Chirurgische Komplikation:	14 (3.2)
Fistulation des Sickerkissens	5 (1.1)
Sklerale Ausdünnung	4 (1.0)
Irisinkarzeration	2 (0.5)
Malignes Glaukom	2 (0.5)
Netzhautablösung	1 (0.2)
Chirurgische Revision:	50 (11.5)
Fadennachlegung	33 (7.6)
Vorderkammerrevision	2 (0.5)
Offene Revision	8 (1.8)
Zyklodestruktiver Eingriff	6 (1.4)
Preserflo-Implantation	1 (0.2)
Needling	73 (16.8)
IOD < 5 mmHg	13 (3.0)
IOD > 18 mmHg	23 (5.3)

Tabelle 1: Gründe für einen Misserfolg

5. Diskussion

5.1 Datenerhebung und Limitationen

Bei dieser Studie handelt es sich um eine rein retrospektive Studie. Die Daten sind aus OP-Berichten, Arztbriefen und Akteneinträgen entnommen. Durch den Charakter der retrospektiven Studie ist es nicht möglich, kausale Zusammenhänge festzustellen. Außerdem können mögliche störende Faktoren fehlen oder nicht ausreichend aufgezeichnet sein.

Es konnten von den identifizierten 452 Patienten, die alle Kriterien erfüllten, Daten von 379 Patienten ermittelt werden. 73 Personen wurden nicht lange genug nachbeobachtet – Einschlusskriterium: Nachbeobachtungszeit > 3 Jahre. Die Gründe dafür können vielfältig sein, beispielsweise Umzug, Tod oder das Konsultieren eines anderen Arztes. Aufgrund des Charakters der retrospektiven Studie und der fehlenden Möglichkeit der Nachuntersuchung bei allen Patienten kann es zu einer Verzerrung der Ergebnisse kommen, wie auch in der Studie von Landers et al. beschrieben wird (12).

Es handelt sich in der Nachuntersuchung um einen Zeitraum vom 01.01.2013 bis zum 28.02.2017. Durch diese begrenzte Anschauung des Zeitraums kann zu den Fällen vor und nach dieser Zeit keine Aussage getätigt werden.

Alle Operationen wurden nur in einem einzigen Zentrum, in dem nur erfahrene Glaukomspezialisten operieren, durchgeführt. Die Operationen wurden alle unter dem gleichen Prozedere und den gleichen Standards abgehalten. Es gibt keine genau definierte Indikation zur Durchführung einer Revision.

Durch die unterschiedliche Berufserfahrung und dem subjektiven Empfinden der unterschiedlichen Ärzte kann es daher zur Verzerrung der Ergebnisse kommen.

Die Operation wurde ausschließlich von Ärzten durchgeführt, die auf das Glaukom spezialisiert sind und mindestens 100 Trabekulektomien absolviert haben. Daher können die Ergebnisse auf eine gute Einschätzung der Überlebenschancen hindeuten, jedoch sind diese möglicherweise nicht repräsentativ für die Erfolgsraten der Trabekulektomie in anderen Einrichtungen.

5.2 Studiengröße und Nachbeobachtungszeitraum

In vergleichbaren Studien sind verschiedene Studiengrößen mit verschiedenen Nachbeobachtungszeiträumen zu finden. In der Studie von Francis et al. wurden 301 Augen mit einer durchgeführten Trabekulektomie 2 Jahre nachbeobachtet (36). Reibaldi et al. beobachtete 114 Patienten in einem Zeitraum von 9 Jahren (10), De Leon et al. 120 Patienten mit einem Nachbeobachtungszeitraum von $28,6 \pm 20,8$ Monaten (37).

Die Multicenter-Studie von Gedde et al. aus 17 verschiedenen Kliniken beobachtete 105 Augen nach erfolgter Trabekulektomie in einem Zeitraum von 3 Jahren (7).

Der Vergleich mit den oben genannten Studien zeigt mit 435 Augen mit einem Nachbeobachtungszeitraum von mindestens 3 Jahren eine große Datenanalyse, um auch kleine statistische Unterschiede erfassen zu können.

5.3 Definition von Erfolg

Ein kritischer Aspekt beim Vergleich von Studien, die über Erfolgsraten nach Trabekulektomie berichten, sind die unterschiedlichen Definitionen von Erfolg, die von verschiedenen Autoren verwendet werden, z. B. in Bezug auf den Ziel-IOD oder die Definition der chirurgischen Revision (38). Wir haben daher beschlossen, den Erfolg mit und ohne relative IOD-Senkung im Vergleich zu den präoperativen Werten zu bewerten, um eine Vergleichbarkeit zu ermöglichen.

5.4 Ergebnisse

5.4.1 Erfolg der Trabekulektomie

In dieser retrospektiven Kohortenstudie wurden 435 Augen von 379 Patienten untersucht. Die Trabekulektomie war ein vollständiger Erfolg in ungefähr 75% der Fälle nach 5 Jahren. In der Studie von Reibaldi et al wurden ähnlich hohe Erfolge erzielt ohne die Einnahme von IOD-senkenden Medikamenten (10).

Andere Studien zeigen deutlich niedrigere Überlebensraten ohne den Einsatz von IOD-senkenden Medikamenten auf, z.B. etwa 35% nach 5 Jahren (11) oder 45,8% nach 2 Jahren (37). In der letztgenannten Studie wurde die Operation von lernenden

Chirurginnen und Chirurgen durchgeführt, was die Erfolgsraten beeinflusst haben könnte, da bei weniger erfahrenen Chirurgen höhere Komplikationsraten berichtet wurden (39).

Im Vergleich dazu wurden alle in dieser Studie untersuchten Trabekulektomien von Glaukomspezialisten auf diesem Gebiet durchgeführt. Es muss jedoch angemerkt werden, dass die meisten Studien keinen Rückgang der postoperativen Erfolgsraten feststellen konnten, wenn die lernenden Chirurginnen angemessen angeleitet wurden (39, 40).

5.4.2 Einfluss einer Kataraktoperation

In mehreren Studien wurde über eine beschleunigte Kataraktentwicklung nach Filtrationsoperationen berichtet, die häufig eine Kataraktoperation nach Trabekulektomie erforderlich macht. Bisher gibt es keinen wissenschaftlichen Konsens über den möglichen Einfluss einer Kataraktoperation nach einer Trabekulektomie auf das Ergebnis der Trabekulektomie. Husain et al. und Arimura et al. berichteten über ein erhöhtes Risiko eines Versagens der Trabekulektomie nach einer Kataraktoperation (41, 42), während Mathew et al. und Nguyen et al. keinen Einfluss der Kataraktoperation auf die Erfolgsraten nach der Trabekulektomie berichteten (43, 44). Fontana et al. berichteten sogar über ein geringeres Risiko eines Misserfolgs nach einer Kataraktoperation (45). In unserem Kollektiv von Augen nach einer Trabekulektomie konnten wir keinen Einfluss der mindestens 6 Monate nach der Trabekulektomie durchgeführten Kataraktoperation auf die Erfolgsraten feststellen.

5.4.3 Komplikationen

Es traten in dieser Studienkohorte einige chirurgische Komplikationen auf. Die gemeldete Hypotonierate (3 %) ist im Vergleich zu den in anderen Studien berichteten Werten, die zwischen 3 und 14 % liegen, relativ niedrig (45-49). Die niedrige Hypotonierate in unserer Studie könnte mit der Verwendung enger Skleradeckelnähte und der anschließenden Laser-Suturolyse zusammenhängen, um eine frühe Überfiltrierung mit strukturellen und funktionellen Komplikationen zu vermeiden.

Außerdem gab es in unserer Kohorte keinen Fall von Blebitis (Infektion des Sickerkissens) oder Endophthalmitis. Die berichtete Inzidenz von Endophthalmitis

nach Trabekulektomie liegt zwischen 0,1 % und 1,3 % pro Jahr (45, 50-52). Eine mögliche Erklärung ist die Verwendung von wasserdichten Bindehautnähten am Fornix. Dies hat den Vorteil, dass weniger Blebitiden auftreten. Die intensive intraoperative Ausspülung von Mitomycin C könnte ebenfalls zu einer niedrigen Blebitisrate im Verlauf der Nachuntersuchung beitragen.

6. Zusammenfassung

Die Trabekulektomie dient der Reduktion der irreversiblen Schädigung des Sehnervs durch den zu hohen IOD im Rahmen von Glaukomerkrankungen. Aufgrund ihrer wirksamen Senkung des IOD und ihrer Kosteneffizienz gilt die Trabekulektomie als Referenzstandard für die chirurgische Behandlung des Glaukoms (5).

Das Ziel dieser Studie war die Untersuchung der Langzeitergebnisse der Trabekulektomie in einer großen Kohorte. Dazu sind von 379 Patienten 435 Augen in einem Nachbeobachtungszeitraum von mindestens 3 Jahren untersucht worden. Diese Patienten haben sich in einem Zeitraum vom 01.01.2013 bis zum 28.02.2017 in der Augenklinik der Johannes Gutenberg-Universität Mainz einer Trabekulektomie unterzogen.

Die Trabekulektomie war ein vollständiger Erfolg in ungefähr 75% der Fälle nach 5 Jahren. Der mittlere präoperative IOD betrug $25,80 \pm 9,77$ mmHg. Bei der letzten Untersuchung war der IOD signifikant auf einen Mittelwert von $12,06 \pm 4,33$ mmHg gesunken.

Bei 53 Patienten erfolgte mindestens 6 Monate nach der Trabekulektomie eine Kataraktoperation. Diese Patienten wurden nach ihrem Geschlecht und ihrem Alter mit 157 Patienten verglichen, die keine Kataraktoperation im Nachbeobachtungszeitraum erhalten haben. Es gab keinen signifikanten Unterschied in der Überlebenswahrscheinlichkeit zwischen den Gruppen.

Zusammenfassend zeigen die Ergebnisse dieser retrospektiven Studie mit einer mittleren Nachbeobachtungszeit von ca. 6 Jahren eine hohe und stabile Erfolgsrate der Trabekulektomie, die durch eine spätere Kataraktoperation nicht beeinflusst wird.

Die Ergebnisse können die Bedeutung von Fachzentren für die Behandlung von Glaukompatienten unterstreichen, um eine sichere und qualitativ hochwertige Operation mit langanhaltender Wirksamkeit zu erreichen und so das Sehvermögen von Glaukompatienten langfristig zu erhalten.

7. Literaturverzeichnis

1. Quigley HA, Broman AT. The number of people with glaucoma worldwide in 2010 and 2020. *Br J Ophthalmol*. 2006;90(3):262-7.
2. Pascolini D, Mariotti SP. Global estimates of visual impairment: 2010. *British Journal of Ophthalmology*. 2012;96(5):614-8.
3. Samples JR, Singh K, Lin SC, Francis BA, Hodapp E, Jampel HD, et al. Laser Trabeculoplasty for Open-Angle Glaucoma: A Report by the American Academy of Ophthalmology. *Ophthalmology*. 2011;118(11):2296-302.
4. Cairns JE. Trabeculectomy: Preliminary Report of a New Method. *American Journal of Ophthalmology*. 1968;66(4):673-9.
5. Kirwan JF, Lockwood AJ, Shah P, Macleod A, Broadway DC, King AJ, et al. Trabeculectomy in the 21st Century: A Multicenter Analysis. *Ophthalmology*. 2013;120(12):2532-9.
6. Gedde SJ, Herndon LW, Brandt JD, Budenz DL, Feuer WJ, Schiffman JC. Surgical Complications in the Tube Versus Trabeculectomy Study During the First Year of Follow-up. *American Journal of Ophthalmology*. 2007;143(1):23-31.e2.
7. Gedde SJ, Schiffman JC, Feuer WJ, Herndon LW, Brandt JD, Budenz DL. Three-Year Follow-up of the Tube Versus Trabeculectomy Study. *American Journal of Ophthalmology*. 2009;148(5):670-84.
8. Wishart PK, Wishart MS, Choudhary A, Grierson I. Long-term results of viscocanalostomy in pseudoexfoliative and primary open angle glaucoma. *Clinical & Experimental Ophthalmology*. 2008;36(2):148-55.
9. Stalmans I, Gillis A, Lafaut A-S, Zeyen T. Safe trabeculectomy technique: long term outcome. *British Journal of Ophthalmology*. 2006;90(1):44-7.
10. Reibaldi A, Uva MG, Longo A. Nine-year follow-up of trabeculectomy with or without low-dosage mitomycin-c in primary open-angle glaucoma. *British Journal of Ophthalmology*. 2008;92(12):1666-70.
11. Chiu H-I, Su H-I, Ko Y-C, Liu CJ-L. Outcomes and risk factors for failure after trabeculectomy in Taiwanese patients: medical chart reviews from 2006 to 2017. *British Journal of Ophthalmology*. 2022;106(3):362-7.
12. Landers J, Martin K, Sarkies N, Bourne R, Watson P. A Twenty-Year Follow-up Study of Trabeculectomy: Risk Factors and Outcomes. *Ophthalmology*. 2012;119(4):694-702.
13. Bourne RRA, Flaxman SR, Braithwaite T, Cicinelli MV, Das A, Jonas JB, et al. Magnitude, temporal trends, and projections of the global prevalence of blindness and distance and near vision impairment: a systematic review and meta-analysis. *Lancet Glob Health*. 2017;5(9):e888-e97.
14. Grehn F. *Augenheilkunde*. 32. Auflage ed: Springer-Verlag; 2019.
15. Hoffmann EM. Neue Möglichkeiten in der Glaukomdiagnostik. *Der Ophthalmologe*. 2009;106(8):674-5.
16. Weinreb RN, Aung T, Medeiros FA. The pathophysiology and treatment of glaucoma: a review. *Jama*. 2014;311(18):1901-11.
17. Burton MJ, Ramke J, Marques AP, Bourne RRA, Congdon N, Jones I, et al. The Lancet Global Health Commission on Global Eye Health: vision beyond 2020. *Lancet Glob Health*. 2021;9(4):e489-e551.

18. Tham YC, Li X, Wong TY, Quigley HA, Aung T, Cheng CY. Global prevalence of glaucoma and projections of glaucoma burden through 2040: a systematic review and meta-analysis. *Ophthalmology*. 2014;121(11):2081-90.
19. Kapetanakis VV, Chan MPY, Foster PJ, Cook DG, Owen CG, Rudnicka AR. Global variations and time trends in the prevalence of primary open angle glaucoma (POAG): a systematic review and meta-analysis. *British Journal of Ophthalmology*. 2016;100(1):86-93.
20. Kang JM, Tanna AP. Glaucoma. *Med Clin North Am*. 2021;105(3):493-510.
21. Quigley HA. Open-angle glaucoma. *New England Journal of Medicine*. 1993;328(15):1097-106.
22. Pan Y, Varma R. Natural history of glaucoma. *Indian J Ophthalmol*. 2011;59 Suppl(Suppl1):S19-23.
23. Ko F, Papadopoulos M, Khaw PT. Chapter 9 - Primary congenital glaucoma. In: Bagetta G, Nucci C, editors. *Progress in Brain Research*. 221: Elsevier; 2015. p. 177-89.
24. Weinreb RN, Aung T, Medeiros FA. The Pathophysiology and Treatment of Glaucoma: A Review. *JAMA*. 2014;311(18):1901-11.
25. Barkana Y, Anis S, Liebmann J, Tello C, Ritch R. Clinical Utility of Intraocular Pressure Monitoring Outside of Normal Office Hours in Patients With Glaucoma. *Archives of Ophthalmology*. 2006;124(6):793-7.
26. Cabourne E, Clarke JC, Schlottmann PG, Evans JR. Mitomycin C versus 5-Fluorouracil for wound healing in glaucoma surgery. *Cochrane Database of Systematic Reviews*. 2015(11).
27. Schuster AK, Erb C, Hoffmann EM, Dietlein T, Pfeiffer N. The Diagnosis and Treatment of Glaucoma. *Dtsch Arztebl Int*. 2020;117(13):225-34.
28. Heijl A, Leske MC, Bengtsson B, Hyman L, Bengtsson B, Hussein M, et al. Reduction of Intraocular Pressure and Glaucoma Progression: Results From the Early Manifest Glaucoma Trial. *Archives of Ophthalmology*. 2002;120(10):1268-79.
29. AAO PPP Glaucoma Panel HCfQEC. Glaucoma Summary Benchmarks - 2021 [Available from: <https://www.aao.org/summary-benchmark-detail/glaucoma-summary-benchmarks-2020>].
30. Inoue K. Managing adverse effects of glaucoma medications. *Clin Ophthalmol*. 2014;8:903-13.
31. Bowling B, Tönjes S. Kapitel 10 - Glaukom. In: Bowling B, Tönjes S, editors. *Klinische Ophthalmologie (Achte Ausgabe)*. Munich: Urban & Fischer; 2017. p. 299-388.
32. Jonescu-Cuypers CP, Seitz B. Postoperative Komplikationen und Management der Filtrationschirurgie. *Der Ophthalmologe*. 2009;106(11):1029.
33. Kashiwagi K, Kogure S, Mabuchi F, Chiba T, Yamamoto T, Kuwayama Y, et al. Change in visual acuity and associated risk factors after trabeculectomy with adjunctive mitomycin C. *Acta ophthalmologica*. 2016;94(7):e561-e70.
34. Wasielica-Poslednik J, Schmeisser J, Hoffmann EM, Weyer-Elberich V, Bell K, Lorenz K, et al. Fluctuation of intraocular pressure in glaucoma patients before and after trabeculectomy with mitomycin C. *PloS one*. 2017;12(10):e0185246.
35. Pfeiffer N, Grehn F. Improved suture for fornix-based conjunctival flap in filtering surgery. *International ophthalmology*. 1992;16(4):391-6.
36. Francis BA, Hong B, Winarko J, Kawji S, Dustin L, Chopra V. Vision Loss and Recovery After Trabeculectomy: Risk and Associated Risk Factors. *Archives of Ophthalmology*. 2011;129(8):1011-7.

37. de Leon JMS, Pionela CMG. Outcomes of primary trabeculectomy with mitomycin-C for primary angle closure glaucoma among supervised trainees in a tertiary eye center in Manila. *International Ophthalmology*. 2021;41(5):1643-50.
38. Rotchford AP, King AJ. Moving the Goal Posts: Definitions of Success after Glaucoma Surgery and Their Effect on Reported Outcome. *Ophthalmology*. 2010;117(1):18-23.e3.
39. Rattanasirivilai P, Ali ZC, Khoo DI, Shankar V. Augmented trabeculectomy-outcomes of first hundred versus second hundred surgeries of a fellowship-trained glaucoma surgeon. *European Journal of Ophthalmology*. 2022;32(1):300-8.
40. Kwong A, Law SK, Kule RR, Nouri-Mahdavi K, Coleman AL, Caprioli J, et al. Long-term Outcomes of Resident- Versus Attending-Performed Primary Trabeculectomy With Mitomycin C in a United States Residency Program. *American Journal of Ophthalmology*. 2014;157(6):1190-201.
41. Husain R, Liang S, Foster PJ, Gazzard G, Bunce C, Chew PTK, et al. Cataract Surgery After Trabeculectomy: The Effect on Trabeculectomy Function. *Archives of Ophthalmology*. 2012;130(2):165-70.
42. Arimura S, Iwasaki K, Gozawa M, Takamura Y, Inatani M. Trabeculectomy followed by phacoemulsification versus trabeculectomy alone: The Collaborative Bleb-Related Infection Incidence and Treatment Study. *PLOS ONE*. 2019;14(10):e0223439.
43. Nguyen DQ, Niyadurupola N, Tapp RJ, O'Connell RA, Coote MA, Crowston JG. Effect of phacoemulsification on trabeculectomy function. *Clinical & Experimental Ophthalmology*. 2014;42(5):433-9.
44. Mathew RG, Parvizi S, Murdoch IE. Success of trabeculectomy surgery in relation to cataract surgery: 5-year outcomes. *British Journal of Ophthalmology*. 2019;103(10):1395-400.
45. Fontana H, Nouri-Mahdavi K, Lumba J, Ralli M, Caprioli J. Trabeculectomy with Mitomycin C: Outcomes and Risk Factors for Failure in Phakic Open-Angle Glaucoma. *Ophthalmology*. 2006;113(6):930-6.
46. Skuta GL, Beeson CC, Higginbotham EJ, Lichter PR, Musch DC, Bergstrom TJ, et al. Intraoperative Mitomycin versus Postoperative 5-Fluorouracil in High-risk Glaucoma Filtering Surgery. *Ophthalmology*. 1992;99(3):438-44.
47. Stamper RL, McMenemy MG, Lieberman MF. Hypotonous Maculopathy After Trabeculectomy With Subconjunctival 5-Fluorouracil. *American Journal of Ophthalmology*. 1992;114(5):544-53.
48. Costa VP, Wilson RP, Moster MR, Schmidt CM, Gandham S. Hypotony Maculopathy Following the Use of Topical Mitomycin C in Glaucoma Filtration Surgery. *Ophthalmic Surgery, Lasers and Imaging Retina*. 1993;24(6):389-94.
49. Shields MB, Scroggs MW, Sloop CM, Simmons RB. Clinical and Histopathologic Observations Concerning Hypotony After Trabeculectomy with Adjunctive Mitomycin C. *American Journal of Ophthalmology*. 1993;116(6):673-83.
50. Bindlish R, Condon GP, Schlosser JD, D'Antonio J, Lauer KB, Lehrer R. Efficacy and safety of mitomycin-C in primary trabeculectomy: five-year follow-up. *Ophthalmology*. 2002;109(7):1336-41.
51. Parrish R. " Late endophthalmitis"-filtering surgery time bomb? *Ophthalmology*. 1996;103:1167-8.
52. DeBry PW, Perkins TW, Heatley G, Kaufman P, Brumback LC. Incidence of Late-Onset Bleb-Related Complications Following Trabeculectomy With Mitomycin. *Archives of Ophthalmology*. 2002;120(3):297-300.

8. Danksagung

9. Tabellarischer Lebenslauf