

Aus dem Zentrum für Augenheilkunde der Universität zu Köln
Klinik und Poliklinik für Allgemeine Augenheilkunde
Direktor: Universitätsprofessor Dr. med. C. Cursiefen

**Endoskopisch gesteuerte transkarunkuläre
lasergestützte StopLoss Jones Röhrchen
Implantation als Erstoperation bei kanalikulären
Tränenwegobstruktionen**

Inaugural-Dissertation zur Erlangung der Doktorwürde
der Medizinischen Fakultät
der Universität zu Köln

vorgelegt von
Katharina Gabriele Kroth
aus München

promoviert am 23. September 2022

Dekan: Universitätsprofessor Dr. med. G. R. Fink
1. Gutachter: Universitätsprofessor Dr. med. Dr. phil. L. Heindl
2. Gutachter: Privatdozent Dr. med. K. D. Lemmen

Erklärung

Ich erkläre hiermit, dass ich die vorliegende Dissertationsschrift ohne unzulässige Hilfe Dritter und ohne Benutzung anderer als der angegebenen Hilfsmittel angefertigt habe; die aus fremden Quellen direkt oder indirekt übernommenen Gedanken sind als solche kenntlich gemacht.

Bei der Auswahl und Auswertung des Materials sowie bei der Herstellung des Manuskriptes habe ich Unterstützungsleistungen von folgenden Personen erhalten:

Herrn Univ.-Prof. Dr. Dr. Ludwig M. Heindl
Herrn Dr. Alexander C. Rokohl

Weitere Personen waren an der Erstellung der vorliegenden Arbeit nicht beteiligt. Insbesondere habe ich nicht die Hilfe einer Promotionsberaterin / eines Promotionsberaters in Anspruch genommen. Dritte haben von mir weder unmittelbar noch mittelbar geldwerte Leistungen für Arbeiten erhalten, die im Zusammenhang mit dem Inhalt der vorgelegten Dissertationsschrift stehen.

Die Dissertationsschrift wurde von mir bisher weder im Inland noch im Ausland in gleicher oder ähnlicher Form einer anderen Prüfungsbehörde vorgelegt.

Der dieser Arbeit zugrunde liegenden Datensatz wurde ohne meine Mitarbeit am Zentrum für Augenheilkunde der Medizinischen Fakultät der Universität zu Köln erhoben.

Folgende Personen waren an der Datenerhebung beteiligt:

Herr Univ.-Prof. Dr. Dr. Ludwig M. Heindl, Herr Dr. Yongwei Guo und
Herr Dr. Alexander C. Rokohl.

Die retrospektiven Patientendaten wurden mir anonymisiert von Herrn Dr. Alexander C. Rokohl übermittelt und von mir selbst mit Unterstützung von Herrn Dr. Yongwei Guo, Herrn Univ.-Prof. Dr. Dr. Ludwig M. Heindl und Herrn Dr. Alexander C. Rokohl ausgewertet.
Hierfür wurde die Software „SPSS Statistics“ verwendet.

Die in dieser Arbeit angegebenen Analysen sind nach entsprechender Anleitung durch Herrn Univ.-Prof. Dr. Dr. Ludwig M. Heindl von mir selbst, teilweise mit Unterstützung Herrn Dr. Yongwei Guo, Herrn Dr. Alexander C. Rokohl, Herrn Dr. Senmao Li, Herrn Prof. Dr. Ming Lin und Herrn Prof. Dr. Renbing Jia durchgeführt worden.

Die vorliegende Dissertationsschrift wurde vollständig von mir selbst unter der Anleitung von Herrn Univ.-Prof. Dr. Dr. Ludwig M. Heindl angefertigt.

Zur Konzipierung des Manuskriptes „Endoscopy-guided diode laser-assisted transcaruncular StopLoss Jones tube implantation for canalicular obstructions in primary surgery“, veröffentlicht im Oktober 2020 im Journal „Graefe's Archive for Clinical and Experimental Ophthalmology“ haben neben meiner Person, Herr Univ.-Prof. Dr. Dr. Ludwig M. Heindl, Herr Dr. Yongwei Guo, Herr Dr. Alexander C. Rokohl, Herr Dr. Senmao Li, Herr Prof. Dr. Ming Lin und Herr Prof. Dr. Renbing Jia zu gleichen Teilen beigetragen.

Erklärung zur guten wissenschaftlichen Praxis:

Ich erkläre hiermit, dass ich die Ordnung zur Sicherung guter wissenschaftlicher Praxis und zum Umgang mit wissenschaftlichem Fehlverhalten (Amtliche Mitteilung der Universität zu Köln AM 132/2020) der Universität zu Köln gelesen habe und verpflichte mich hiermit, die dort genannten Vorgaben bei allen wissenschaftlichen Tätigkeiten zu beachten und umzusetzen.

Köln, den 23.07.2021



Unterschrift

Danksagung

Ich danke meiner lieben Familie, die mich nicht nur während meiner Promotionsarbeit, sondern auch mein ganzes Leben lang unterstützt und gefördert hat.

Ihnen möchte ich auch diese Arbeit widmen.

Mein besonderer Dank gilt meinem Promotionsbetreuer Herrn Univ.-Prof. Dr. Dr. Ludwig M. Heindl, Leiter des Schwerpunkts für Ophthalmoonkologie und Ophthalmoplastik sowie der Poliklinik und des Augendiagnostischen Funktionslabors am Zentrum für Augenheilkunde der Medizinischen Fakultät der Universität zu Köln.

Darüber hinaus möchte ich für die gelungene Zusammenarbeit am Zentrum für Augenheilkunde der Medizinischen Fakultät der Universität zu Köln danken und damit verbunden allen an unserer Forschungsarbeit beteiligten Personen:

Herrn Dr. Yongwei Guo, Herrn Dr. Alexander C. Rokohl, Herrn Dr. Senmao Li, Herrn Prof. Dr. Ming Lin und Herrn Prof. Dr. Renbing Jia.

Meiner lieben Familie

Inhaltsverzeichnis

ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS	8
1. ZUSAMMENFASSUNG	9
2. EINLEITUNG	10
2.1. Krankheitsbild: Tränenwegobstruktion und -stenose	12
2.1.1. Anatomie der ableitenden Tränenwege	12
2.1.2. Ätiologie	16
2.1.3. Klinische Symptome	17
2.1.4. Diagnostik	18
2.1.5. Operationsindikationen	20
2.2. Stand der Forschung: Operative Therapie von kanalikulären Tränenwegobstruktionen	22
2.2.1. Aktueller Goldstandard: Konjunktivodakryozystorhinostomie mit Implantation eines Jones Röhrchens	22
2.2.2. Alternative Behandlungsmethode: Endoskopisch gesteuerte Jones Röhrchen Implantation ohne Dakryozystorhinostomie	24
2.2.3. Jones Röhrchen Varianten	27
2.2.4. StopLoss Jones Röhrchen	29
2.2.5. Diodenlaser Technik	30
2.3. Fragestellungen und Ziel der Arbeit	33
3. MATERIAL UND METHODEN	34
3.1. Studiendesign	34
3.2. Patientenpopulation	34
3.3. Ein- und Ausschlusskriterien	35
3.4. Präoperatives Vorgehen	35
3.5. Chirurgische Technik	35
3.6. Postoperative Nachsorge	39

4. ERGEBNISSE	39
5. DISKUSSION	43
5.1. Vorstellung bestehender StopLoss Jones Röhrchen Studien und Vergleich mit dieser Forschungsarbeit	43
5.2. Definition und Exploration der variierenden Erfolgsraten	45
5.3. Einfluss des StopLoss Jones Röhrchens	47
5.4. Analyse der Operationsmethode	49
5.5. Limitationen der Forschungsarbeit	51
5.6. Erkenntnisse und Ausblick	51
5.7. Kritische Würdigung	54
6. LITERATURVERZEICHNIS	55
7. ANHANG	63
7.1. Abbildungsverzeichnis	63
7.2. Tabellenverzeichnis	64
8. VORABVERÖFFENTLICHUNG VON ERGEBNISSEN	65

Abkürzungsverzeichnis

CDCR: Konjunktivodakryozystorhinostomie (aus dem Englischen für **conjunctivodacryocystorhinostomy**)

DCR: Dakryozystorhinostomie (aus dem Englischen für **dacryocystorhinostomy**)

DDT: Farbstoff-Verschwinde-Test (aus dem Englischen für **dye disappearance test**)

EEC-Syndrom: **Ektrodaktylie- Ektodermale Dysplasie** – (aus dem Englischen für **Cleft**)
Lippen-Kiefer-Gaumen-Spalte- Syndrom

IgA: **Immunglobulin A**

JT: Jones Röhrchen (aus dem Englischen **Jones Tube**)

mm: **Millimeter**

ms: **Millisekunden**

nm: **Nanometer**

SLJT: StopLoss Jones Röhrchen (aus dem Englischen **StopLoss Jones Tube**)

z.B.: **zum Beispiel**

µm: **Mikrometer**

1. Zusammenfassung

Hintergrund und Ziele: Seit der Erstbeschreibung von Lester T. Jones im Jahre 1965 werden Jones Röhrrchen (JTs) routinemäßig zur Behandlung von schweren kanalikulären Tränenwegobstruktionen operativ eingesetzt.

Trotz vieler Modifikationen im Design von JTs und der Operationstechnik der Konjunktivodakryozystorhinostomie (CDCR), zeigten alle bisherigen Versuche dieselbe Hauptkomplikation: eine hohe Extrusionsrate.

Dieses Problem könnte nun durch die endoskopisch gesteuerte transkarunkuläre lasergestützte StopLoss Jones Röhrrchen (SLJT) Implantation als Erstoperation bei kanalikulären Tränenwegobstruktionen gelöst werden.

Ziel der Arbeit ist es, dieses Verfahren vorzustellen und dessen Ergebnisse retrospektiv zu analysieren, mit anderen SLJT-Studien zu vergleichen und das Resultat zu präsentieren.

Material und Methoden: Aus dem Archiv des Zentrums für Augenheilkunde der Medizinischen Fakultät der Universität zu Köln wurden, den Zeitraum von 2017 bis 2019 betreffend, zwölf volljährige Patient*innen herausgefiltert, welche das Leitsymptom Epiphora in Folge kanalikulärer Tränenwegobstruktionen aufwiesen und eine endoskopisch gesteuerte transkarunkuläre lasergestützte SLJT-Implantation als primäre Operationsmethode erhielten. Retrospektiv wurden die anonymisierten Patientendaten bewertet in Bezug auf die chirurgischen und funktionellen Erfolgsraten, intra- und postoperative Komplikationen sowie die Notwendigkeit einer weiteren Intervention.

Ergebnisse: Der primäre chirurgische Erfolg wurde bei elf von zwölf Patient*innen (92%) erreicht. In einem Fall (8%) wurde ein zu langes SLJT gewählt, sodass eine zweite Operation mit Einsetzen eines kürzeren Modells erfolgen musste. Insgesamt war das SLJT in allen Fällen korrekt implantiert und funktionstüchtig.

Es zeigten sich in drei von zwölf Fällen (25%) Bindehautnarben, Bindehautgranulationsgewebe und Reizungen der Augenoberfläche zum Teil Röhrrchen-assoziiert. Einsinken, Extrusion oder Beschädigung des Röhrrchens traten nicht auf. Der funktionelle Erfolg wurde in 83% vollständig, in 17% mäßig und in 0% unzureichend erzielt.

Schlussfolgerungen: Bei der endoskopisch gesteuerten transkarunkulären lasergestützten SLJT-Implantation scheint es sich um eine adäquate minimal-invasive Innovation als Erstoperation bei kanalikulären Tränenwegobstruktionen zu handeln, die durch eine hohe funktionelle Erfolgsrate überzeugt.

Es kann gefolgert werden, dass Risiken, wie Extrusion und Fehlstellung des SLJTs sowie intra- und postoperative Komplikationen, minimiert werden.

2. Einleitung

Lester T. Jones, ein Chirurg und Ophthalmologe aus Portland, Oregon, veröffentlichte 1965 eine Studie, welche die Tränenwegchirurgie entscheidend verändern sollte und zur meist durchgeführten Operationsmethode bei der Behandlung von proximalen Tränenwegobstruktionen expandierte ¹.

Er erkannte, dass bei insuffizienten Canaliculi lacrimales ein Ersatz der Tränendrainage erfolgen muss. Dies sollte durch ein implantiertes Röhrchen zwischen Konjunktiva (Bindehaut) und mittlerer Nasenhöhle geschehen, welches in der Lage ist, eine Kapillaranziehung zusammen mit einem negativen Unterdruck am nasalen Ende zu erzeugen ².

Gemeinsam mit einem Glasbläser entwickelte er ein Pyrex-Röhrchen, das über die optimale Kapillarwirkung verfügte und somit den Tränenabfluss wiederherstellen konnte ¹.

Bei 125 symptomatischen Patient*innen führte er eine offene Konjunktivodakryozystorhinostomie (CDCR) durch, sodass eine Verbindung zwischen Bindehaut und Nasenschleimhaut entstand und setzte ein temporäres Pyrex-Glasröhrchen ein bis die Epithelisierung des neu geschaffenen Ganges abgeschlossen war.

Als Komplikationen des entwickelten Verfahrens wurden das Verrutschen ² (Migration ^{3,4}), oder der komplette Verlust des Röhrchens ² (Extrusion ^{3,4}), eine Obstruktion innerhalb des Röhrchen-Lumens, Infektionen des ehemaligen Operationsgebietes mit oder ohne Bildung von Granulationsgewebe und eine wiederkehrend unzureichende Tränendrainagefunktion dokumentiert ².

Um diese Problematik zu lösen, wurden seither zahlreiche Modifikationen des Röhrchendesigns und der Operationstechnik vorgenommen.

Jedoch zeigten alle die gleichen Schwachpunkte: es kam immer wieder zu Migration oder Extrusion ^{3,4} und in Folge dessen zu rezidivierender Epiphora ⁵, das heißt zu stark störendem Tränenröufeln ⁶, durch insuffizienten Tränenabfluss ⁵.

Durch eine unzureichende Tränendrainage kann es nicht nur zu Epiphora und verschwommener Sicht kommen, sondern es besteht auf Grund der Stase der Tränenflüssigkeit auch die Gefahr einer bakteriellen Infektion mit Abszessbildung⁶.

Revolutionär war die Entwicklung des StopLoss Jones Röhrchens (SLJT) im Jahre 2011, das im Gegensatz zu den vorherigen Jones Röhrchen (JT) über einen zusätzlichen flexiblen Silikon-Innenflansch verfügt ⁷ (siehe Abbildung 5), wodurch die Extrusionsrate auf bis zu 0% gesenkt werden konnte ^{7,8}.

Darüber hinaus bietet die neuartige endoskopisch gesteuerte Diodenlaser gestützte chirurgische Technik der SLJT-Implantation weitreichende Vorteile:

Einerseits wird ein besseres kosmetisches Ergebnis erzielt wegen des Verzichts auf einen externen Hautschnitt und geringere intra- und postoperative Blutung durch die Fähigkeit des Diodenlasers Gewebe zu verdampfen ⁹.

Andererseits wird eine präzise Implantation des Röhrchens ermöglicht durch den Einsatz eines Lasers und Endoskops.

Daraus resultiert eine geringere Operationsdauer von lediglich 20 Minuten im Vergleich zu der Operationszeit der externen CDCR von etwa einer Stunde sowie ein geringeres Gewebstrauma. Außerdem kann die chirurgische Erfolgsrate gesteigert werden.

Eine spezielle Überlegenheit bietet die nasale Endoskopie bei Patient*innen mit anatomischen intranasalen Anomalien, wie beispielsweise einer Nasenscheidewandverkrümmung (Septumdeviation) oder einem schmalen Raum in der Nasenhöhle. Ohne endoskopische Sichtung könnte dies nicht diagnostiziert werden und zu Komplikationen oder einer Fehlposition des Röhrchens führen ¹⁰.

Trotz der umfangreichen Vorteile des SLJTs, umfassten bisherige Studien hauptsächlich bereits voroperierte Patientenkohorten mit zuvor fehlgeschlagener Tränenwegoperation oder JT-Implantation anstelle von der Anwendung dieser Innovation als Primär-Implantat ^{8,11}.

Zudem besteht die chirurgische Operationstechnik der Wahl bei schweren kanalikulären Tränenwegobstruktionen bis heute in einer CDCR mit oder ohne endoskopische Sichtung, da die Signifikanz des Einsatzes eines Endoskops bei der CDCR noch nicht geklärt werden konnte ¹², trotz der vielseitigen Vorzüge der endoskopischen Verfahren.

Deswegen beschäftigt sich diese Dissertationsschrift mit der Fragestellung, welchen Stellenwert die endoskopisch gesteuerte transkarunkuläre lasergestützte StopLoss Jones Röhrchen Implantation als Erstoperation bei der Therapie von schweren kanalikulären Tränenwegobstruktionen einnimmt.

Hierfür wird im Folgenden zuerst das Krankheitsbild der Tränenwegobstruktion und -stenose erläutert, der Stand der Forschung im Bereich des JT-Designs und der bisher angewandten Operationsmethoden aufgezeigt.

In den nächsten Schritten wird die innovative Operationstechnik erstmals beschrieben ausschließlich als primäres chirurgisches Verfahren bei der Indikation von schweren kanalikulären Tränenwegobstruktionen.

Die Ergebnisse der Operation werden retrospektiv analysiert und bewertet im Vergleich zu vorherigen Studien, welche sich mit der Implantation des SLJTs beschäftigten.

2.1. Krankheitsbild: Tränenwegobstruktion und -stenose

Unter einer Tränenwegobstruktion versteht man den kompletten Verschluss einer Stelle der Tränenwege. Ist diese Stelle lediglich verengt und damit partiell durchgängig, spricht man von einer Tränenwegstenose ¹³.

In der Diagnostik können diese beiden Ausprägungen der Tränenwegverengung voneinander abgegrenzt werden und danach die entsprechenden therapeutischen Interventionen angewandt werden (siehe 2.1.4. Diagnostik) ¹⁴.

In dem folgenden Abschnitt werden die Krankheitsbilder Tränenwegobstruktion und -stenose an Hand von verschiedenen Gesichtspunkten beleuchtet.

2.1.1. Anatomie der ableitenden Tränenwege

In Abbildung 1 werden die anatomischen Gegebenheiten der ableitenden Tränenwege bildlich dargestellt.

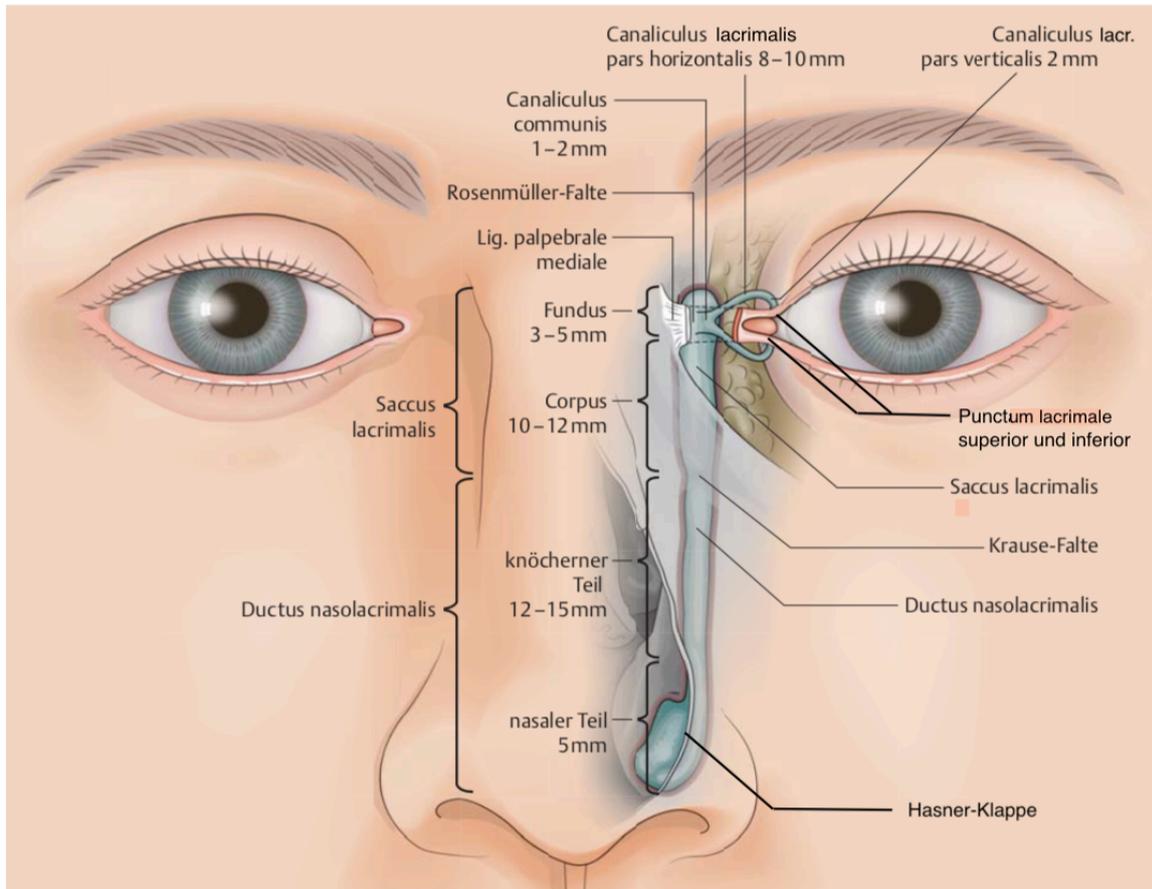


Abbildung 1: Anatomie der ableitenden Tränenwege (modifiziert nach ¹⁵)

Zu den ableitenden Tränenwegen zählen das obere und untere Tränenpünktchen (Punctum lacrimale superior und inferior), der obere und untere Tränenkanal (Canaliculus lacrimalis superior beziehungsweise inferior, pars verticalis und pars horizontalis), der Tränensack (Saccus lacrimalis) und der Tränennasengang (Ductus nasolacrimalis).

Topographisch befinden sich die beiden Tränenpünktchen auf dem Lidrand am oberen beziehungsweise unteren Augenlid, wenige Millimeter vom nasalen Lidwinkel entfernt. Sie fungieren als Eingang in den kurzen Pars verticalis des oberen beziehungsweise unteren Canaliculus lacrimalis.

Der Pars horizontalis der Kanäle mit der vierfachen Länge des vorherigen Abschnitts, verläuft medial in Richtung der knöchernen Fossa sacci lacrimalis der Orbita ¹⁶, die nach anterior von dem Processus frontalis maxillae und nach posterior von dem Os lacrimale begrenzt wird (aus methodischen Gründen hier nicht explizit bildlich dargestellt) ¹⁷.

Dort ist der Tränensack lokalisiert, in welchem gemeinsam oder einzeln die Canaliculi lacrimales münden.

Der Tränensack ist medial am Periost und lateral durch das Septum lacrimale fixiert.

Kranial verfügt der Saccus lacrimalis über einen in die Orbita reichenden Fundus und führt sich nach kaudal kontinuierlich in dem Ductus nasolacrimalis fort.

Dieser verläuft in einem knöchernen Kanal aus Maxilla und Os lacrimale.

Unterhalb der unteren Nasenmuschel (Concha nasalis inferior) mündet der Ductus nasolacrimalis in den unteren Nasengang (Meatus nasi inferior) ¹⁶.

Die Maße der einzelnen Komponenten sind in Tabelle 1 angeführt.

Struktur	Abmessung	Besonderheiten
Punctum lacrimale superior	Ø 0,25 mm	Rundlich, queroval oder schlitzförmig
Punctum lacrimale inferior	Ø 0,3 mm	
Canaliculus lacrimalis superior (Pars verticalis)	Länge: 1,8-2,25 mm, Ø 0,08-0,1 mm	Canaliculi gehen in > 95% vor Einmündung in den Tränensack in gemeinsame Endstrecke über (allerdings besteht hier in der Literatur großer Dissens)
Canaliculus lacrimalis superior (Pars horizontalis)	Länge: 7-9 mm, immer ca. 0,5 mm kürzer als Canaliculus lacrimalis inferior, Ø 0,3-0,6 mm	
Canaliculus lacrimalis inferior (Pars verticalis)	Länge: 1,8-2,25 mm, Ø 0,08-0,1 mm	
Canaliculus lacrimalis inferior (Pars horizontalis)	Länge: 7-9 mm, immer ca. 0,5 mm länger als Canaliculus lacrimalis superior, Ø 0,3-0,6 mm	
Saccus lacrimalis Ø vertikal	12 mm	
Saccus lacrimalis Ø sagittal	5-6 mm	
Saccus lacrimalis Ø transversal	4-5 mm	
Ductus nasolacrimalis (gesamt)	Länge: 12,4 mm, Ø 4,6 mm	
Ductus nasolacrimalis (knöcherne Ummantelung)	Länge: 10 mm, Ø 4,6 mm	

Tabelle 1: Abmessung der ableitenden Tränenwege (modifiziert nach ¹⁶)

Kanalikuläre Obstruktionen können anatomisch eingeteilt werden in proximal (0 bis 3 mm entfernt von einem Punctum lacrimale), mittel (4 bis 6 mm entfernt von einem Punctum lacrimale) und distal (mehr als 6 mm entfernt von einem Punctum lacrimale beziehungsweise bei Vorliegen einer Canaliculus communis: Mündung des Canaliculus communis in den Saccus lacrimalis) ¹⁸.

Verbildlicht ist dies in Abbildung 2.

Diese Pathologie muss jedoch nicht zwingend auf einen Canaliculus lacrimalis beschränkt sein, sondern es können von einem bis zu allen vier Canaliculi lacrimales (superior und inferior am rechten und linken Auge) betroffen sein ¹⁹.

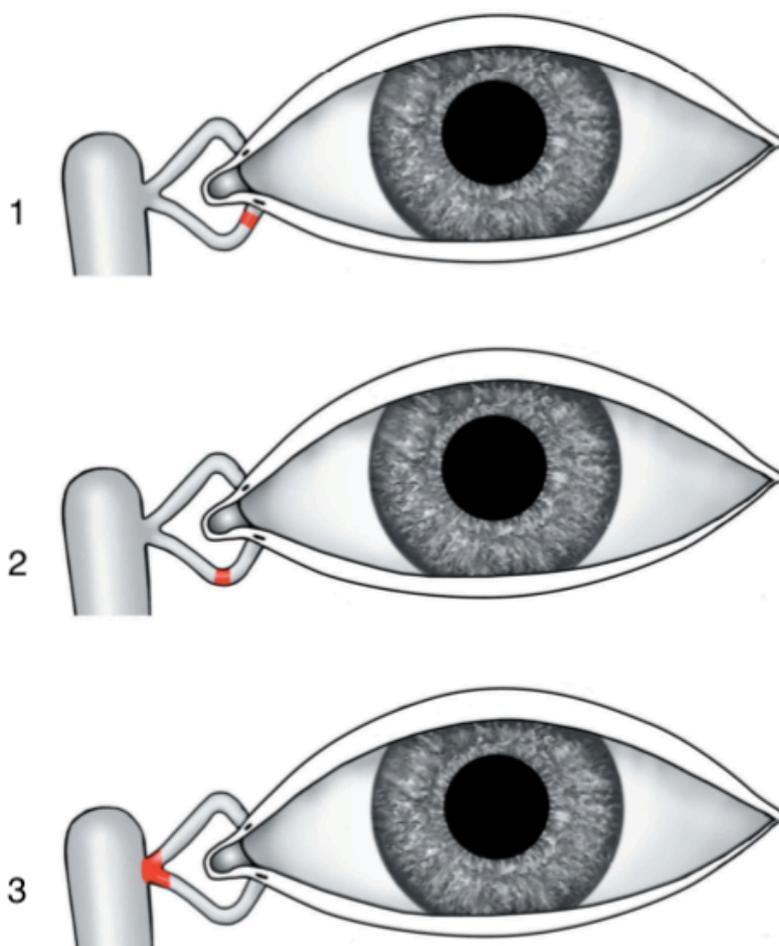


Abbildung 2: Schematische Darstellung der Klassifikation von kanalikulären Obstruktionen (modifiziert nach ¹⁸ und ²⁰)

1: proximale kanalikuläre Obstruktion

2: mittlere kanalikuläre Obstruktion

3: distale kanalikuläre Obstruktion

Die rote Markierung stellt den Ort der Obstruktion dar

Darüber hinaus verfügen die Tränenwege über drei physiologische Engstellen, die für eine pathologische Verengung prädisponiert sind ^{6,15}.

Diese Arbeit beschäftigt sich ausschließlich mit kanalikulären Verengungen, jedoch werden im Folgenden der Vollständigkeit halber sämtliche kurz erwähnt und sind in Abbildung 1 veranschaulicht.

Die erste Engstelle befindet sich prä-sacculär ¹⁵. In 95% der Fälle vereinigen sich der obere und untere Tränenkanal ^{16,18} zu einem gemeinsamen Canaliculus communis, welcher in den Saccus lacrimalis mündet.

An diesem Eintritt befindet sich häufig eine Schleimhautduplikatur, die als Rosenmüller-Falte bezeichnet wird.

Am Übergang zwischen Saccus lacrimalis und Ductus nasolacrimalis befindet sich die zweite physiologische Engstelle. Diese Passage wird als Krause-Falte bezeichnet.

An der Mündung des Ductus nasolacrimalis in den unteren Nasengang befindet sich die Hasner-Klappe, welche die dritte Enge bildet.

Die Funktion der Tränenwege ist das Sammeln der ausgeschöpften Tränenflüssigkeit sowie die Ableitung dieser von der Augenoberfläche in den unteren Nasengang ¹⁵.

2.1.2. Ätiologie

Die Ursachen für kanalikuläre Tränenwegobstruktionen oder -stenosen sind vielseitig und können von kongenitaler Genese sein beziehungsweise primär oder sekundär erworben werden ³.

Angeborene proximale Tränenwegobstruktionen oder -stenosen beruhen meistens auf Entwicklungsanomalien, wie Aplasien, Atresien oder Fehlbildungen der Tränenwegaussprossung, die eine Doppelanlage, eine Fistel oder ein Divertikel aufweisen können ^{21,22}.

Eine idiopathisch erworbene kanalikuläre Obstruktion ist insgesamt selten und betrifft durchschnittlich häufiger Frauen ¹⁹.

Der Pathomechanismus ist bis heute ungeklärt. Histopathologisch zeigte sich jedoch gehäuft eine unspezifische chronische Entzündung mit Fibrose, die zu einer Einengung der Tränenwege führte ^{23,24}.

Durch histologische Veränderungen kann es schließlich zu einer Stenose, Membranbildung oder Obstruktion im Bereich des Tränendrainagesystems kommen. Grundsätzlich kann jede Stelle der Tränenwege betroffen sein.

Besondere Prädilektionsstellen für die Entwicklung einer Stenose sind jedoch die anatomischen Engstellen der ableitenden Tränenwege, wie oben beschrieben ²¹.

Sekundäre Ursachen für eine Tränenwegobstruktion oder -stenose können vielseitig sein. Hierzu zählen zum Beispiel: Herpes-Infektionen ^{3-5,7,8,10,25-28}, Traumata ^{3-5,7,8,10,24-30}, systemische Chemotherapien ^{3,4,7,25}, Tumore ^{7,10,14,24,28}, Entzündungen ^{3,4,10,14,24,28}, Steven-Johnson Syndrom ^{3-5,10,26,30,31}, Strahlentherapien ^{3-5,7,8,10,26,27,31}, Lähmung des Nervus facialis ^{4,5,26,29,31}, iatrogene Ursachen, wie vorherige Tränenwegoperationen ^{3,5,10,26,30}, Basaliome ^{3,5,26}, Allergien ^{7,8}, Sarkoidose ^{7,26}, Morbus Wegener ^{7,8}, Trachome ^{10,26}, Staphylokokken assoziierte Liderkrankungen ²⁶, Syphilis ²⁶, Osteome ²⁶, maxilläre Sinusitiden ²⁶, Papillomatose ²⁶ und IgA Erkrankungen ²⁶.

2.1.3. Klinische Symptome

Als Leitsymptom für eine Tränenabflussstörung gilt stark störende Epiphora.

Es handelt sich hierbei um ein häufiges Problem, welches sich in der differenzialdiagnostischen Abklärung häufig schwierig darstellt ^{21,32}.

Laut der Forschungsergebnisse von Nemet ³³ ist bei 29% der Patient*innen mit Epiphora eine nasolacrimale oder kanalikuläre Tränenwegobstruktion der Auslöser und gilt somit als die zweithäufigste Ursache. Rang eins nahm in dieser Studie die Fehlstellung des unteren Augenlids ein ³³, welche in Form von Ektropium und Entropium anatomische Anomalien des Augenlidrandes multipler Genese darstellen ³⁴.

Unter Ektropium versteht man eine Außenrotation und unter Entropium eine Innenrotation des Augenlidrandes ³⁵.

Da es sich hierbei nicht um Erkrankungen des Tränenabflusssystems handelt, sind diese im Rahmen dieser Dissertationsschrift nicht relevant ³³.

Des Weiteren klagen Patient*innen mit einer Tränenwegverengung, je nach Lokalisation und Ausmaß der Enge, über verschwommene Sicht, mukopurulente Sekretion des betroffenen Auges oder rezidivierendes Auftreten von Dakryozystitiden ³², das heißt eine Infektion des Tränensacks ³⁶.

2.1.4. Diagnostik

Tritt bei Patient*innen Epiphora auf und liegt der Verdacht auf eine mechanische Abflussstörung im Sinne einer Tränenwegobstruktion oder -stenose vor³⁷, ist es wichtig, diese beiden Varianten zu unterscheiden.

Einerseits hängt die Wahl der Therapie entscheidend von dieser Differenzierung ab¹⁴ und andererseits sollten besonders kanalikuläre Stenosen rechtzeitig diagnostiziert und behandelt werden, um den Übergang in das Stadium einer kanalikulären Obstruktion zu verhindern^{14,18}.

Der erste diagnostische Schritt ist eine gründliche Anamnese zu erheben^{15,37}.

Hierbei sollte besonders auf Aspekte eingegangen werden, wie Leitsymptome, Beschwerdebeginn, Begleiterkrankungen, Vordiagnostik und Vorbehandlung³⁷.

Danach folgt die klinische Untersuchung mit besonderem Augenmerk auf die Inspektion der Lider, der Konjunktiven und der Puncta lacrimalia¹⁵.

Im Rahmen der weiteren Diagnostik kann eine Spaltlampenuntersuchung, eine diagnostische Tränenwegsondierung, eine Tränenwegspülung und ein Farbstoff-Verschwinde-Test mit Fluorescein¹⁴ (DDT³⁸) erfolgen.

Bei der Spaltlampenuntersuchung handelt es sich um eine Mikroskopie unter Verwendung einer speziellen Lichtquelle. Dadurch kann die Hornhaut, die vordere Augenkammer, die Iris, der Glaskörper und der hintere Pol des Fundus mit besonderer Berücksichtigung der Sehnervpapille und der Makula begutachtet werden³⁹.

Diese Untersuchung dient somit der gesamtheitlichen Beurteilung der ophthalmologischen Patient*innen⁴⁰.

Im Rahmen der diagnostischen Tränenwegsondierung wird der Tränenpunkt zunächst dilatiert und eine Tränensonde in den nachfolgenden Canaliculus lacrimalis eingeführt^{13,14}.

Eine infrasaccale Stenose, das heißt diese ist unterhalb des Saccus lacrimalis lokalisiert⁴¹, wird diagnostiziert, sobald die Sonde an der nasalen Tränensackwand ohne federnden Widerstand Knochenkontakt bekommt.

Dies wird als „hard stop“ bezeichnet⁴²⁻⁴⁴.

Eine kanalikuläre Ursache kann somit ausgeschlossen werden^{14,45}.

Ist dies nicht der Fall, spricht man von einem „soft stop“^{13,14}.

Anschließend wird der Abstand zwischen Sondenspitze und Tränenpunkt ausgemessen¹⁴ und die Untersuchung wird mehrfach mit immer feiner werdenden Sonden wiederholt.

Als Kanalobstruktion kann das Auftreten eines „soft stops“^{13,14} selbst bei Verwendung der dünnsten Sonde gewertet werden.

Tritt ein „soft stop“^{13,14} mit einer dicken Sonde, nicht aber bei einer dünnen auf, so ist dies als Tränenwegstenose zu beurteilen^{13,14}.

Darüber hinaus kann die Spülung der Tränenwege mit Applikation von Kochsalzlösung über ein Punctum lacrimale weitere Erkenntnisse über die Durchgängigkeit des Tränendrainagesystems erbringen. Kommt es bei diesem Prozedere beispielsweise zum Reflux von Flüssigkeit aus demselben Punctum lacrimale mit einer zusätzlichen Flüssigkeitsnuance aus der Nase, lässt dies auf eine kanalikuläre Stenose schließen. Ist der Canaliculus communis stenosiert, kann es zum Austritt von Flüssigkeit durch das gegenüberliegende Punctum lacrimale mit ebenfalls Flüssigkeitsdurchtritt durch die Nase kommen⁴⁵.

Hypersekretive Epiphora kann gegenüber einer Tränenwegobstruktion mittels eines Farbstoff-Verschwinde-Tests (DDT) abgegrenzt werden.

Hierbei wird der Farbstoff Fluorescein in den Bindehautsack geträufelt und nach ein bis drei Minuten der Farbstoffaustritt in der Nase gemessen.

Gelangt Farbstoff in die Nase, ist der Test positiv und spricht für eine Hypersekretion der Tränenflüssigkeit und gegen eine Tränenwegobstruktion³⁸.

Durch Weiterentwicklung von Endoskopiesystemen ist es nun möglich, diese auch für diagnostische Zwecke auf dem Gebiet der Tränenwege zu nutzen.

In diesem Rahmen kann eine Dakryoendoskopie intraoperativ in Vollnarkose durchgeführt werden nach vorheriger nicht-invasiver Diagnosestellung.

Der Vorteil der endoskopischen Sichtung liegt in der Möglichkeit einer Beurteilung der Tränenwegschleimhaut und des Entzündungszustandes⁴⁶, sowie eine Abgrenzung von lang- zu kurzstreckigen membranösen Verengungen^{18,44} und deren genaue Lage¹⁸.

Dadurch kann während der Operation entweder eine Bestätigung der geplanten operativen Strategie oder eine Änderung dieser erfolgen⁴⁶.

Im Falle einer kurzstreckigen membranösen Stenose sollten zunächst rekanalisierende mikrochirurgische Verfahren (siehe 2.1.5. Operationsindikationen) therapeutisch genutzt werden⁴⁴, da diese invasivere Operationstechniken, wie die CDCR, ersetzen können.

Erfolgsversprechend scheint dies jedoch lediglich bei Verengungen mit einer Maximallänge von kleiner als 2,0 mm zu sein⁴⁷.

Darüber hinaus stehen für eine präoperative Bildgebung der Tränenwege eine Ultraschallbiomikroskopie oder diverse radiologische Verfahren, wie eine konventionelle Röntgendarstellung mit Kontrastmittel, eine Computertomografie, eine Magnetresonanztomografie oder eine digitale Subtraktionsdakryozystografie, zur Verfügung ¹⁵.

Des Weiteren sollte ein Hals-Nasen-Ohren-fachärztliches Konsil erfolgen, um intranasale Pathologien als Ursache für die Tränenweganomalie auszuschließen, wie zum Beispiel übergroß pneumonisierte mittlere Nasenmuscheln, Tumore der Nase beziehungsweise der Nasennebenhöhlen ⁴²⁻⁴⁴ oder nasale Septumdeviationen.

Diese könnten möglicherweise eine ophthalmologische Tränenwegoperation oder deren funktionellen Erfolg beeinträchtigen ⁴³.

2.1.5. Operationsindikationen

Das „first step procedure“ ⁴⁸ in der Tränenwegchirurgie stellt die Tränenwegendoskopie mit dem Ziel der Rekanalisierung dar ^{42,48} und kann nach der endoskopischen Diagnostik in derselben Sitzung minimal-invasiv interventionell durchgeführt werden ²².

Das Ziel hierbei ist, die physiologische Tränendrainage wiederherzustellen ⁴⁹.

Sind diese Maßnahmen nicht ausreichend, können im Anschluss weiterhin alle konventionellen chirurgischen Verfahren angewandt werden ²².

Als rekanalisierende Verfahren bei kanalikulären Tränenwegobstruktionen existieren zum Beispiel die endokanalikuläre Laser-Chirurgie oder die Ballondilatation ^{15,18,20}.

Bei der endokanalikulären Laser-Chirurgie, auch als Laserdakryoplastik bezeichnet, handelt es sich um ein mikroendoskopisches, transkanalikuläres Rekanalisationsverfahren.

Hierbei wird ein Endoskop transkanalikulär vor die Verengung positioniert.

Unter permanenter endoskopischer Sichtkontrolle und ununterbrochenem Spülen erfolgt die Applikation von Laserenergie, was schließlich eine Öffnung der Verengung bewirkt.

Anschließend erfolgt eine Schienung der Tränenwege mittels bikanalikulärer Silikonschlauch-Intubation, um eine Restenosierung zu vermeiden.

Der Silikonschlauch verbleibt dort etwa drei Monate.

Postoperativ erfolgt eine dreiwöchige Behandlung mit abschwellenden, antibiotischen und cortisonhaltigen Augentropfen sowie mit abschwellenden Nasentropfen ⁴⁸.

Als eigenständiger Eingriff oder in Kombination mit einer Laserdakryoplastik kann auch eine Ballondilatation als rekanalisierende Maßnahme durchgeführt werden ¹⁵.

Hierbei kommt es zunächst zur Trepanation der kanalikulären Obstruktion. Danach wird ein Ballonkatheter zu der trepanierten Stelle geführt und zweimalig aufgeblasen und wieder entleert. Anschließend erfolgt ebenfalls eine Silikonschlauch-Intubation und eine postoperative Behandlung mit antibiotischen und steroidalen Tropfen für zwei Wochen. Nach drei bis sechs Monaten wird der Silikonschlauch entfernt ⁵⁰.

Die endoskopischen Verfahren weisen einen besonderen Vorteil auf, da postoperativ die Tränenwege physiologisch intakt ^{22,48} und die Tränenpumpfunktion erhalten bleiben ⁴⁸.

Bei Persistenz der Symptomatik ⁶ oder frustrierten rekanalisierenden Eingriffen ¹⁵ ist eine umfangreichere chirurgische Intervention indiziert, um der Gefahr einer bakteriellen Infektion mit Abszessbildung entgegen zu wirken.

Bei akuter Entzündung im Operationsgebiet sollte auf Grund der Gefahr eines vorzeitigen narbigen Verschlusses, die Operation zu einem entzündungsfreien Zeitpunkt oder falls dies nicht möglich ist, in einer inflammationsärmeren Phase erfolgen ^{6,51}.

Beträgt die Länge des gesunden proximalen Canaliculus lacrimalis demnach weniger als 8 mm ³ und ist eine Rekonstruktion der kanalikulären Struktur dadurch nicht möglich ²⁹, ist die Indikation für eine CDCR gegeben ^{3,29}.

Dieses Verfahren bildet bislang die Operationsmethode der Wahl bei der Mehrheit an Betroffenen, welche die Notwendigkeit für die chirurgische Schaffung eines Tränen-Bypass aufweisen.

Bei der Bypassoperation der Tränenwege wird eine Verbindung zwischen der Bindehaut und dem Tränensack beziehungsweise der Nasenhöhle geschaffen ³, um den Tränenabfluss zu gewährleisten unter Umgehung der Canaliculi lacrimales und des Tränensacks ⁵².

2.2. Stand der Forschung: Operative Therapie von kanalikulären Tränenwegobstruktionen

Im Folgenden wird der heutige Stand der Forschung zur chirurgischen Behandlung von schweren kanalikulären Tränenwegobstruktionen vorgestellt.

Dabei wird auf die aktuelle Goldstandard-Behandlung sowie auf bestehende Alternativen eingegangen.

Danach erfolgt eine Beschreibung der verschiedenen Röhren- und Laservarianten.

2.2.1. Aktueller Goldstandard: Konjunktivodakryozystorhinostomie mit Implantation eines Jones Röhrens

Bis heute gilt als Goldstandard bei der Behandlung von proximalen Tränenwegobstruktionen mit weniger als 8 mm gesundem, durchgängigem Canaliculus lacrimalis von einem Punctum lacrimale ausgehend^{3,4} die Konjunktivodakryozystorhinostomie (CDCR) mit Implantation eines Jones Röhrens (JT)^{1,3,4,12}.

Dieses Verfahren kann darüber hinaus auch durchgeführt werden bei Epiphora als Ursache von kanalikulärem Trauma, Dysgenese oder einer unzureichenden lacrimalen Pumpfunktion, das teilweise iatrogen durch eine vorherige Dakryozystorhinostomie (DCR) hervorgerufen wurde³.

Die CDCR kann entweder offen mittels medialer Kanthusinzision (siehe Abbildung 3) oder endoskopisch ohne externen Hautschnitt durchgeführt werden^{10,25}.

Da es sich bei der nasalen Endoskopie zwar um ein Hilfsmittel bei der Durchführung der CDCR zu handeln scheint, die Bedeutung des endoskopischen Beitrags zu der Operation jedoch noch nicht vollends geklärt ist¹², wird im Folgenden die offene, externe Operationstechnik vorgestellt.

In Abbildung 3 wird die externe CDCR in Teilschritten nach dem Erstbeschreiber Lester T. Jones dargestellt².

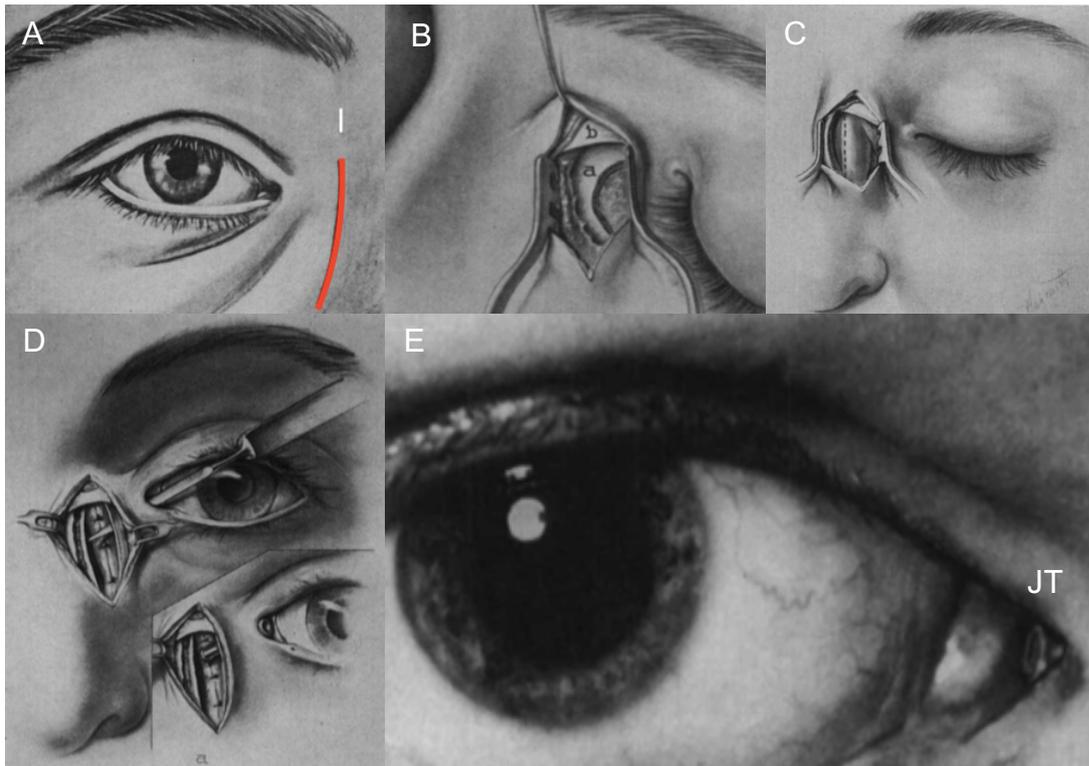


Abbildung 3: Externe CDCR in Teilschritten (modifiziert nach ²)

- A: Der Hautschnitt wird elf mm medial des Augenswinkels getätigt und umfasst etwa 30 mm (I= Inzision)
- B: Unvollständige Entfernung des Knochens (hinterer Tränenkamm) (a) unterhalb der medialen Palpebralsehne (b)
- C: Ein vertikaler Schnitt wird in die mediale Wand des Tränensacks (Fundus bis soweit wie möglich in den Ductus nasolacrimalis) getätigt, der zwischen den vorderen zwei Dritteln und dem hinteren Drittel der Saccuswand liegen sollte
- D: Entlang der Führungsnadel, die in die Nasenhöhle unmittelbar hinter dem vorderen Tränensackklappen eintritt, wird ein Skalpell eingeführt, um den Durchgang cranial und caudal zu vergrößern; der Einschub zeigt das JT in Position
- E: Gut implantiertes JT (JT= Jones Röhrchen)

Beide Operationsmethoden verfolgen das gleiche Ziel, das in einer kompletten Umleitung der physiologischen Tränenwege besteht, indem ein neuer Abfluss geschaffen wird.

Dies wird durch ein Pyrex-Röhrchen erreicht, das als Verbindung zwischen dem Lacus lacrimalis ²⁵, also dem Tränensee bestehend aus ausgeschöpfter Tränenflüssigkeit am nasalen Lidwinkel ¹⁶, im Bereich der Caruncula lacrimalis und dem mittleren Nasengang fungiert ²⁵.

Die Vorteile der endoskopischen Variante bestehen in einem besseren kosmetischen Ergebnis durch Vermeidung von Hautnarben, einer durchschnittlich kürzeren Operationsdauer und einem geringeren Blutverlust ^{10,25}.

Jedoch sind höhere Ausstattungskosten und entsprechende endoskopische Fähigkeiten seitens der Operierenden erforderlich ²⁵.

Damit Ablagerungen von Tränensalz oder Schleimverkrustungen die Durchgängigkeit des JTs nicht beeinträchtigen, sollte eine halbjährliche oder jährliche Säuberung des Röhrchens erfolgen. Das Reinigen oder Ersetzen eines JTs kann ambulant unter Lokalanästhesie erfolgen ¹.

Insgesamt zeigten sich Erfolgsraten von über 90% ³, gehäuft treten jedoch Langzeitkomplikationen nach CDCR mit JT-Implantation auf.

Dazu zählen eine einmalige oder wiederkehrende Extrusion oder Fehlstellung des JTs, Infektionen und Diplopie ⁴, das heißt Doppeltsehen ⁵³.

Zusammen mit persistierender Epiphora kann dies zu Unzufriedenheit der Patient*innen beitragen ⁴.

Außerdem ist eine sekundäre Anpassung der Röhrchengröße oder -position häufig erforderlich ²⁵.

Trotzdem bleibt bislang die CDCR die wirksamste Behandlung zur Linderung von Epiphora bei kanalikulären Tränenwegobstruktionen ²⁹.

2.2.2. Alternative Behandlungsmethode: Endoskopisch gesteuerte

Jones Röhrchen Implantation ohne Dakryozystorhinostomie

Unter einer Dakryozystorhinostomie (DCR) versteht man die operative Schaffung einer Verbindung zwischen den Canaliculi lacrimales und der Nasenhöhle ⁵⁴.

Hierbei wird durch eine Osteotomie des Os lacrimale der Tränensack freigelegt, dieser anschließend eröffnet und für eine unmittelbare Drainage der Tränenflüssigkeit in die Nasenhöhle marsupialisiert ⁵⁵.

Insgesamt kann die DCR autonom zum Beispiel zur Behandlung von Epiphora auf Grund von Obstruktionen des Ductus nasolacimalis ⁵⁴ oder als Teilschritt der CDCR durchgeführt werden ².

Bei einer DCR kann es allerdings zu Komplikationen kommen, wie Adhäsionen, kanalikuläre Risse, pyogene Granulome, wiederkehrende Epiphora, eine anteriore ethmoidale Mucocele⁵⁶, das heißt eine mit Epithel ausgekleidete, schleimhaltige Tasche, welche eine Nasennebenhöhle ausfüllt⁵⁷ oder ein lakrimales Sump Syndrom^{56,58}, das die Existenz eines verbleibenden Tränensackrestes nach einer DCR beschreibt⁵⁹.

Mit dem Ziel diese Risiken zu vermeiden, sowie eine einfache und gleichzeitig wirksame Variante zu dem traditionellen Verfahren der CDCR zu gestalten, wurde versucht auf den DCR-Schritt gänzlich zu verzichten.

Diesen alternativen Behandlungsansatz verfolgt die minimal-invasive endoskopisch gesteuerte Bypassröhrchen-Implantation ohne DCR³⁰.

Die im Folgenden beschriebenen Schritte der Operation werden in Abbildung 4 dargestellt.

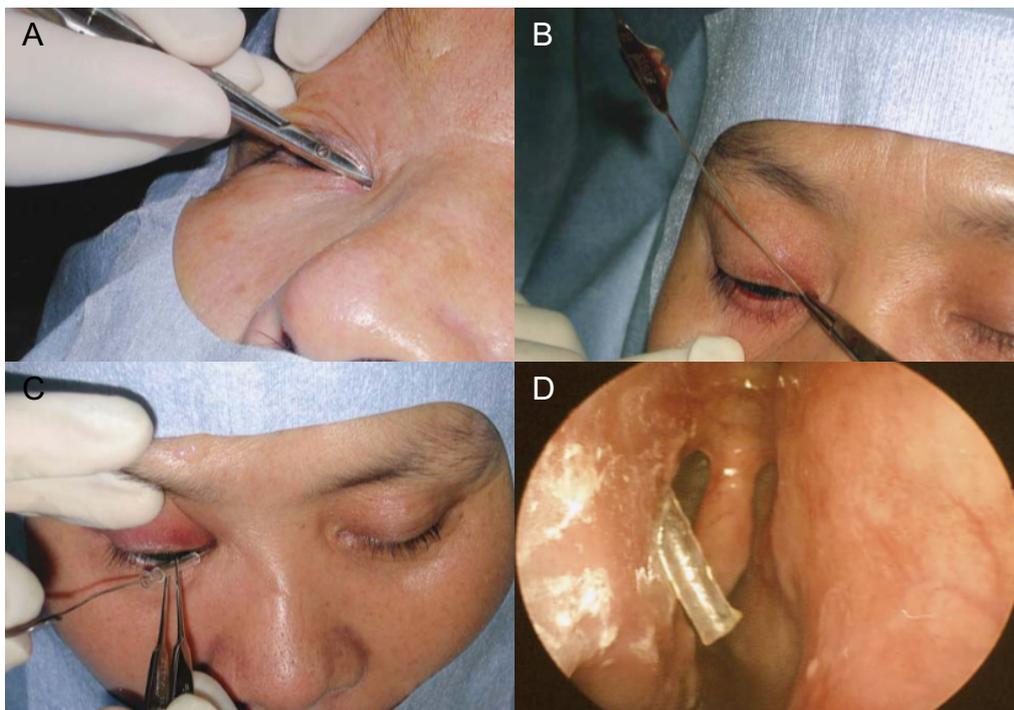


Abbildung 4: Minimal-invasive endoskopisch gesteuerte JT-Implantation ohne DCR in Teilschritten (modifiziert nach²⁹)

- A: Das Os lacrimale wird zwischen dem Tränensack und der Nasenschleimhaut mit einer Westcott Schere durchbrochen
- B: Die Sonde wird mit einer Hämostat-Zange am medialen Kanthus ergriffen
- C: JT-Intubation über eine Sonde in die Nasenhöhle
- D: Endoskopische endonasale Ansicht eines korrekt positionierten JTs; das distale Ende des Röhrchens ist hier sichtbar

Bei der Operation wird die Obstruktion durch Schaffung eines neuen Kanals zwischen Bindehaut und Nasenschleimhaut umgangen ²⁹.

Hierbei wird ein Schnitt unmittelbar unterhalb der Caruncula lacrimalis durchgeführt, das Gewebe vorsichtig präpariert und eine 14-Gauge-Nadel unter endoskopischer Führung inferomedial durch das Os lacrimale in den Meatus nasi medialis gebracht.

Gegebenenfalls wird eine partielle Turbinektomie der mittleren Nasenmuschel durchgeführt ³⁰, das heißt eine anteilige Entfernung der mittleren Nasenmuschel bei unzureichendem endonasalen Raum ³¹.

Die optimale Position der Nadel befindet sich zwischen Nasenseptum und lateraler Nasenwand. Nach korrekter Positionierung, wird die Nadellänge ab karunkulärem Ende gemessen.

Dies gilt als Maßvorgabe für das Jones Röhrchen, welches in das neu geschaffene Ostium nach Erweiterung des Kanals mittels Dilatator eingebracht und abschließend an seinem karunkulären Ende befestigt wird ³⁰.

In Bezug auf die erzielten Erfolgsraten kann diese Technik Ergebnisse von 86,6% ³⁰ beziehungsweise 91,4% ²⁹ vorweisen und ist diesbezüglich mit der CDCR vergleichbar, welche Erfolgsraten von etwa 90% ^{3,30} zeigte.

Grundsätzlich kann durch diese chirurgische Weiterentwicklung die dominierende Komplikation anderer Operationsmethoden einer hohen Extrusionsrate zwar auf ein Minimum gesenkt werden ^{29,30}, jedoch zeigte sich trotzdem eine hohe Migrationsrate von 22,9% und eine Patientenzufriedenheit von lediglich 46,7% ²⁹.

In Kontrast dazu lag die Patientenzufriedenheit bei der Standardbehandlung, bestehend aus einer CDCR mit JT-Implantation, bei 70% bis 91% ⁴.

Der Grund für die verhältnismäßig große Unzufriedenheit der Patient*innen bei der minimal-invasiven endoskopisch gesteuerten Bypassröhrchen-Implantation ohne DCR im Vergleich zu der hohen Erfolgsrate, wurde in der Anzahl an möglichen Komplikationen in Verbindung mit dem implantieren Röhrchen vermutet.

Beispiele hierfür sind der Lufteinzug in das Auge durch das JT oder die Regurgitation von Nasensekret ²⁹.

2.2.3. Jones Röhrrchen Varianten

Um den geschaffenen lacrimalen Bypass dauerhaft offen zu halten, wird ein Röhrrchen temporär oder permanent eingesetzt ³.

Das hierfür ideale Röhrrchen sollte sowohl leicht zu implantieren sein als auch einen angenehmen Tragekomfort für die Patient*innen aufweisen und weder migrieren noch extrudieren ⁶⁰.

Darüber hinaus sollte es eine gerade Form aufweisen und das Material in einer gewissen Weise steif sowie hydrophob sein mit einer möglichst geringen Hervorrufung von Gewebereaktionen ^{29,61}.

Es existieren verschiedene Materialien, die für das Röhrrchen verwendet werden können, wie Silikon, Polypropylen, Polyethylen und Teflon ^{3,29}.

Die genannten Eigenschaften erfüllt am besten ein Pyrex-Glasröhrrchen ^{29,61}, welches auch das verwendete Material der JTs ist ²⁹.

Mit dem Ziel, die Röhrrchenmigration zu reduzieren, wurden zahlreiche Modifikationen des Pyrex-Röhrrchens vorgenommen ^{3,29,62}, wie zum Beispiel eine Medpor-Beschichtung ³.

Darunter versteht man einen Überzug der Glasröhrrchen Außenfläche mit einer linearen, porösen Biomaterialbeschichtung aus Polyethylen hoher Dichte, die das Einwachsen von Gewebe und somit eine Stabilisierung des Röhrrchens ermöglicht, während der innere Glaskern für die Ableitung der Tränenflüssigkeit weiterhin durchgängig bleibt.

Jedoch war die Hauptkomplikation dieser Modifikation eine Obstruktion des Röhrrchens durch Schwellung des Weichgewebes oder Überwachsen der Bindehaut beziehungsweise der nasalen Schleimhaut ⁶¹ und erschwerte zusätzlich das Ersetzen des Röhrrchens ³.

Des Weiteren wurden in kleineren Fallserien eine äußere Silikonhülle oder eine spezielle Frostsicht angewandt, um die Stabilität des Röhrrchens zu verbessern ^{3,62}.

Diese Verbesserungsversuche in Bezug auf das Material führten zwar zu weniger Migration oder Extrusion, zeigten jedoch eine schwächere Kapillaranziehung mit langsameren Fluss und einer höheren Wahrscheinlichkeit für eine Obstruktion ³.

Neben verschiedenen Materialinnovationen stehen auch verschiedene Röhrrchen-Formen zur Verfügung.

Die Unterschiede im Design beziehen sich zum Beispiel auf Merkmale wie die Flansch-Anzahl (ein oder zwei Flansches), die Form des distalen Endes (gerade oder abgeschrägt), der Winkel (gerade, 130 Grad Winkel oder 90 Grad Winkel) oder die Gesamtlänge des Röhrchens (18 bis 45 mm).

Je nach Anatomie und erwartetem Follow-up kann für die Patient*innen individuell eine Röhrchen-Variante ausgewählt werden, jedoch wird das Standard-JT bevorzugt verwendet.

Hierbei handelt es sich um ein gerades Pyrex-Glasröhrchen mit einem Flansch und einem nicht-abgeschrägten distalen Ende ³.

Diese dauerhafte Glasprothese erfordert eine kontinuierliche Pflege durch die Patient*innen und regelmäßige ophthalmologische Untersuchungen, um die Durchgängigkeit und die korrekte Positionierung zu gewährleisten ²⁹.

Die Patient*innen werden angewiesen, täglich Wasser durch das Röhrchen zu aspirieren, um es zu säubern und durchgängig zu halten.

Darüber hinaus sollten die Patient*innen aufgeklärt werden, beim Husten oder Niesen einen Finger auf den medialen Kanthus zu drücken ²⁶, das heißt den medialen Lidwinkel, an dessen tiefsten Punkt sich die Karunkel befindet ⁶³.

Dort liegt nämlich das proximale Ende des implantierten JTs und somit wird eine Extrusion verhindert ²⁶.

Eine Alternative zu der synthetischen Variante bildet ein nicht-synthetisches Röhrchen aus Nasenschleimhaut. Diese wird bei der CDCR hergestellt, indem ein Streifen der Nasenseptumschleimhaut angehoben, durch den CDCR-Kanal geführt und an einem Silikonstent befestigt wird.

Die Kanten werden anschließend zusammengenäht und formen dadurch ein Rohr. Das freie Ende anastomosiert mit der Bindehaut und wird an der Caruncula lacrimalis befestigt.

Diese Behandlungsform zeigte jedoch nur eingeschränkten Erfolg auf Grund von Versagen des Transplantats ³, wie zum Beispiel durch signifikante Transplantatdegeneration oder Schleimhauttransplantatextrusion ⁶⁴.

Die Vielfalt der Röhrchen-Formen dient dazu, die primäre Erfolgsrate zu steigern und die Komplikationsrate zu verringern ³.

Mit steigender Follow-up Dauer wächst jedoch auch die spontane Verlustrate der JTs, sodass nach circa zehn Jahren in der Regel ein Ersatz des Röhrchens erforderlich ist²⁶. Die Beständigkeit der JTs ist allerdings schwankend und kann sich von 18 Tagen bis 44 Jahren erstrecken²⁷.

Obwohl mit vielen Konstruktionsmodifikationen des Röhrchens experimentiert wurde und jede Änderung lediglich das Platzieren des Röhrchens erschwerte⁸, konnte bis jetzt keine einheitliche Lösung gefunden werden, die Komplikationen der Röhrchenmigration und -extrusion zu vermeiden^{1,8}.

2.2.4. StopLoss Jones Röhrchen

Eine revolutionäre Innovation im Bereich der JTs stellt das StopLoss Jones Röhrchen (SLJT) dar.

Dies ist aus Pyrex-Glas gefertigt und weist im Gegensatz zu bisherigen Röhrchen einen zusätzlichen flexiblen Silikon-Innenflansch auf (siehe Abbildung 5)^{8,11,65}.

Um während des Einbringungs Vorgangs den geschaffenen Kanal nicht unnötig zu erweitern, entfaltet sich der distale Flansch erst bei Erreichen der Position in der Nasenhöhle⁸.

Durch den additionalen Flansch ergibt sich eine größere Oberfläche endonasal, sodass eine mögliche Extrusion verhindert werden kann^{8,11} und keine weiteren Eingriffe mit Implantation neuer Röhrchen nötig sind⁸.

Somit ist die traditionelle ärztliche Empfehlung obsolet, bei Niesen oder Schnäuzen manuellen Druck auf den medialen Augenwinkel auszuüben, um ein Verrutschen des Röhrchens zu verhindern⁷.

Durch die zugehörigen Abmessungsinstrumente kann zusätzlich die individuell benötigte Länge und der Außenflanschdurchmesser des Röhrchens eruiert werden.

Diese Dummies sind wie das spätere SLJT geformt und in Längen von 15 mm oder 20 mm mit Außenflanschdurchmessern von jeweils 3,5 mm oder 4,0 mm verfügbar.

Nach Einsetzen eines geeigneten Abmessungsinstruments kann der Sitz und die Position des Außenflansches an der Karunkel beurteilt werden.

Darüber hinaus besitzen die Abmessungsinstrumente an dem internen Ende fünf Ringmarkierungen mit einem jeweiligen Abstand von 1 mm, welche nach dem Einsetzen endonasal sichtbar sind und der Kalkulation der benötigten Röhrchenlänge dienen (siehe 3.5. Chirurgische Technik).

Dieser Vorgang ist entscheidend für die Auswahl des idealen Röhrchens der jeweiligen Patient*innen⁸.

Insgesamt sind SLJTs in einer Länge von 9 mm bis 22 mm erhältlich ^{11,65}.

Falsche Röhrenmaße, die häufig eine Indikation für einen Röhrenwechsel darstellen, können durch eine genaue individuelle Kalkulation der Röhrenlänge unterbunden werden ⁸.

Dieses neu entwickelte System scheint das bisher dominierende Problem der hohen Extrusionsraten vorheriger JTs zu beheben, da sich in bisherigen Studien zu SLJTs eine geringere Extrusionsrate von 0% bis 3% zeigte ^{8,11} im Vergleich zu anderen Röhren, welche eine Extrusionsrate von bis zu 50% aufzeigten ^{4,5,8,11,29}.

Dennoch untersuchten bis heute nur wenige Studien die Erfolgsrate des SLJTs ^{8,11}.



Abbildung 5: Fotografie eines StopLoss Jones Röhrchens (links) im Vergleich zu einem Jones Röhrchens (rechts) ¹¹

2.2.5. Diodenlaser Technik

Vor der Erstbeschreibung der Diodenlaser Technik als transkarunkulären Eingriff im Jahr 2019 durch Guo et al. ⁹ am Zentrum für Augenheilkunde der Medizinischen Fakultät der Universität zu Köln, wurde diese Technik zuvor lediglich transkanalikulär genutzt.

Entweder wurde dies als sekundäres Verfahren bei fehlgeschlagener DCR ^{66,67} oder als primäre DCR zur Behandlung von Obstruktionen des Ductus nasolacimalis angewandt ⁶⁸.

In einer Studie von Övet et al. ⁶⁸ wurde die endoskopische DCR ohne Laser mit der endoskopischen DCR mittels Diodenlaser verglichen in Bezug auf deren Erfolg.

Es zeigte sich, dass die Verwendung des Diodenlasers bei endoskopischer DCR die Erfolgsrate (87,2% mit und 62,9% ohne Diodenlaser) des Eingriffes verbessern kann ⁶⁸.

Verglichen mit anderen Studien, bei welchen die Diodenlaser Technik als transkanalikuläre Revisions-DCR angewandt wurde, lagen Unterschiede vor in Bezug auf das verwendete Lasersystem (z.B. LAS-3A/B; Diona, Korea ⁶⁶ oder LDCRS D30; Scinics Technology, Korea ⁶⁷), die Laserfaseroptik (z.B. mit Durchmessern von 600 µm ⁶⁶⁻⁶⁸) und der Diodenlaserleistungen (z.B. 8 bis 10 Watt ⁶⁶ oder 10 bis 15 Watt ⁶⁷).

Darüber hinaus existieren weitere Laserarten, die für eine endoskopische DCR verwendet werden können.

Dementsprechend kann der Erfolg der Operation von der verwendeten Laserart abhängen ⁶⁹. Beispiele hierfür sind der Neodym-dotierter Yttrium-Aluminium-Granat-Laser (Nd-YAG-Laser), der Kohlenstoffdioxid-Laser (CO₂-Laser), der Holmium-Laser oder der Kaliumtitanylphosphat-Laser (KTP-Laser) ^{69,70}.

Das beste Ergebnis wurde jedoch mit einem Diodenlaser erzielt, da alle anderen Laserarten multiple Komplikationen aufwiesen, wie zum Beispiel verhärtete, faserige Narben im Bereich der Nasenschleimhaut, schlechte Vaporisation, kanalikuläre Rupturen oder postoperative Ödeme und lymphatische Reaktionen am unteren Augenlid ⁶⁹.

Die Vorteile der Diodenlaser Technik sind dagegen vielseitig:

Es kann eine direkte Applikation von Laserenergie erfolgen und somit können Begleitschäden an orbitalen Strukturen vermieden werden ^{66,67} unter Bewahrung der Tränenpumpfunktion ⁷¹.

Da durch dieses Verfahren kein Hautschnitt erforderlich ist, entsteht auch keine sichtbare Gesichtsnarbe ^{9,71}.

Außerdem wird das Gewebe und der Knochen vaporisiert, sodass weniger intra- und postoperativer Blutverlust auftritt ⁹.

Unter Verwendung des Lasers kann zudem die Operationszeit verkürzt ^{67,71} und eine schnellere Rekonvaleszenz erzielt werden ⁶⁷.

Abbildung 6 zeigt den Diodenlaser „Fox“ der Firma „A.C.R. Laser“ aus Nürnberg, Deutschland, welcher für die Operationen im Rahmen unserer Studie verwendet wurde.



Abbildung 6: Fotografie der einzelnen Komponenten des Diodenlaser Systems (Fox; A. R. C. Laser, Nürnberg, Deutschland) ⁷²

Oben im Bild: „Fox“ Laser-Gerät mit Farb-Touch-Screen
Unten im Bild: verfügbare potentielle Handstücke

2.3. Fragestellungen und Ziel der Arbeit

In der Studie von Guo et al. ⁹ aus dem Zentrum für Augenheilkunde der Medizinischen Fakultät der Universität zu Köln wurde die transkarunkuläre lasergestützte SLJT-Implantation als primäres oder sekundäres Verfahren nach vorheriger DCR vorgestellt ⁹.

Die beschriebene Technik nutzend, wurde in weiterer Forschungsarbeit dieser Ansatz fortgeführt.

In dieser Dissertationsschrift wird nach bestem Wissen erstmalig die minimal-invasive endoskopisch gesteuerte transkarunkuläre lasergestützte Technik für die exakte SLJT-Implantation ausschließlich als Erstoperation präsentiert und die Wirksamkeit für die primäre Behandlung von schweren kanalikulären Tränenwegobstruktionen retrospektiv beurteilt.

Dabei ist es das Ziel, dieses Verfahren und dessen Ergebnisse darzustellen und anschließend mit anderen bereits bestehenden SLJT-Studien zu vergleichen an Hand folgender Kriterien:

Operationstechnik, Ätiologien der kanalikulären Tränenwegobstruktionen, Indikationen für die SLJT-Implantation, Patientenpopulation, Studiendesign, verwendetes Röhrchen-Design, Komplikationen und Erfolgsrate der Operation.

Nach dieser Analyse erfolgt die Diskussion der Frage, welche Stellung diese neuartige Operationstechnik kombiniert mit dem innovativen SLJT-Design als primärer chirurgischer Eingriff im Vergleich zu bisherigen Behandlungsmethoden einnimmt.

Schlussfolgernd werden die Limitationen unserer Studie herausgearbeitet, gewonnene Erkenntnisse präsentiert und Anregungen für künftige Forschungen auf diesem Gebiet ausgesprochen.

3. Material und Methoden

Unter Verwendung der Suchbegriffe „StopLoss Jones Tube“ oder „SLJT“ wurde durch unser Kollegium des Zentrums für Augenheilkunde der Medizinischen Fakultät der Universität zu Köln am 21. Februar 2020 ^{1,7-9,11,65} eine systematische Überprüfung mit Hilfe der MEDLINE (PubMed) - Datenbank durchgeführt.

Maßgeblich beteiligt an unserer Forschungsarbeit waren Herr Univ.-Prof. Dr. Dr. Ludwig M. Heindl, Herr Dr. Yongwei Guo, Herr Dr. Alexander C. Rokohl, Herr Dr. Senmao Li, Herr Prof. Dr. Ming Lin, Herr Prof. Dr. Renbing Jia und die Autorin dieser Dissertationsschrift, Frau Katharina G. Kroth.

Es fanden sich lediglich zwei passende Artikel:

Erstens: „Early Experience with the StopLoss Jones Tube“ von Bagdonaite und Pearson aus dem Jahr 2015 ⁸ und zweitens: „Long-Term Outcomes of StopLoss Jones Tubes for Epiphora in Patients With Early or Multiple Loss of Lester Jones Tubes“ von Timlin et al. aus dem Jahr 2020 ¹¹.

Diese berichteten jedoch hauptsächlich von SLJT-Implantationen als sekundäres Verfahren nach vorheriger fehlgeschlagener CDCR beziehungsweise DCR, vorherigen JT-Extrusionen oder JT-Komplikationen.

Als primäre Behandlung fand die SLJT-Implantation nur rudimentär statt ^{8,11}.

3.1. Studiendesign

Es handelte sich um eine retrospektive Longitudinalstudie des Zentrums für Augenheilkunde der Medizinischen Fakultät der Universität zu Köln.

3.2. Patientenpopulation

Aus den Aufzeichnungen des Zentrums für Augenheilkunde der Medizinischen Fakultät der Universität zu Köln wurden zwölf volljährige Patient*innen (zwölf Augen) identifiziert, bei denen im Zeitraum von 2017 bis 2019 eine endoskopisch gesteuerte transkarunkuläre lasergestützte SLJT-Implantation als primäre Operationsmethode bei kanalikulären Tränenwegobstruktionen durchgeführt wurde.

Alle Operationen wurden am Zentrum für Augenheilkunde der Medizinischen Fakultät der Universität zu Köln durchgeführt.

Retrospektiv wurden anhand der Dokumentation anonymisiert Patientenprofile, Indikationen und Ergebnisse der Operation ermittelt und die Daten in diese Arbeit sowie in den dazu veröffentlichten Artikel (siehe 8. Vorabveröffentlichung von Ergebnissen) integriert.

Prospektiv wurden keine Daten erhoben.

3.3. Ein- und Ausschlusskriterien

Als Einschlusskriterien für die Studie galten eine erfolgte endoskopisch gesteuerte transkarunkuläre lasergestützte SLJT-Implantation als Erstoperation bei Patient*innen älter als 18 Jahre, die an Epiphora als Folge von schweren proximalen kanalikulären Tränenwegobstruktionen litten.

Der Studienausschluss erfolgte dementsprechend bei Minderjährigen oder Patient*innen, deren Tränenwegleiden bereits chirurgisch voroperiert worden war beziehungsweise ursächlich für die Epiphora-Symptomatik ein anderer Grund als eine kanalikuläre Genese vorlag.

3.4. Präoperatives Vorgehen

Vor dem geplanten Eingriff wurden alle Patient*innen über mögliche Risiken und Komplikationen der Operation und die Notwendigkeit einer langfristigen postoperativen Röhrenchenpflege informiert. Alle Probanden akzeptierten diese Bedingungen und unterzeichneten die Einverständniserklärung.

3.5. Chirurgische Technik

Die Operation erfolgte stets in Intubationsnarkose.

Zunächst wurde den Patient*innen eine Nasentamponade mit in Phenylephrin 0,5 % getränkter Gaze eingeführt, welche für mindestens zehn Minuten dort verweilte.

Durch die alpha-rezeptorische Wirkung des Präparats kommt es zu einer Vasokonstriktion und dadurch zu einem Abschwellen der nasalen Schleimhäute⁷³.

Als Nächstes erfolgte die Einstellung des Lasers. Verwendet wurde hierbei ein Diodenlaser mit einer Wellenlänge von 810 nm (Fox; A. R. C. Laser, Nürnberg, Deutschland; siehe Abbildung 6).

Dieser wurde zunächst mit einer 300 µm Laserfaseroptik verbunden und anschließend zum Manövrieren in ein Handstück und eine stumpfe Tränenkanüle eingesetzt.

Um thermische Verletzungen des umliegenden Gewebes im Operationsgebiet durch Erhitzen der metallischen Kanüle zu vermeiden, wurde darauf geachtet, die Laserfaser 3 mm an der Kanülenspitze herausragen zu lassen und diesen Abstand während der gesamten Operation zu wahren.

Die korrekte Funktion des Lasersystems wurde schließlich an einem Holzspatel getestet. Die im Folgenden beschriebenen Operationsschritte sind in Abbildung 7 veranschaulicht.

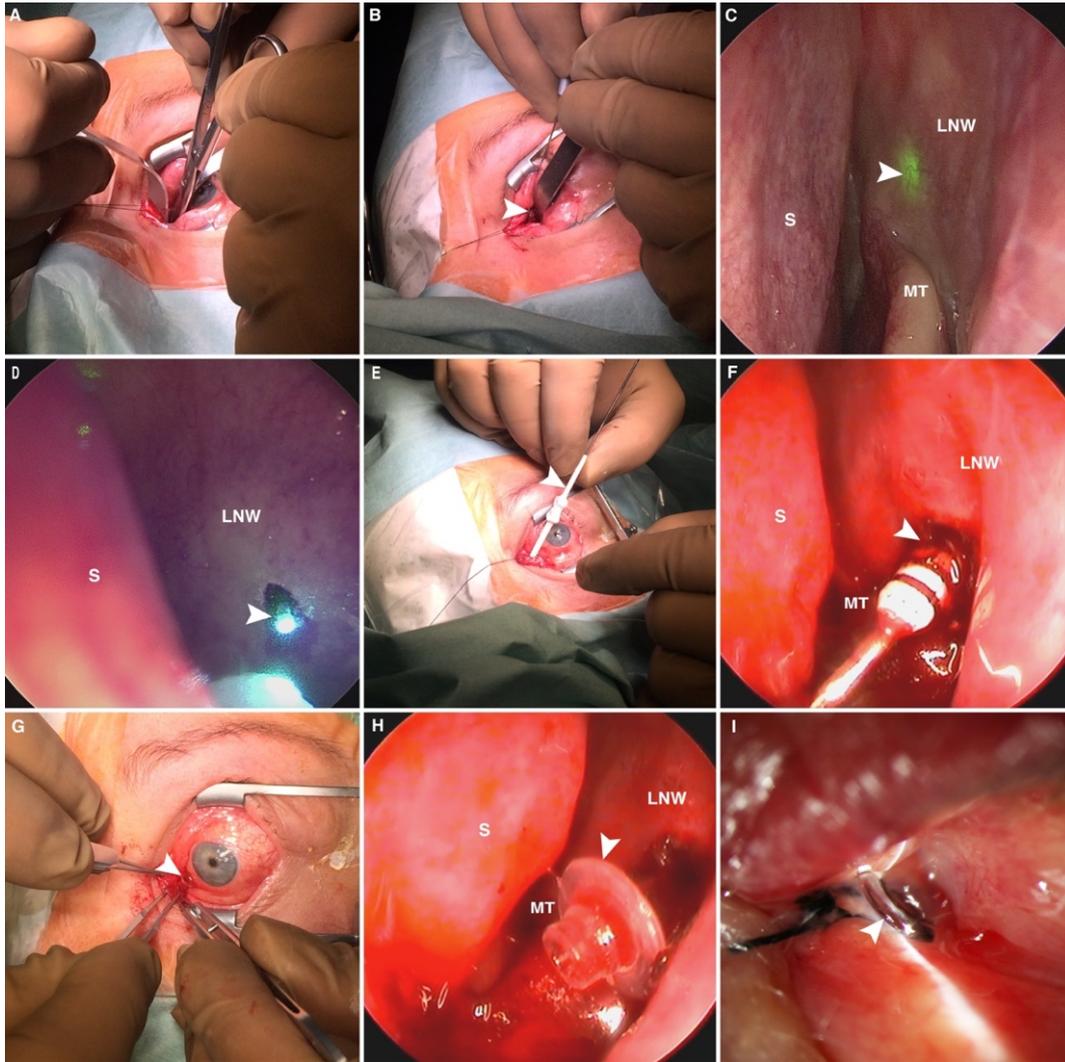


Abbildung 7: Endoskopisch gesteuerte transkarunkuläre lasergestützte StopLoss Jones Röhren (SLJT) Implantation in Teilschritten

- A: Nach karunkulärem Schnitt wurde submukosal in infra-medialer 30° bis 45° -Richtung zur medialen Wand der Tränensack Fossa präpariert
- B: Eine Lasersonde (Pfeilspitze) wurde durch den Weichteilkanal zur medialen Wand der Tränensack Fossa geführt
- C: Ein 70° -Nasenendoskop visualisierte die laterale Nasenwand und führte das durchleuchtete Laserlicht (Pfeilspitze) zum infra-anterioren Bereich der mittleren Nasenmuschel
- D: Sobald die laterale Nasenwand durchbrochen war, wurden Schleimhautkoagulationen und Nekrosen beobachtet, die das distale Ende der Lasersonde (Pfeilspitze) umgaben
- E: Ein Dilator (Pfeilspitze) wurde durch den Führungsdraht eingebracht, um den Kanal zu vergrößern
- F: Intranasale Ansicht des Dilators und der darauf befindlichen Markierungsringe (Pfeilspitze)
- G: Der äußere Flansch (Pfeilspitze) des SLJTs
- H: Der Silikon-Innenflansch (Pfeilspitze) des SLJTs
- I: Postoperative Ansicht (erster postoperativer Tag) eines gut platzierten und funktionstüchtigen SLJTs

(MT= mittlere Nasenmuschel; LNW = laterale Nasenwand; S= Nasenseptum)

Mit einer scharfen Vannas-Schere wurde an der Verbindung von Caruncula lacrymalis und Plica semilunaris conjunctivae (siehe Abbildung 8) inzidiert und das submukosale Gewebe in einer inframedialen 30° bis 45° -Richtung zur medialen Wand der Tränensack Fossa präpariert (siehe Abbildung 7, Bild A).

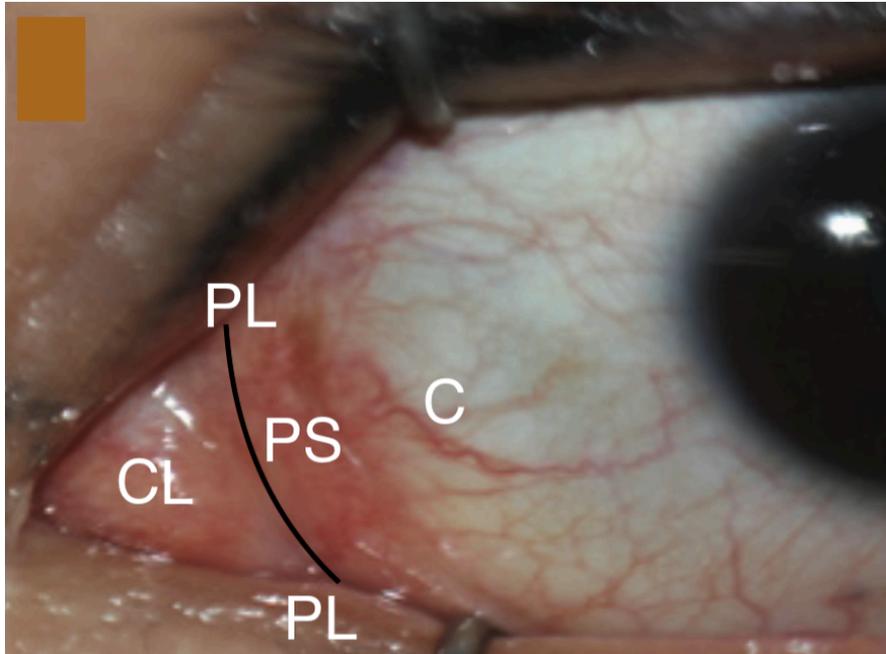


Abbildung 8: Erläuterung der Schnitfführung zwischen Caruncula lacrymalis und Plica semilunaris conjunctivae (modifiziert nach ⁷⁴)

(Schwarze Linie = Schnitfführung; CL = Caruncula lacrymalis;

PS = Plica semilunaris conjunctivae; PL = Punctum lacrimale; C = Konjunktiva)

Im Anschluss wurde die Lasersonde durch die Weichteilspur zur medialen Wand der Tränensack Fossa geführt (siehe Abbildung 7, Bild B).

Währenddessen entfernte eine Assistent*in die Nasentamponade.

Anschließend wurde durch ein 70° -Nasenendoskop die laterale Nasenwand visualisiert. Unter endoskopischer Sichtung wurde die Translumineszenz des Laser-Zielstrahls in die korrekte Position geführt, der sich im infra-anterioren Bereich der Concha nasalis media befindet (siehe Abbildung 7, Bild C).

Nun konnte die Laser-Rhinostomie erfolgen, indem der Knochen und die Nasenschleimhaut bei einer Ausgangsleistung von sieben bis acht Watt vaporisiert wurden.

Dabei wurde kontinuierlich mit der Lasersonde Kontakt zur Nasenwand gehalten ohne jedoch Druck anzuwenden oder die Spitze zu bewegen, da diese sonst abbrechen könnte.

Sobald die laterale Nasenwand durchbrochen war, kam es zu Schleimhautkoagulationen und Nekrosen, die das distale Ende der Lasersonde umgaben (siehe Abbildung 7, Bild D). Darauf konnte die Laserfaser zurückgezogen, die Ränder kreisförmig entfernt und das geschaffene Ostium auf einen Durchmesser von circa 2,5 bis 3,0 mm vergrößert werden.

Nach Schaffung dieses lacrimalen Bypasskanals zwischen Konjunktiva und Nasenhöhle wurde der Führungsdraht des StopLoss-Einführungssystems in den neu geschaffenen Kanal eingebracht. Entlang dessen wurde ein standardisierter Dilatator mit einem Durchmesser von 2,8 mm eingeführt, um später das SLJT mit einem Durchmesser von 2,1 mm sicher einsetzen zu können (siehe Abbildung 7, Bild E).

Durch vier Proberöhrchen konnte der genaue individuell benötigte Durchmesser des Außenflansches und die Länge des SLJTs ermittelt werden (siehe 2.2.4. StopLoss Jones Röhrchen).

Nachdem das geeignete Dummy-Sizer-SLJT ermittelt worden war, wurde die Anzahl der in der Nase sichtbaren Ringmarkierungen abgezogen (siehe Abbildung 7, Bild F).

Die korrekte Länge des SLJTs ergab sich durch die Addition von vier zusätzlichen Ringen zur gemessenen Länge, da ein prophylaktischer Abstand von 2 mm zwischen dem inneren Silikon-Flansch und der distalen Spitze oder der Nasenschleimhaut eingehalten werden sollte.

Daraufhin wurde das geeignete SLJT entlang des Führungsdrahts implantiert.

Das SLJT verfügt über zwei Flansches (siehe Abbildung 5 (links)), wobei der externe aus der Caruncula lacrimalis heraussteht (siehe Abbildung 7, Bild G) und sich der innere Flansch entfaltet, sobald er die Nasenhöhle erreicht (siehe Abbildung 7, Bild H und I).

Nach optimaler Platzierung des Röhrchens wurde der Führungsdraht entfernt.

Um ein Verrutschen des SLJTs zu verhindern, wurde der äußere Flansch mit einer 6-0-Seidennaht an der karunkulären Konjunktiva vernäht.

Die Funktionalität des neu geschaffenen Tränenabflusses bestätigte die suffiziente Spülung mit einer Kochsalzlösung durch das SLJT unter endoskopischer Sichtung.

3.6. Postoperative Nachsorge

Nach der Operation wurden über einen Zeitraum von zwei Wochen antibiotische und steroidale Augentropfen verschrieben.

Darüber hinaus wurden die Patient*innen angewiesen, das Röhrchen durch regelmäßige forcierte nasale Inspiration zu pflegen und zu reinigen.

Eine ophthalmologische Nachuntersuchung erfolgte am ersten postoperativen Tag und anschließend jeweils nach einer Woche, einem Monat, drei Monaten, einem halben Jahr und nach einem Jahr.

4. Ergebnisse

Es wurden 12 Patient*innen aus den Aufzeichnungen des Zentrums für Augenheilkunde der Medizinischen Fakultät der Universität zu Köln erfasst, die an schwerer einseitiger Epiphora litten auf Grund einer langstreckigen kanalikulären Tränenwegobstruktion, die als primäres Operationsverfahren mit einer endoskopisch gesteuerten transkarunkulären lasergestützten SLJT-Implantation im Zeitraum von 2017 bis 2019 behandelt wurden.

Retrospektiv wurden anonymisiert die demografischen und klinischen Daten ermittelt einschließlich Geschlecht, Alter, betroffenes Auge (rechtes oder linkes Auge), Operationsindikation, postoperative Komplikationen, Follow-up-Dauer sowie chirurgischer und funktioneller Erfolg der jeweiligen Patient*innen.

Als chirurgischer Erfolg wurde ein gut platziertes, funktionstüchtiges Röhrchen definiert. Gemäß vorheriger Studien⁴ lag ein vollständiger funktioneller Erfolg bei reizlosem, epiphorafreiem Auge vor.

Eine signifikante Besserung, jedoch ohne vollständiges Sistieren der Epiphora oder ein epiphorafreies Auge mit weiterhin reizenden Symptomen, wurde als mäßiger Funktionserfolg gewertet.

Als funktionell erfolgloses Ergebnis wurde persistierende störende Epiphora angesehen.

Alle demografischen und klinischen Merkmale der Kohorte sind in Tabelle 2 zusammengefasst.

	Absolute Zahl oder prozentualer Anteil
Anzahl der Patient*innen	12
Anteil weiblicher Patientinnen	9 (75%)
Anzahl der Augen	12
Linkes Auge	5 (42%)
Durchschnittsalter in Jahren; Standardabweichung	42; 12
Durchschnittliche Follow-up Dauer in Monaten; Standardabweichung	17,7; 4,2
Präoperative Beschwerden	
Epiphora	12 (100%)
Klumpige Augenlider	8 (67%)
Mukopurulenter Tränenausfluss	4 (33%)
Ätiologie	
Kanalikuläre Agenesie	7 (58%)
Erworbene kanalikuläre Tränenwegobstruktion	
Herpes-simplex-Konjunktivitis	2 (17%)
Post-Radiatio	2 (17%)
Trauma	1 (8%)
Komplikationen	
Überschießendes konjunktivales Wachstum / mediale Röhrenmigration	3 (25%)
Zu langes Röhren	1 (8%)
Leichte Reizung der Augenoberfläche	2 (17%)

Tabelle 2: Zusammenfassung klinischer und demografischer Merkmale der gesamten Kohorte

Von 12 analysierten endoskopisch gesteuerten transkarunkulären lasergestützten SLJT-Implantationen wurden fünf auf dem linken (5 von 12 Fällen entspricht 42%) und sieben auf dem rechten Auge (7 von 12 Fällen entspricht 58%) durchgeführt.

Der Anteil der weiblichen Patientinnen lag bei 75% (9 von 12 Fällen).

Das Durchschnittsalter betrug 42 ± 12 Jahre.

Alle Patient*innen äußerten präoperativ Beschwerden:

100% litten an Epiphora, 67% an klumpigen Augenlidern (8 von 12 Fällen) und 33% an mukopurulenter Sekretion des Auges (4 von 12 Fällen) (siehe Abbildung 9).

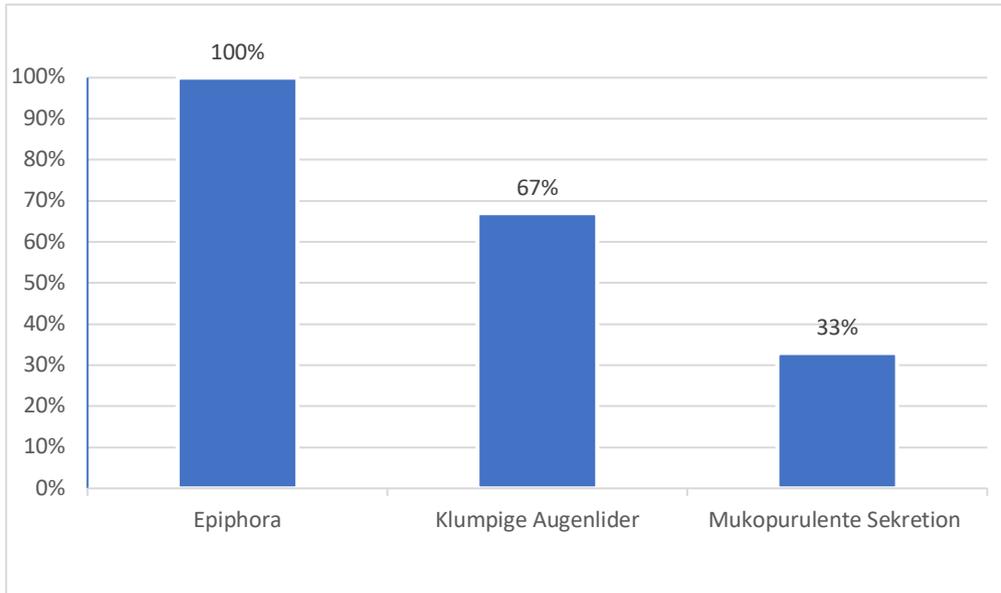


Abbildung 9: Präoperative Beschwerden

Ätiologisch zeigten sich bei sieben Patient*innen eine kanalikuläre Agenesie und in fünf Fällen eine erworbene kanalikuläre Tränenwegobstruktion.

Ursächlich für die erworbenen Obstruktionen waren Herpes-simplex-Konjunktividen in zwei Fällen, Folgen einer Strahlentherapie (Post-Radiatio) ebenfalls in zwei Fällen und ein Trauma in einem Fall (siehe Abbildung 10).

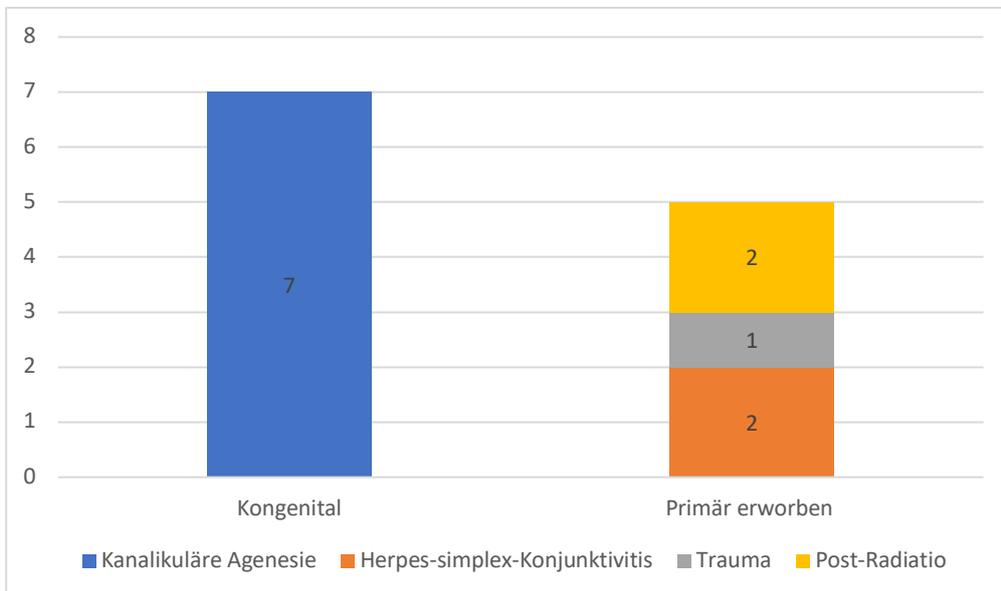


Abbildung 10: Verteilung der Ursachen für die kanalikulären Tränenwegobstruktionen der Patient*innen

Bei allen Patient*innen wurde die beschriebene Operationstechnik als primäres chirurgisches Verfahren durchgeführt (siehe 3.5. Chirurgische Technik).

Die Rhinostomie durch die Laserbehandlung war stets erfolgreich und es trat keine unmittelbare gleichzeitige Verletzung der benachbarten Strukturen auf.

In 92% der Fälle (11 von 12 Fällen) wurde der primäre chirurgische Erfolg erreicht. Das ursprünglich eingesetzte Röhrchen war in einem Fall (8%) zu lang und musste in einer weiteren Operation durch ein 2 mm kürzeres Modell ersetzt werden.

Drei Fälle (25%) entwickelten ein überschießendes konjunktivales Wachstum beziehungsweise eine mediale Röhrchenmigration, die eine Bindehautrevision erforderten. Unter einer Bindehautrevision versteht man die operative Eröffnung der Konjunktiva mit Entfernung des gebildeten Narbengewebes ⁷⁵.

Im Rahmen der Nachbeobachtungszeit von durchschnittlich $17,7 \pm 4,2$ Monaten (Skala von minimal 12 und maximal 25 Monaten) zeigte sich keine Extrusion, kein Defekt und kein Verrutschen der eingesetzten Röhrchen.

Der vollständige funktionelle Erfolg wurde in 83% der Fälle (10 von 12 Fällen) erzielt. Durch eine leichte Reizung der Augenoberfläche wurde der mäßig funktionelle Erfolg in 17% der Fälle (2 von 12 Fällen) erreicht.

Ein funktionell erfolgloses Ergebnis war nicht vorhanden (siehe Abbildung 11).

Insgesamt betrug die endgültige chirurgische Erfolgsrate 100% (12 von 12 Fällen).

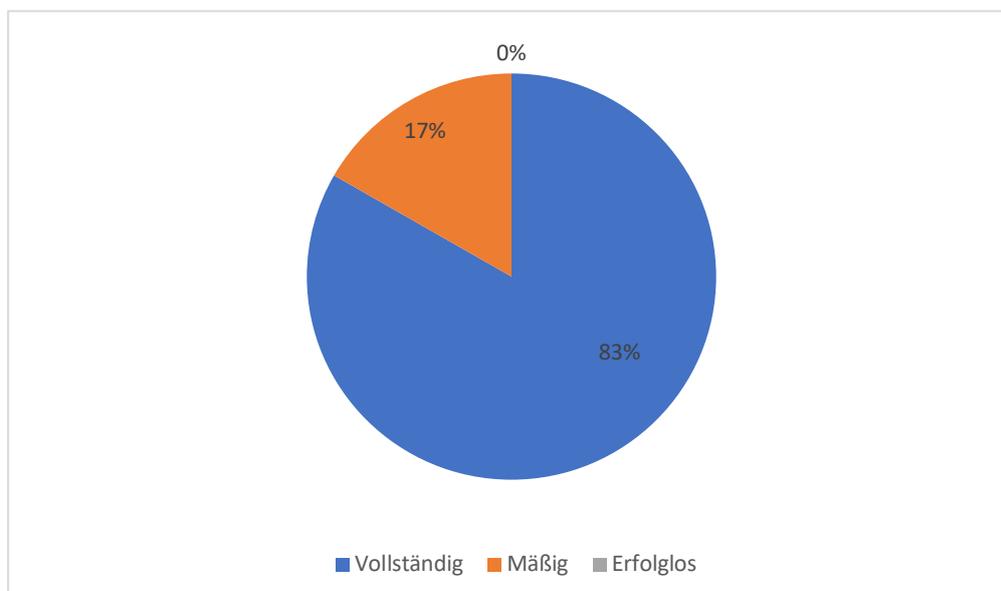


Abbildung 11: Funktionelle Erfolge der endoskopisch gesteuerten transkarunkulären lasergestützten SLJT-Implantation

5. Diskussion

Um zu einer aussagekräftigen Beurteilung zu gelangen, wird unsere Forschungsarbeit zwei vorbestehenden SLJT-Studien (von Bagdonaite und Pearson ⁸ sowie von Timlin et al. ¹¹) gegenübergestellt.

Da in diesen beiden Studien die SLJT-Implantation meistens die sekundäre und nicht die primäre Intervention darstellt, müssen hierfür die Gründe und die daraus folgenden Konsequenzen eruiert werden.

Zunächst wird die Forschungsarbeit von Bagdonaite und Pearson ⁸ vorgestellt und mit den Ergebnissen unserer Studie verglichen, danach die von Timlin et al. ¹¹.

Es folgt eine Definition und Analyse der im Ergebnis variierenden Erfolgsraten.

Im Anschluss wird die Bedeutung des Röhrchens für eine erfolgreiche Operation eruiert.

Daraus ergebend, werden Komplikationen des Verfahrens mit möglichen Lösungen erläutert und Limitationen der Forschungsarbeit aufgezeigt.

Zum Schluss erfolgt eine Zusammenfassung und abschließende Bewertung unserer Forschungsergebnisse.

5.1. Vorstellung bestehender StopLoss Jones Röhrchen Studien und Vergleich mit dieser Forschungsarbeit

Die SLJT-Implantation wurde ebenfalls retrospektiv von Bagdonaite und Pearson ⁸ analysiert. Sie berichteten von 29 eingesetzten SLJTs in 25 Augen von 19 Patient*innen, wobei jedoch nur in vier Fällen (14%) dieses als Primärimplantat eingesetzt wurde.

Eine primäre Erfolgsrate von 80% (20 von 25 Fällen) wurde erreicht und unterliegt damit unserer Forschungsarbeit, die eine primäre Erfolgsrate von 92% (11 von 12 Fällen) vorweisen kann.

Insgesamt erreichten Bagdonaite und Pearson ⁸ eine endgültige chirurgische Erfolgsrate von 92% gegenüber der 100%-igen chirurgischen Erfolgsrate unserer Analyse.

Als Gründe für das primäre Scheitern in 20% (5 von 25 Fällen) gaben

Bagdonaite und Pearson ⁸ an, dass in vier Fällen das Röhrchen ersetzt werden musste, da es in einem Fall zu lang und in drei Fällen verrutscht war.

In einem Fall wurde das Röhrchen entfernt ohne ein Neues einzusetzen, da keine Beschwerden mehr vorlagen.

Das einmalige (8%) primäre Versagen in unserer Forschungsarbeit beruhte gleichfalls auf einer Implantation eines zu langen Röhrchens, welches durch ein kürzeres Modell in einer weiteren Operation ersetzt werden musste.

Bagdonaite und Pearson ⁸ schlussfolgerten, dass das SLJT die Hauptproblematik der bisherigen JTs, nämlich die hohe Extrusionsrate, zu verhindern scheint ⁸, was wir in unserer Analyse bestätigen konnten, da es in beiden Forschungsarbeiten zu keiner Extrusion kam.

Jedoch lag ihre beschriebene Komplikationsrate lediglich bei 20% im Vergleich zu 33% unserer Studie. Dies könnte folgenden Faktoren geschuldet sein:

Erstens den Unterschieden im Studiendesign: Bei Bagdonaite und Pearson ⁸ wurden alle SLJT-Implantationen bewertet im Gegensatz zu SLJT-Implantationen als primäres chirurgisches Verfahren wie in unserer Forschungsarbeit.

Zweitens der geringeren Fallzahl: Vier im Gegensatz zu zwölf Patient*innen erhielten eine SLJT-Implantation als primäres Operationsverfahren.

Und drittens der unterschiedlichen Operationsmethoden:

Bei Bagdonaite und Pearson ⁸ wurden sowohl offene als auch endoskopische chirurgische Eingriffe in die Studie integriert ⁸ im Gegensatz zu unserer Forschungsarbeit, in welcher ausschließlich die endoskopisch gesteuerte, lasergestützte Operationstechnik bewertet wurde.

Eine andere Studie von Timlin et al. ¹¹ verglich ebenfalls retrospektiv die Beständigkeit von SLJTs, welche sekundär nach vorheriger JT-Implantation eingesetzt wurden mit einer Kontrollgruppe, die nur JT-Träger waren.

Hierbei wurden 28 Augen von 23 Patient*innen mit 31 eingesetzten SLJTs analysiert und 47 Augen von 34 Patient*innen, die 59 JTs erhielten.

Im Vorfeld zeigten sich 116 kumulativ fehlgeschlagene JTs bei den Patient*innen, die als alternatives Verfahren ein SLJT erhielten.

In der SLJT-Gruppe wurde eine endgültige chirurgische Erfolgsquote von 48% sowie in der Nur-JT-Gruppe lediglich von 39% erreicht und unterliegt somit ebenfalls unseren Forschungsergebnissen.

Als Hauptkomplikation des SLJTs vermerkten Timlin et al. ¹¹ das Einsinken des Röhrchens in das Bindehautgewebe in 26%, was in unserer Analyse nicht auftrat.

In 3% kam es in der SLJT-Gruppe zu einer Extrusion des Röhrchens, das zwar eine signifikante Reduktion der Extrusionsrate von 64% vorheriger JTs darstellt, jedoch auch dies sich in unserer Forschungsarbeit in keinem Fall zeigte.

Sie folgerten daraus, dass SLJTs bei Patient*innen mit einmaligem oder mehrfachem Röhrchenverlust eine signifikant höhere Beständigkeit aufweisen als die JTs.

Sie erachteten eine SLJT-Implantation als sinnvoll für diejenigen Patient*innen, die gefährdet sind, eine Migration des Röhrchens zu erleiden ¹¹.

5.2. Definition und Exploration der variierenden Erfolgsraten

In Bezug auf die Erfolgsraten der bestehenden Tränenwegoperationen mit verschiedenen Bypassröhrchen, ergaben sich in der Vergangenheit inhomogene Ergebnisse.

Es zeigte sich eine primäre Erfolgsrate von 14% bis 84%, die definiert wurde als vollständige Remission oder signifikante Reduktion der Epiphora nach dem primären Eingriff.

Letztlich resultierte hierbei eine gesamtsymptomatische Erfolgsrate von 57% bis 100%, welche als komplettes Ausbleiben oder als signifikanter Rückgang der Epiphora bei der letzten Nachuntersuchung festgelegt wurde, einschließlich aller nachfolgenden Verfahren, die erforderlich waren, um die dauerhafte Durchgängigkeit zu erreichen ³.

Im Vergleich dazu präsentierten die SLJT-Studien eine primäre Erfolgsrate von 80% bei Bagdonaite und Pearson ⁸ und 92% in unserer Forschungsarbeit.

Zudem ergab sich eine endgültige chirurgische Erfolgsrate von 92% bei Bagdonaite und Pearson ⁸, 48% bei Timlin et al. ¹¹ und 100% in unserer Forschungsarbeit. Der endgültige chirurgische Erfolg wurde als erfüllt angesehen, wenn das Bypassröhrchen zu dem Zeitpunkt der letzten Nachuntersuchung weiterhin korrekt platziert und funktionstüchtig war ^{8,11}.

Die endoskopisch gesteuerte transkarunkuläre lasergestützte SLJT-Implantation als primäres Verfahren scheint hiernach durch die beschriebenen höchsten chirurgischen Erfolgsraten zu imponieren im Vergleich zu anderen Röhrchen-Varianten beziehungsweise Operationsmethoden.

Da die Erfolgsraten von SLJTs in den Studien immense Bandbreiten und Disparitäten aufweisen, müssen die Ursachen hierfür erörtert werden.

Ein Grund könnte erstens die Anwendung von unterschiedlichen chirurgischen Techniken darstellen.

Bei Bagdonaite und Pearson ⁸ wurde der Tränenbypass, falls nicht bereits durch vorherige Tränenwegoperationen vorhanden, durch einen endoskopischen oder externen chirurgischen Eingriff geschaffen. Die Kalkulation und Implantation des SLJTs erfolgte endoskopisch gesteuert. Zusätzlich führten sie teilweise weitere operative Interventionen durch, wie eine partielle mittlere Turbinektomie, eine Karunkelektomie oder einen medialen orbitalen Fettabbau ⁸.

Auch bei Timlin et al. ¹¹ wurde eine endoskopische gesteuerte Kalkulation und Implantation des SLJTs angewendet. Da sie retrospektiv einzig SLJT-Implantationen analysierten, welche nach zuvor gescheiterter JT-Therapie angewendet wurden, lag ein Tränenbypass bereits vor ¹¹.

In unserer Forschungsarbeit wurden ausschließlich Patient*innen ohne vorbestehenden Tränenbypass eingeschlossen, welche mit dem neuartigen Ansatz der endoskopisch gesteuerten transkarunkulären lasergestützten SLJT-Implantation als Erstoperation behandelt wurden.

Darüber hinaus unterschied sich zweitens die Ätiologie der kanalikulären Tränenwegobstruktionen.

In weiteren Studien, die sich mit der operativen Implantation von Bypassröhrchen bei kanalikulären Tränenwegobstruktionen beschäftigten, gaben diese die idiopathische Genese als häufigste Ursache an ^{4,8,29,30}, während in unserer Forschungsarbeit die angeborene Agenesie mit 58% am meisten vertreten war.

Lim et al. ⁴ analysierten in einem Zeitraum von 18 Jahren 49 Patient*innen mit JTs und stellten dabei fest, dass die besten Ergebnisse erzielt wurden bei Patient*innen, deren kanalikuläre Obstruktion durch ein Trauma oder durch Herpes-Infektionen bedingt war ⁴. Da in unserer Studie diese beiden Ätiologien nur 25% ausmachten, könnte sich dies zusätzlich auf die endgültige Erfolgsrate ausgewirkt haben.

Außerdem variierten drittens die Indikationen für die SLJT-Implantationen.

In unserer Forschungsarbeit wurde die SLJT-Implantation ausschließlich als primäre Operationsmethode durchgeführt, während in anderen Studien dies entweder nur wenige Male (14% bei Bagdonaite und Pearson ⁸) der Fall war oder ein SLJT erst nach einer zuvor gescheiterten DCR (31% bei Bagdonaite und Pearson ⁸) beziehungsweise bei JT-Komplikationen (52% bei Bagdonaite und Pearson ⁸ und 100% bei Timlin et al. ¹¹) eingesetzt wurde ^{8,11}.

Da durch vorangegangene Eingriffe im Operationsgebiet das Gewebe bereits vorgeschädigt sein kann, kann dies zu einem eingeschränkten Erfolg der Reoperation führen ¹¹.

Auch viertens das Alter der Patient*innen zeigte Unterschiede zwischen unserer und den vorherigen Studien.

Das Durchschnittsalter unserer Patient*innen lag bei 42 Jahren, also eine deutlich jüngere Studienpopulation als bei vergleichsweise Bagdonaite und Pearson ⁸ mit durchschnittlich 61 Jahren ⁸ und Timlin et al. ¹¹ mit durchschnittlich 63 Jahren ¹¹.

Da ältere Patient*innen in der Regel eine höhere Anzahl an Komorbiditäten und Voroperationen aufweisen ⁷⁶, gestaltet sich nicht nur die Narkose, sondern auch der postoperative Heilungsprozess komplikationsreich ⁷⁷ und könnte somit in einer verminderten Erfolgsrate resultieren.

Bei fünftens der Beurteilung der Follow-up Dauer, wies die Timlin et al. Studie ¹¹ die längste Zeitspanne von bis zu 50 Monaten auf ¹¹, gefolgt von der Bagdonaite und Pearson Studie ⁸ mit bis zu 25 Monaten ⁸ und unserer Studie mit ebenfalls maximal 25 Monaten.

Laut Timlin et al. ¹¹ bestünde das größte Migrationsrisiko, das die Hauptkomplikation der SLJT-Gruppe ihrer Forschungsarbeit darstellte, in der frühen postoperativen Phase. Innerhalb der ersten drei postoperativen Monate waren 13% der implantierten SLJTs erneut behandlungsbedürftig ¹¹.

Im Vergleich dazu waren 16% der Nur-JT-Kontrollgruppe nach drei Monaten gescheitert, was mit den Analysen vorheriger Studien deckungsgleich ist ^{27,28}.

Bei den Patient*innen, die als Anschlusstherapie ein SLJT erhielten, scheiterten 50% der zuvor eingesetzten JTs bis zum dritten postoperativen Monat.

Es zeigt sich daher eine signifikante Verbesserung der Beständigkeit des Röhrchens bei Patient*innen, die gefährdet sind für JT-Migration beziehungsweise einfacher oder multipler Extrusion ¹¹.

Bei Bagdonaite und Pearson ⁸ zeigten sich in fünf Fällen Komplikationen, wie mediale Migration und überschießendes konjunktivales Wachstum oder ein zu langes Röhrchen, die in einem Zeitumfang von zwei bis zwölf Monaten nach der Operation auftraten ⁸.

Daher kann geschlussfolgert werden, dass die Dauer des Follow-ups unserer Forschungsarbeit ausreichend ist, um die Hauptkomplikationen zu erfassen.

5.3. Einfluss des StopLoss Jones Röhrchens

Nachdem die Patient*innen und Methoden der einzelnen Studien verglichen und die möglichen Auswirkungen auf die Erfolgsrate erörtert wurden, erfolgt nun eine Analyse des Röhrchens.

Obwohl viele verschiedene Änderungen in Bezug auf das verwendete Oberflächenmaterial oder die Form des JTs ausprobiert wurden, konnte keine Variante eine befriedigende Lösung für das dominierende Problem der hohen Extrusionsrate liefern ³.

Durch die Einführung des SLJTs konnte diese Komplikation deutlich reduziert werden, das in unserer und in der Studie von Bagdonaite und Pearson ⁸ eindrücklich dargestellt wurde.

In der Studie von Timlin et al. ¹¹ zeigte die signifikant niedrigste Extrusionsrate mit lediglich 3% die SLJT-Gruppe, deren Patient*innen eine Extrusionsrate von 64% der vorherigen JTs aufwiesen.

Im Gegensatz dazu lag die Extrusionsrate der Nur-JT-Gruppe bei 20%.

Vergleicht man zuvor implantierte JTs mit einer mittleren Verweildauer von 3,5 Monaten mit der Umstellung auf ein SLJT, so stellte sich bei Timlin et al. ¹¹ eine Steigerung auf durchschnittlich 26 Monate heraus.

In Bezug auf die Komplikationen in Verbindung mit dem SLJT ist zu berichten, dass sich bei Timlin et al. ¹¹ eine statistisch nicht signifikante gesteigerte Tendenz für ein Einsinken des Röhrchens in das Bindehautgewebe herausstellte im Vergleich zu dem JT (26% in der SLJT-Gruppe im Vergleich zu 14% in der Nur-JT-Gruppe).

Besonders bei kürzeren Röhrchen sei dies der Fall gewesen, die später durch längere Modelle ersetzt werden mussten ¹¹, was Bagdonaite und Pearson ⁸ gleichermaßen analysierten.

Als möglichen Auslöser hierfür machten Bagdonaite und Pearson ⁸ eine unzureichende Trennung des Silikon-Flansches an der lateralen Nasenschleimhaut verantwortlich, die zu einer Kompression des Gewebes zwischen den beiden Röhrchenenden führte, sodass der karunkuläre Flansch einen medialen Zug erfuhr.

Dies kann auf Grund einer Fehlkalkulation der benötigten Röhrchenlänge hervorgerufen werden durch präoperative Applikation von abschwellenden Nasentropfen.

Daher wird diese Anwendung nicht routinemäßig empfohlen ⁸.

Bei der Nasenschleimhaut handelt es sich allgemein um ein äußerst variables Medium mit einem potentiellen Ausmaß von 0,3 mm bis 5 mm.

Verschiedene Faktoren können das Volumen der Nasenschleimhaut beeinflussen, wie zum Beispiel Lufttemperatur, Luftfeuchtigkeit, physiologischer Nasenzyklus, Infektionen, Allergien, Körperhaltung, Lymphdrainage, Blutfluss oder Medikamente ¹¹.

Exemplarisch zählen dazu: Topisch angewandte Imidazoline und Sympathomimetika oder systemisch eingenommene Antihypertensiva, orale Kontrazeptiva und Diuretika ⁷⁸.

Daher raten Bagdonaite und Pearson ⁸ zu einer prophylaktischen Addition von 2 mm zu dem ursprünglich gemessenen Abstand ^{7,8}.

Dieser Anweisung folgend, berichteten Timlin et al. ¹¹ trotzdem von einem Einsinken des SLJTs in 26%. Sie vermuteten die Ursachen hierfür in dem zusätzlichen Gewicht des flexiblen Silikon-Flansches des SLJTs, der vertikalen Ausrichtung der längeren Röhren und den Nuancen bei der technischen Ausführung zwischen den verschiedenen Chirurg*innen.

Zudem zeigte sich in ihrer Studie bei Patient*innen, die ein SLJT nach einer beziehungsweise multiplen fehlgeschlagenen vorherigen Operationen erhalten hatten, ein erhöhter Anteil von 52% an komplexen medialen Kanthalproblemen.

Sie fassten unter dieser Bezeichnung Erkrankungen zusammen, wie canthales Trauma, Facialispause, schwere Atrophie, orbitale Granulomatose mit Polyangiitis, Lichen planus, congenitales EEC-Syndrom, nasale Polypen und zuvor erfolgte Radiotherapie.

Sie schlussfolgerten, dass der erhöhte Anteil an komplexen medialen Kanthalproblemen und die Vielzahl an vorherigen JTs Risikofaktoren für Röhren-Komplikationen darstellen.

Infolgedessen postulierten sie, angesichts der natürlichen Variation der Nasenschleimhautdicke, einen 4 mm Abstand bei der Kalkulation der SLJT-Länge als geeigneter ¹¹.

In unserer Forschungsarbeit wurde stets der 2 mm Abstand zwischen Nasenschleimhaut und Innenflansch eingehalten und kein Einsinken des Röhrens festgestellt.

5.4. Analyse der Operationsmethode

Eng damit verknüpft ist die Tatsache, dass sich bei anatomischen Anomalien der Nasenhöhle Problematiken bei der genauen Implantation des SLJTs zeigten.

Erreicht das SLJT eine Position nahe des Nasenseptums oder die Fläche im Bereich des mittleren Nasengangs zwischen mittlerer Nasenmuschel und seitlicher Nasenseitenwand, kann der Abfluss aus den Nasennebenhöhlen und der Tränenfluss angesichts des Platzmangels am nasalen Ende des SLJTs misslingen. Dies kann auch durch Schwellung oder Ödem der Nasenschleimhaut auf Grund von Infektionen oder Allergien der oberen Atemwege auftreten und zu intermittierender Epiphora führen ⁴.

Dadurch kann eine erneute Röhrenpositionierung erforderlich werden.

Um diese Komplikation zu vermeiden, kann der endonasale Raum im Rahmen einer anterioren Ethmoidektomie erweitert werden, mit dem Ziel, genügend Platz für das distale Ende des Röhrens zu schaffen und einen suffizienten Tränenabfluss zu gewährleisten ^{3,25,29,31,79}.

Eine zusätzliche nasale Operation birgt jedoch die Risiken von Komplikationen, wie Austritt von cerebrospinalen Liquor^{80,81}, Meningitis, permanenter Diplopie, intraorbitale Hämatome, Verlust des Visus⁸⁰, Schädigung des Nervus opticus, Verlust der Augenbeweglichkeit und Ausbildung einer Fistel zwischen Sinus cavernosus und Arteria carotis interna⁸¹.

Eine weitere Maßnahme, um eine Migration des Röhrchens zu verhindern, kann eine zusätzliche Karunklektomie mit einer temporären Befestigung des Röhrchens an der Haut darstellen.

Dadurch wird der Innenflansch vom Gewebe ferngehalten, ein medialer Druck verhindert und ideale Voraussetzungen für die Epithelisierung und Heilung im Operationsgebiet geschaffen¹¹.

Mit dem Ziel, die Notwendigkeit von weiteren Interventionen zu vermeiden durch präzise, sichere und einfache Erstoperation, wurde die endoskopisch gesteuerte transkarunkuläre Diodenlaser gestützte SLJT-Implantation entwickelt und die Ergebnisse erstmalig in dieser Dissertationsschrift retrospektiv analysiert.

Diese modifizierte Technik ist in der Lage, die nasale Position für die Rhinostomie an der lateralen Nasenwand genau zu identifizieren und somit das intraoperative Trauma⁹, die postoperativen Komplikationen und die Reoperationsrate zu senken.

Des Weiteren zeigten sich in unserer Forschungsarbeit die häufigsten Komplikationen im Zusammenhang mit der Konjunktiva.

Diese umfassten Bindehautnarben, überschießendes konjunktivales Wachstum mit oder ohne Röhrchen-assoziiertem okulären Irritationsgefühl.

In 25%, das heißt in drei von zwölf Fällen, mussten diese Komplikationen mittels einer Bindehautrevision behandelt werden und in zwei Fällen (17%) lag bei der letzten Nachuntersuchung eine persistierend diskrete Augenreizung vor.

Kausal hierfür könnte eine zu kurze Röhrchenlänge, der durchgeführte konjunktivale Schnitt (siehe Abbildung 8), die umfangreiche submukosale Präparation oder eine inadäquate Größe des Außenflansches sein.

Als zweit häufigste Komplikation ergab sich sowohl bei Bagdonaite und Pearson⁸ als auch in unserer Forschungsarbeit ein zu langes oder ein aus der Caruncula lacrimalis stehendes Röhrchen, welches durch ein kürzeres ersetzt werden musste⁸.

Dies kann der Neuheit des Verfahrens geschuldet sein, bei der noch Routine in der Durchführung fehlt.

Eng damit verknüpft ist die Tatsache, dass noch keine einheitliche Leitlinie zur Röhrenchenlängenbestimmung definiert wurde und bis jetzt lediglich Empfehlungen aus Studienergebnissen ^{8,11} existieren.

5.5. Limitationen der Forschungsarbeit

Als primäre Limitation unserer Forschungsarbeit gilt das retrospektive, nicht vergleichende Design unserer Studie, was auf der Innovation des beschriebenen Verfahrens beruht ⁹.

Auch die auf 25 Monate begrenzte Nachbeobachtungsphase, beschränkt die Aussagekraft der gewonnenen Erkenntnisse.

Eine abschließende Beurteilung zeigt, dass sich der Vergleich von unserer Forschungsarbeit mit bereits bestehenden SLJT-Studien schwierig gestaltete.

Erstens, da Disparitäten vorlagen in Bezug auf die angewandte Operationstechnik, das Spektrum an Ätiologien der kanalikulären Tränenwegobstruktion, die Indikation für eine SLJT-Implantation, das Durchschnittsalter der Patient*innen und die Follow-up Dauer.

Zweitens wurde anders als in dieser Arbeit, in bisherigen Studien die SLJT-Implantation nicht als primäres sondern überwiegend als sekundäres Verfahren nach misslungener DCR beziehungsweise CDCR oder nach Dislokation des zuvor eingesetzten JTs angewandt ^{8,11}. Gründe hierfür könnten sein, dass nach erfolgloser DCR oder JT-Implantation bereits ein noch offenes knöchernes Ostium vorhanden ist und das Einsetzen des SLJTs erleichtert wird, da kein neuer Bypass geschaffen werden muss.

5.6. Erkenntnisse und Ausblick

In dieser Dissertationsschrift wurde die neuartige endoskopisch gesteuerte transkarunkuläre lasergestützte SLJT-Implantation bei kanalikulären Tränenwegobstruktionen präsentiert, welche nach bestem Wissen diese Technik und die SLJT-Implantation als primäre Operationsmethode retrospektiv untersucht.

Die SLJT-Implantation zeigt eine außerordentliche Wirksamkeit bei der Behandlung von Epiphora auf Grund schwerer kanalikulärer Tränenwegobstruktionen, eine hohe chirurgische Erfolgsrate und eine signifikant verringerte Komplikationsrate gegenüber des bestehenden Goldstandard-Verfahrens ¹¹.

Die lasergestützte Rhinostomie mit endoskopischer Visualisierung des Operationsgebietes generiert folgende Vorteile:

Einerseits ist der endonasal sichtbare durchleuchtende Laserstrahl eine Hilfestellung für die Chirurg*innen die intranasale Öffnung des Ostiums an der idealen Position zu fertigen. Dadurch kann das intraoperative Trauma minimiert, Komplikationen reduziert, eine Fehlpositionierung des Röhrchens verhindert und die chirurgische Erfolgsrate erhöht werden.

Andererseits besitzt die auf die Laserfaser Spitze beschränkte Energieabgabe einen hämostatischen Effekt und verhindert somit unnötigen Blutverlust.

Durch die angewandte neuartige transkarunkuläre Diodenlaser-Rhinostomie-Technik kann das Risiko von intra- beziehungsweise postoperativen Blutungen minimiert werden, da das Gewebe vaporisiert wird.

Insgesamt gestaltet sich die Haptik des Systems benutzerfreundlich und kann durch den minimal-invasiven Ansatz Verletzungen von umliegenden Strukturen vermeiden.

Zudem ist die Durchführung minimal-invasiv, sodass ein externer Hautschnitt und eine resultierende sichtbare Gesichtsnarbe obsolet wird.

Ausdrücklich hervorzuheben ist die Präzision durch die modifizierte endoskopische Durchführung, sodass eine exakte Positionierung des SLJTs möglich ist und dies besonders in Kombination mit dem Röhrchendesign des SLJTs eine potentielle Extrusion verhindern kann⁹.

Als essentielle Erkenntnisse zu betonen sind Sicherheit, Genauigkeit und Zeitersparnis dieser Technik als primäre Behandlung von kanalikulären Tränenwegobstruktionen.

Dadurch, dass die Hauptkomplikationen der bisherigen JTs, nämlich die hohe Röhrchenextrusion und die ungewollte Röhrchenmobilisation, durch die innovative Entwicklung des SLJTs auf ein Minimum gesenkt werden konnte, ergibt sich eine hohe Erfolgsrate in unserer sowie in vergangenen Studien, die das SLJT nutzten^{8,11}.

In jüngster Vergangenheit wurden lasergestützte Rhinostomien vermehrt etabliert, obwohl größer angelegte und damit aussagekräftigere Studien bezüglich der Wirksamkeit dieses Verfahrens bis jetzt noch nicht existieren^{3,10,82,83}.

Sowohl Endoskop als auch Diodenlaser scheinen hilfreich bei der endonasalen Inspektion, der exakten intraoperativen SLJT-Implantation und der postoperativen SLJT-Nachsorge zu sein.

Weitere Analysen der Ergebnisse bezüglich der lasergestützten Rhinostomie mit transkarunkulärer Diodenlaser Führung für die SLJT-Implantation sollten durchgeführt werden, um das Potenzial dieser Innovation als Alternative zu den herkömmlichen Verfahren zu bestimmen.

In Anbetracht der vielseitigen Vorteile des SLJTs in Kombination mit der beschriebenen endoskopischen lasergestützten Operationstechnik sollte dies in weiteren Studien als primäres Operationsverfahren durchgeführt werden, um die postoperative Versorgung zu vereinfachen und die Belastung der Patient*innen durch mehrfaches Einsetzen eines Röhrchens zu vermeiden.

Für künftige Forschungsprojekte auf dem von uns bearbeiteten Gebiet könnten folgende Ansätze von Interesse sein:

In Bezug auf den intranasalen Abstand zwischen Nasenschleimhaut und internen Flansch zeigten sich in der Literatur^{8,11} und in unserer Forschungsarbeit unterschiedliche Empfehlungen.

Deswegen sollten weiterführende Studien mit verschiedenen Patient*innen für eine einheitliche Röhrchenlängenbestimmung durchgeführt werden, um den optimalen Additionszuschlag zu der individuell gemessenen Länge zu definieren.

Da die häufigsten Komplikationen unserer Operationstechnik von konjunktivaler Natur waren, wäre es für zukünftige SLJT-Studien erstrebenswert, eine Lösung dieses Problems zu erwirken.

Mögliche Ansätze dafür könnten eine Alternative zur Vermeidung der verhältnismäßig großen Bindehautinzision und die Einführung eines lokal applizierten narbenvermeidenden Arzneimittels, wie das antimetabolische Mitomycin C, darstellen⁸⁴.

Geschuldet der Tatsache, dass es sich bei proximalen kanalikulären Obstruktionen um eine Krankheit mit sehr geringer Inzidenz handelt^{33,85}, war der Umfang der Stichprobe in unserer Studie relativ gering.

Daher würden künftige Studien von einer größeren Patientenzahl über einen längeren Zeitraum inklusive Vergleichsgruppe und einem prospektiven Studiendesign mit längerer Follow-up-Dauer sowie klar bestimmten Erfolgsraten profitieren.

Darüber hinaus sollte der Einfluss verschiedener Faktoren, wie die Ätiologie der kanalikulären Tränenwegobstruktionen, die Indikation für eine SLJT-Implantation, das Alter und die Vor- beziehungsweise Begleiterkrankungen der Patient*innen und die Röhrchenlänge des SLJTs bei der operativen SLJT-Implantation in weiteren Forschungsarbeiten größere Aufmerksamkeit gewidmet werden.

5.7. Kritische Würdigung

Abschließend lässt sich festhalten, dass es sich bei der hier beschriebenen endoskopisch gesteuerten transkarunkulären lasergestützten SLJT-Implantation als primäre Operationstechnik um eine vielversprechende Methode zur Therapie von schweren kanalikulären Tränenwegobstruktionen handelt, die durch eine hohe Erfolgsrate gepaart mit einer minimalen Extrusions- beziehungsweise Migrationsrate des Röhrchens überzeugt.

Auf Grund der endoskopischen Durchführung dieser Operation können sichtbare externe Gesichtsnarben umgangen werden und somit zu einem besseren kosmetischen Ergebnis führen im Vergleich zu dem bestehenden Goldstandard der externen CDCR bei proximalen kanalikulären Tränenwegobstruktionen.

Da Diodenlaser in der Lage sind, Gewebe zu vaporisieren, wird der operationsbedingte Blutverlust verringert und die dem Operationsgebiet unmittelbar anliegenden Strukturen geschont ⁹.

Das SLJT zeigte in bisherigen Studien eine Überlegenheit gegenüber anderen JTs bezüglich der Beständigkeit und der Komplikationen ^{8,11}.

Besonders die Durchführung dieses Verfahrens als primäre Operationsmethode scheint die Extrusionsrate zu verringern, da das Operationsgebiet nicht durch vorherige Eingriffe geschädigt ist.

In die Zukunft blickend sollte das beschriebene Verfahren als Erstoperation weiter etabliert und durch künftige Studien unterstützt werden, da es ein hohes Potential zu besitzen scheint, sich zum Goldstandard für die operative Primärbehandlung von schweren kanalikulären Tränenwegobstruktionen zu entwickeln.

6. Literaturverzeichnis

1. Steele EA. Conjunctivodacryocystorhinostomy with Jones tube: a history and update. *Curr Opin Ophthalmol* 2016; **27**(5): 439-42.
2. Jones LT. Conjunctivodacryocystorhinostomy. *Am J Ophthalmol* 1965; **59**: 773-83.
3. Athanasiov PA, Madge S, Kakizaki H, Selva D. A review of bypass tubes for proximal lacrimal drainage obstruction. *Surv Ophthalmol* 2011; **56**(3): 252-66.
4. Lim C, Martin P, Bengner R, Kourt G, Ghabrial R. Lacrimal canalicular bypass surgery with the Lester Jones tube. *Am J Ophthalmol* 2004; **137**(1): 101-8.
5. Welham R, Guthoff R. The Lester Jones tube: a 15-year follow-up. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol* 1985; **109**: 387-93.
6. Steinberg F, GUO Y, Koch KR, Heindl LM. Moderne, minimalinvasive Bypassoperationen der Tränenwege bei infrasakkalen und kanalikulären Tränenwegsstenosen. *Zeitschrift für praktische Augenheilkunde & augenärztliche Fortbildung* 2020; **41**: 11-6.
7. Bagdonaite L, Pearson AR. Twelve-Year Experience of Lester Jones Tubes-Results and Comparison of 3 Different Tube Types. *Ophthalmic Plast Reconstr Surg* 2015; **31**(5): 352-6.
8. Bagdonaite L, Pearson AR. Early Experience with the StopLoss Jones Tube. *Orbit* 2015; **34**(3): 132-6.
9. Guo Y, Koch KR, Heindl LM. Transcaruncular laser-assisted StopLoss Lester Jones tube surgery for lacrimal canalicular obstructions. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol* 2019; **257**(7): 1569-70.
10. Boboridis KG, Downes RN. Endoscopic placement of Jones lacrimal tubes with the assistance of holmium YAG laser. *Orbit* 2005; **24**(2): 67-71.

11. Timlin HM, Jiang K, Mathewson P, Manta A, Rubinstein T, Ezra DG. Long-Term Outcomes of StopLoss Jones Tubes for Epiphora in Patients With Early or Multiple Loss of Lester Jones Tubes. *Ophthalmic Plast Reconstr Surg* 2020; **36**(2): 127-31.
12. Eisenbach N, Karni O, Sela E, Nemet A, Dror A, Levy E, Kassif Y, Ovadya R, Ronen O, Marshak T. Conjunctivodacryocystorhinostomy (CDCR) success rates and complications in endoscopic vs non-endoscopic approaches: a systematic review. *International forum of allergy & rhinology* 2020.
13. Park J, Kim H. The Pre-Sac Reflux Test (PSRT): a new diagnostic test for presacal stenosis/obstruction. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol* 2016; **254**(10): 2057-64.
14. Park J, Kim H. Sequential probing and dilatation in canalicular stenosis. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol* 2015; **253**(11): 2007-13.
15. Avgitidou G, Koch KR, Heindl LM. Minimalinvasive Therapie von Tränenwegstenosen. *Klin Monatsbl Augenheilkd* 2017; **234**: 1183-95.
16. Paulsen F, Garreis F, Schicht M, Brauer L, Ali MJ, Sel S. Anatomy and physiology of the nasolacrimal ducts. *Hno* 2016; **64**(6): 354-66.
17. Heindl LM, Junemann AG, Kruse FE, Holbach LM. Tumors of the lacrimal drainage system. *Orbit (Amsterdam, Netherlands)* 2010; **29**(5): 298-306.
18. Ali MJ, Paulsen F. Human Lacrimal Drainage System Reconstruction, Recanalization, and Regeneration. *Curr Eye Res* 2020; **45**(3): 241-52.
19. Satchi K, McNab AA. Idiopathic Acquired Lacrimal Canalicular Obstruction. *Ophthalmic Plast Reconstr Surg* 2019; **35**(3): 266-8.
20. Liarakos VS, Boboridis KG, Mavrikakis E, Mavrikakis I. Management of canalicular obstructions. *Curr Opin Ophthalmol* 2009; **20**(5): 395-400.
21. Amin S, Emmerich KH, Meyer-Rusenber HW. Modern, minimally invasive surgery of the lacrimal duct system. *Hno* 2013; **61**(12): 1053-9; quiz 60.

22. Meyer-Rusenbergr HW, Emmerich KH. Modern lacrimal duct surgery from the ophthalmological perspective. *Dtsch Arztebl Int* 2010; **107**(14): 254-8.
23. Amin RM, Hussein FA, Idriss HF, Hanafy NF, Abdallah DM. Pathological, immunohistochemical and microbiological analysis of lacrimal sac biopsies in patients with chronic dacryocystitis. *Int J Ophthalmol* 2013; **6**(6): 817-26.
24. Heindl LM, Treutlein E, Junemann AG, Kruse FE, Holbach LM. Selective lacrimal sac biopsy for external dacryocystorhinostomy: a clinical pathological study. *Ophthalmologe* 2010; **107**(12): 1139-44.
25. Trotter WL, Meyer DR. Endoscopic Conjunctivodacryocystorhinostomy with Jones Tube Placement. *American Academy of Ophthalmology* 2000; **107**(6): 1206-9.
26. Rose GE, Welham R. Jones' lacrimal canalicular bypass tubes: Twenty-five years' experience. *Eye* 1991; **5**: 13-9.
27. Scawn RL, Verity DH, Rose GE. Can Lester Jones tubes be tolerated for decades? *Eye (Lond)* 2018; **32**(1): 142-5.
28. Sekhar GC, Dortzbach RK, Gonnering RS, Lemke BN. Problems Associated With Conjunctivodacryocystorhinostomy. *American Journal of Ophthalmology* 1991; **112**(5): 502-6.
29. Choi WC, Yang SW. Endoscopy-guided transcaruncular Jones tube intubation without dacryocystorhinostomy. *Jpn J Ophthalmol* 2006; **50**(2): 141-6.
30. Ali MJ, Honavar SG, Naik M. Endoscopically guided minimally invasive bypass tube intubation without DCR: evaluation of drainage and objective outcomes assessment. *Minim Invasive Ther Allied Technol* 2013; **22**(2): 104-9.
31. Fang CH, Patel P, Huang G, Langer PD, Eloy JA. Selective partial middle turbinectomy to minimize postoperative obstruction following Lester Jones tube placement. *Am J Otolaryngol* 2015; **36**(3): 330-3.
32. Heindl LM. Update on minimally invasive lacrimal drainage surgery. *Ophthalmologe* 2017; **114**(5): 396.

33. Nemet AY. The Etiology of Epiphora: A Multifactorial Issue. *Seminars in ophthalmology* 2016; **31**(3): 275-9.
34. Piškinienė R. Eyelid malposition: lower lid entropion and ectropion. *Medicina (Kaunas)* 2006; **42**(11): 881-4.
35. Hakim F, Phelps PO. Entropion and ectropion. *Disease-a-month : DM* 2020; **66**(10): 101039.
36. McEwen DR. Surgical treatment of dacryocystitis. *AORN journal* 1997; **66**(2): 268-70, 73, 75-8 passim; quiz 81.
37. Forl M, Busse H. Basic diagnostics of tear duct diseases. *Ophthalmologe* 2008; **105**(4): 346-50.
38. Paramanathan N, Nemet A, Lee SE, Bengner RS. A modified Jones test: lacrimal scintigram correlation. *Ophthalmic Plast Reconstr Surg* 2011; **27**(2): 81-6.
39. Osborne BJ, Liu GT, Newman NJ. Cranial Nerve II and Afferent Visual Pathways. *Textbook of Clinical Neurology* 2007; **3**: 113-32.
40. Jeng BH. Diagnostic Techniques in Ocular Surface Disease. *Ocular Surface Disease: Cornea, Conjunctiva and Tear Film*; 2013: 47-54.
41. Schünke M, Schulte E, Schumacher U, Voll M, Wesker KH. *Tränenapparat*: Thieme; 2012.
42. Koch KR, Cursiefen C, Heindl LM. Transcanalicular Laser Dacryocystorhinostomy: One-Year-Experience in the Treatment of Acquired Nasolacrimal Duct Obstructions. *Klin Monbl Augenheilkd* 2016; **233**(2): 182-6.
43. Mor JM, Matthaei M, Schrupf H, Koch KR, Bolke E, Heindl LM. Transcanalicular laser dacryocystorhinostomy for acquired nasolacrimal duct obstruction: an audit of 104 patients. *Eur J Med Res* 2018; **23**(1): 58.

44. Koch KR, Kuhner H, Cursiefen C, Heindl LM. Significance of transcanalicular laser assisted dacryocystorhinostomy in modern lacrimal drainage surgery. *Ophthalmologe* 2015; **112**(2): 122-6.
45. Kashkouli MB, Pakdel F, Kiavash V. Assessment and management of proximal and incomplete symptomatic obstruction of the lacrimal drainage system. *Middle East African journal of ophthalmology* 2012; **19**(1): 60-9.
46. Emerich KH, Luchtenberg M, Meyer-Rusenber HW, Steinhauer J. Dacryoendoskopie und Laserdacryoplastik: Technik und Ergebnisse. *Klin Monatsbl Augenheilkd* 1997; **211**: 375-9.
47. Kuchar A, Novak P, Pieh S, Fink M, Steinkogler FJ. Endoscopic laser recanalisation of presaccal canalicular obstruction. *Br J Ophthalmol* 1999; **83**(4): 443-7.
48. Emmerich KH, Ungerechts R, Meyer-Rüsenberg HW. Mikroendoskopische Tränenwegschirurgie. *Der Ophthalmologe* 2009; **106**(3): 194-204.
49. Koch KR, Cursiefen C, Heindl LM. Minimally invasive bypass surgery for nasolacrimal duct obstruction : Transcanalicular laser-assisted dacryocystorhinostomy. *Ophthalmologe* 2017; **114**(5): 416-23.
50. Yang SW, Park HY, Kikkawa DO. Ballooning canaliculoplasty after lacrimal trephination in monocanalicular and common canalicular obstruction. *Jpn J Ophthalmol* 2008; **52**(6): 444-9.
51. Lefebvre DR, Dhar S, Lee I, Allard F, Freitag SK. External dacryocystorhinostomy outcomes in patients with a history of dacryocystitis. *Digit J Ophthalmol* 2015; **21**(3): 1-22.
52. Fiorino MG, Quaranta-Leoni C, Quaranta-Leoni FM. Proximal lacrimal obstructions: a review. *Acta Ophthalmol* 2021.
53. Iliescu DA, Timaru CM, Alexe N, Gosav E, De Simone A, Batras M, Stefan C. Management of diplopia. *Romanian journal of ophthalmology* 2017; **61**(3): 166-70.
54. Ullrich K, Malhotra R, Patel BC. Dacryocystorhinostomy. StatPearls. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing Copyright © 2020, StatPearls Publishing LLC.; 2020.

55. Saeed BM. Endoscopic DCR: A 10 Years Personal Experience. *Indian journal of otolaryngology and head and neck surgery : official publication of the Association of Otolaryngologists of India* 2019; **71**(Suppl 3): 2039-43.
56. Hwang K, Kim JH. The Risk of Blepharoptosis in Contact Lens Wearers. *J Craniofac Surg* 2015; **26**(5): e373-4.
57. Lajmi H, Hmaied W, Ben Jalel W, Ben Romdhane K, Chelly Z, El Fekih L. Unilateral proptosis revealing a fronto-ethmoidal mucocele. *La Tunisie medicale* 2017; **95**(6): 449-51.
58. Olaleye O, Salleh S, David D, Bickerton R. Lacrimal sac compression by an anterior ethmoidal mucocele presenting as a late complication of dacryocystorhinostomy. *J Surg Case Rep* 2013; **2013**(2).
59. Migliori ME. Endoscopic evaluation and management of the lacrimal sump syndrome. *Ophthalmic Plast Reconstr Surg* 1997; **13**(4): 281-4.
60. Chang M, Baek S, Lee TS. A new lacrimal bypass tube fixation method to prevent tube displacement in conjunctivodacryocystorhinostomy (CDCR). *Br J Ophthalmol* 2012; **96**(5): 674-8.
61. Fan X, Bi X, Fu Y, Zhou H. The use of Medpor coated tear drainage tube in conjunctivodacryocystorhinostomy. *Eye (Lond)* 2008; **22**(9): 1148-53.
62. Mombaerts I, Colla B. Modified Jones' lacrimal bypass surgery with an angled extended Jones' tube. *Ophthalmology* 2007; **114**(7): 1403-8.
63. Pfeiffer M. Chirurgische Behandlung des medialen Epikanthus durch Hautersatz. *Klinische Monatsblätter für Augenheilkunde* 2016; **233**(01): 50-3.
64. Can I, Can B, Yarangümelı A, Gürbüz O, Tekelioglu M, Kural G. CDCR with buccal mucosal graft: comparative and histopathological study. *Ophthalmic surgery and lasers* 1999; **30**(2): 98-104.
65. Rokohl AC, Guo Y, Mor JM, Loreck N, Koch KR, Heindl LM. Intubation Systems in Lacrimal Drainage Surgery - a Current Overview. *Klin Monbl Augenheilkd* 2020; **237**(1): 20-8.

66. Yoon JM, Nam SW, Woo KI, Kim YD. Transcanalicular Diode Laser-Assisted Revision Surgery for Failed Dacryocystorhinostomy With or Without Distal or Common Canalicular Obstruction. *Ophthalmic Plast Reconstr Surg* 2018; **34**(3): 291-5.
67. Go Y, Park J, Kim K, Lee S. Comparison of Nonlaser Endoscopic Endonasal Revision Surgery and Diode Laser Transcanalicular Revision Surgery for Failed Dacryocystorhinostomy. *Journal of Craniofacial Surgery* 2015; **26**(3): 863-6.
68. Övet G, Sakarya Y, Şentürk M. A comparative study of transcanalicular diode laser supported endoscopic dacryocystorhinostomy and non-laser endoscopic dacryocystorhinostomy. *American Journal of Otolaryngology* 2016; **37**(6): 497-501.
69. Mourya D, Rijal RK. Transcanalicular laser-assisted dacryocystorhinostomy with diode laser. *Orbit* 2017; **36**(6): 370-4.
70. Ressiniotis T, Voros GM, Kostakis VT, Carrie S, Neoh C. Clinical outcome of endonasal KTP laser assisted dacryocystorhinostomy. *BMC Ophthalmol* 2005; **5**: 2.
71. Feijo ED, Caixeta JA, de Souza Nery AC, Limongi RM, Matayoshi S. A comparative study of modified transcanalicular diode laser dacryocystorhinostomy versus conventional transcanalicular diode laser dacryocystorhinostomy. *Eur Arch Otorhinolaryngol* 2017; **274**(8): 3129-34.
72. Graf M. FOX3-System-brochure. *ARC Laser* 2018; **3**: 1-6.
73. Corboz MR, Varty LM, Rizzo CA, Mutter JC, Rivelli MA, Wan Y, Umland S, Qiu H, Jakway J, McCormick KD, Berlin M, Hey JA. Pharmacological characterization of α_2 -adrenoceptor-mediated responses in pig nasal mucosa. *Autonomic & Autacoid Pharmacology* 2015; **23**: 208-19.
74. Kim ST, Jin LY, Ahn HB. Combination Surgery of Silicone Tube Intubation and Conjunctival Resection in Patients with Epiphora. *Korean J Ophthalmol* 2018; **32**(6): 438-44.
75. Widder RA, Rennings C, Rössler GF. [Open conjunctival revision after XEN45 gel stent implantation as a standardized procedure : A step by step guide. Video article]. *Der Ophthalmologe : Zeitschrift der Deutschen Ophthalmologischen Gesellschaft* 2020; **117**(8): 806-10.

76. Allen J, North JB, Wysocki AP, Ware RS, Rey-Conde T. Surgical care for the aged: a retrospective cross-sectional study of a national surgical mortality audit. *BMJ Open* 2015; **5**(5): e006981.
77. Kanonidou Z, Karystianou G. Anesthesia for the elderly. *HIPPOKRATIA* 2007; **11**(4): 175-7.
78. Beule AG. Physiology and pathophysiology of respiratory mucosa of the nose and the paranasal sinuses. *Laryngo- rhino- otologie* 2010; **89 Suppl 1**: S15-34.
79. Devoto MH, Bernardini FP, de Conciliis C. Minimally invasive conjunctivodacryocystorhinostomy with Jones tube. *Ophthalmic Plast Reconstr Surg* 2006; **22**(4): 253-5.
80. Kennedy DW, Shaman P, Han W, Selman H, Deems DA, Lanza DC. Complications of ethmoidectomy: A survey of fellows of the American Academy of Otolaryngology-Head and Neck Surgery. *Otolaryngology -Head and Neck Surgery* 1994; **111**(5): 589-99.
81. Maniglia AJ, Chandler JR, Goodwin WJ, Flynn J. Rare complications following ethmoidectomies: A report of eleven cases. *The Laryngoscope* 1981; **91**(8): 1234-44.
82. Mirza S, Al-Barmani A, Douglas S, al. e. A retrospective comparison of endonasal KTP laser dacryocystorhinostomy versus external dacryocystorhinostomy. *Clinical Otolaryngology & Allied Sciences* 2002; **27**(5): 347-51.
83. Watts P, Ram AR, Nair R, Williams H. Comparison of external dacryocystorhinostomy and 5-fluorouracil augmented endonasal laser dacryocystorhinostomy. A retrospective review. *Indian journal of ophthalmology* 2001; **49**(3): 169-72.
84. Henson RD, Henson RG, Jr., Cruz HL, Jr., Camara JG. Use of the diode laser with intraoperative mitomycin C in endocanalicular laser dacryocystorhinostomy. *Ophthalmic Plast Reconstr Surg* 2007; **23**(2): 134-7.
85. Woog JJ. The incidence of symptomatic acquired lacrimal outflow obstruction among residents of Olmsted County, Minnesota, 1976-2000 (an American Ophthalmological Society thesis). *Transactions of the American Ophthalmological Society* 2007; **105**: 649-66.

7. Anhang

7.1. Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Anatomie der ableitenden Tränenwege (modifiziert nach ¹⁵)	13
Abbildung 2: Schematische Darstellung der Klassifikation von kanalikulären Obstruktionen (modifiziert nach ¹⁸ und ²⁰)	15
Abbildung 3: Externe CDCR in Teilschritten (modifiziert nach ²)	23
Abbildung 4: Minimal-invasive endoskopisch gesteuerte JT-Implantation ohne DCR in Teilschritten (modifiziert nach ²⁹)	25
Abbildung 5: Fotografie eines StopLoss Jones Röhrchens (links) im Vergleich zu einem Jones Röhrchen (rechts) ¹¹	30
Abbildung 6: Fotografie der einzelnen Komponenten des Diodenlaser Systems (Fox; A. R. C. Laser, Nürnberg, Deutschland) ⁷²	32
Abbildung 7: Endoskopisch gesteuerte transkarunkuläre lasergestützte StopLoss Jones Röhrchen (SLJT) Implantation in Teilschritten	36
Abbildung 8: Erläuterung der Schnittführung zwischen Caruncula lacrimalis und Plica semilunaris conjunctivae (modifiziert nach ⁷⁴)	37
Abbildung 9: Präoperative Beschwerden	41
Abbildung 10: Verteilung der Ursachen für die kanalikulären Tränenwegobstruktionen der Patient*innen	41
Abbildung 11: Funktionelle Erfolge der endoskopisch gesteuerten transkarunkulären lasergestützten SLJT-Implantation	42

7.2. Tabellenverzeichnis

Tabelle 1:	Abmessung der ableitenden Tränenwege (modifiziert nach ¹⁶)	14
Tabelle 2:	Zusammenfassung klinischer und demografischer Merkmale der gesamten Kohorte	40

8. Vorabveröffentlichung von Ergebnissen

Guo Y, Rokohl AC, Kroth K, Li S, Lin M, Jia R, Heindl LM. Endoscopy-guided diode laser-assisted transcaruncular StopLoss Jones tube implantation for canalicular obstructions in primary surgery. *Graefe's Archive for Clinical and Experimental Ophthalmology* 2020; **258**(12): 2809-17.