

**Diplomarbeit**

**Netzhautabhebungsrate nach Makulachirurgie unter  
dem Aspekt der verwendeten Operationsinstrumente  
mittels retrospektiver Datenanalyse**

eingereicht von

**Marco Robert Köster**

zur Erlangung des akademischen Grades

**Doktor der gesamten Heilkunde  
(Dr. med. univ.)**

an der

**Medizinischen Universität Graz**

ausgeführt an der

**Universitäts-Augenklinik Graz**

unter der Anleitung von

Priv. Doz. Dr. med. univ. Domagoj Ivastinovic

Dr. Dr. med. univ. Wolfgang List

Graz, am 23.10.2023

*Eidesstattliche Erklärung*

*Ich erkläre ehrenwörtlich, dass ich die vorliegende Arbeit selbstständig und ohne fremde Hilfe verfasst habe, andere als die angegebenen Quellen nicht verwendet habe und die den benutzten Quellen wörtlich oder inhaltlich entnommenen Stellen als solche kenntlich gemacht habe.*

*Graz, am 23.10.2023*

*Marco R. Köster (eh.)*

## Danksagungen

Eine Diplomarbeit zu verfassen, das erste Mal richtig wissenschaftlich zu arbeiten, ist eine wunderbare Herausforderung. Manchmal erscheint es einem doch sehr viel, gerade in Zeiten, in denen andere Fächer, Prüfungen und Praktika auch ihre Zeit einfordern. Doch zum Glück haben mich auf meinem Wege viele wunderbare Personen begleitet, denen ich ausgesprochen dankbar bin. Angefangen bei meiner Familie, die mich, nicht nur in Bezug auf die Diplomarbeit, sondern mein gesamtes Leben, gefördert, geliebt und unterstützt hat. Ich weiß, was ich an Euch habe, und ich könnte nicht dankbarer und glücklicher sein, dass ihr zu mir und ich zu Euch gehöre. Insbesondere meinen Eltern möchte ich an dieser Stelle einen besonders großen Dank aussprechen: Mama und Papa, danke dass es Euch gibt. Auch bei meinem guten Freund und Mentor Max Brinkmann möchte ich mich an dieser Stelle herzlich bedanken. Bei Fragen und Problemen konnte ich mir jederzeit seiner Hilfe sicher sein. Ein wahres Privileg. Selbstverständlich wäre diese Arbeit ohne die Mithilfe von Priv. Doz. Dr. med. univ. Domagoj Ivastinovic und Dr. med. univ. Wolfgang List nicht möglich gewesen. An dieser Stelle vielen Dank für die Ruhe und Sympathie, die Sie mir, während dem Verfassen dieser Arbeit entgegengebracht haben. Bei Fragen und Problemen jeglicher Art standen Sie mir stets zur Seite. Dabei durfte ich von vielen großartigen Ratschlägen und Tipps, nicht nur in Bezug auf die Diplomarbeit, profitieren. Vielen Dank dafür! Ein großes Dankeschön geht auch an den Vorstand der Augenklinik Prof. Dr. med. univ. Andreas Wedrich, der einen großen Teil dazu beigetragen hat, dass sich der Wunsch Augenheilkunde als Fach erlernen zu wollen, in mir gefestigt hat. Schon von den Anfängen des Studiums hatte er stets ein offenes Ohr für meine Fragen und hat sich immer Zeit genommen, um mit mir zu reden. Auch an dieser Stelle: Vielen herzlichen Dank! Last but not least auch ein herzliches Dankeschön an Frau Dr. Gerit Wünsch vom Institut für medizinische Informatik und Statistik.

# **Zusammenfassung**

## **Ziel**

Das Ziel dieser Diplomarbeit ist es, die Komplikationsraten im Hinblick auf eine Netzhautabhebung in Abhängigkeit der unterschiedlichen Durchmesser der Operationsinstrumente (20, 23, 25 oder 27 Gauge) nach einer kombinierten Vitrektomie zur Behandlung von Makula Pucker zu evaluieren.

## **Methoden**

Alle Patient\*innendaten wurden mittels retrospektiver Datenanalyse aus dem Klinikinternen System EyMed, sowie aus Medocs erhoben und in eine Exceltabelle übertragen. Hauptparameter waren die Netzhautabhebungen, welche im Beobachtungszeitraum 2013-2021 an der Universitätsklinik für Augenheilkunde in Graz postoperativ nach kombinierter Vitrektomie aufgetreten sind. Dabei wurde analysiert, ob ein Zusammenhang zwischen den verwendeten Operationsinstrumenten und Netzhautabhebungen besteht. Nebenzielgrößen waren das Alter und das Geschlecht.

## **Ergebnisse**

Insgesamt wurden 1387 Augen zur Auswertung herangezogen. Im Beobachtungszeitraum kam es bei 5.5% (71 Augen) der Operationen zu postoperativen Netzhautabhebungen. Es zeigte sich keine Normalverteilung (Kolmogorov-Smirnov-Test  $p < 0.001$ ) des Alters. Die Population mit Netzhautabhebung war 3.2 Jahre jünger als die Population ohne Netzhautabhebung (Mann-Whitney-Test  $p < 0.001$ ). Nach Operationen mit 27-Gauge Instrumenten zeigte sich mit 4.9% die niedrigste Rate an postoperativen Netzhautabhebungen. Nach Operationen mit 20-Gauge lag die Rate an Netzhautabhebungen bei 7.7%. Es präsentierte sich zwar keine statistisch signifikante Korrelation zwischen dem verwendeten Instrumentendurchmesser und der Netzhautabhebung im Allgemeinen (Pearson-Chi-Quadrat  $p = 0.697$ ), im direkten Vergleich (Fisher-Exakt Test) von 20-Gauge mit 23-Gauge ( $p = 0.033$ ) und 20-Gauge mit 27-Gauge ( $p = 0.003$ ) zeigten sich allerdings statistisch hochsignifikante Unterschiede. Der Vergleich von 23-Gauge vs. 27-Gauge erreichte zwar keine statistische Signifikanz ( $p = 0.12$ ), es stellte sich jedoch eine statistische Tendenz zu weniger postoperativen

Netzhautabhebungen dar. Es konnte ein statistisch hochsignifikanter Zusammenhang zwischen männlichem Geschlecht und Netzhautabhebung (Pearson-Chi-Quadrat  $p=0.009$ ) festgestellt werden.

### **Schlussfolgerung**

Kleinere Operationsinstrumente führen tendenziell zu weniger postoperativen Netzhautabhebungen. Das Alter und Geschlecht stehen in einem Zusammenhang mit postoperativen Netzhautabhebungen. Junge Patient\*innen und Männer haben ein höheres Risiko für eine postoperative Netzhautabhebung.

## **Abstract**

**Aim:** The aim of this thesis is to evaluate the complication rates regarding retinal detachment depending on the different diameters of the surgical instruments (20, 23, 25 or 27 gauge) after a combined vitrectomy for the treatment of Macular Pucker.

**Methods:** All patient data was collected using retrospective data analysis from the clinic's internal system EyMed and Medocs and transferred to an Excel table. The main parameters were the retinal detachments that occurred postoperatively after combined vitrectomy in the observation period 2013-2021 at the Department of Ophthalmology, Medical University Graz. It was analyzed whether there is a connection between the surgical instruments used and retinal detachments. Secondary outcome measures were age and gender.

**Results:** A total of 1387 eyes were used for evaluation. During the observation period, postoperative retinal detachments occurred in 5.5% (71 eyes) of the operations. There was no normal distribution (Kolmogorov-Smirnov test  $p < 0.001$ ) of age. The population with retinal detachment was 3.2 years younger than the population without retinal detachment (Mann-Whitney test  $p < 0.001$ ). After operations with 27-gauge instruments, the lowest rate of postoperative retinal detachment was 4.9%. After 20-gauge surgery, the rate of retinal detachment was 7.7%. Although there was no statistically significant correlation between the instrument diameter used and the retinal detachment in general (Pearson chi-square  $p = 0.697$ ), in a direct comparison (Fisher exact test) of 20-gauge with 23-gauge ( $p = 0.033$ ) and 20-gauge with 27-gauge ( $p = 0.003$ ), however, there were statistically highly significant differences. The comparison of 23-gauge vs. 27-gauge did not reach statistical significance ( $p = 0.12$ ), but there was a statistical trend towards fewer postoperative retinal detachments. A statistically highly significant connection was found between male gender and retinal detachment (Pearson-Chi -squared  $p = 0.009$ ).

**Conclusion:** Smaller surgical instruments tend to result in fewer postoperative retinal detachments. Age and gender are related to postoperative retinal detachments. Young patients and men have a higher risk of postoperative retinal detachment.

## **Angabe von bereits erfolgten Veröffentlichungen**

Es sind keine bereits erfolgten Veröffentlichungen vorhanden.

# Inhaltsverzeichnis

<b>Einleitung</b> .....	<b>13</b>
<b>1.1 Anatomie des Auges</b> .....	<b>14</b>
1.1.1 Vorderabschnitt.....	14
1.1.2 Hinterabschnitt und Retina .....	17
1.1.3 Glaskörper.....	21
<b>1.2 Makula Pucker (Epiretinale Gliose)</b> .....	<b>22</b>
1.2.1 Pathogenese .....	23
1.2.2 Diagnostik.....	25
1.2.3 Pars Plana Vitrektomie .....	28
<b>1.3 Netzhautabhebung (Amotio retinae)</b> .....	<b>35</b>
1.3.1 Risikofaktoren.....	35
1.3.2 Ätiologie .....	35
1.3.3 Klinik .....	36
1.3.4 Therapie .....	37
<b>1.4 Ziel der Diplomarbeit</b> .....	<b>38</b>
<b>2 Material und Methoden</b> .....	<b>38</b>
<b>2.1 Ein- und Ausschlusskriterien</b> .....	<b>38</b>
<b>2.2 Parameter</b> .....	<b>38</b>
<b>2.3 Studienplan</b> .....	<b>39</b>
<b>2.4 Statistische Analyse</b> .....	<b>39</b>
<b>3 Ergebnisse – Resultate mit graphischen Darstellungen</b> .....	<b>40</b>
<b>3.1 Studienkollektiv</b> .....	<b>40</b>
<b>3.2 Absolute Häufigkeit der durchgeführten Makula Pucker Operationen</b> .....	<b>41</b>
<b>3.3 Absolute Häufigkeit der Gauge-Größen pro Jahr</b> .....	<b>42</b>
<b>3.4 Netzhautabhebungen</b> .....	<b>42</b>
<b>4 Diskussion</b> .....	<b>46</b>
<b>4.1 Vergleichende Erläuterungen, kritische Reflexion/Einschränkungen zu Inhalt und Methode</b> .....	<b>50</b>
<b>4.2 Schlussfolgerung</b> .....	<b>50</b>

5 *Literaturverzeichnis*..... 51

## **Abkürzungen und deren Erklärung**

N. ... Nervus

HGA/PVD ... Hintere Glaskörperabhebung/posterior vitreous detachment

OCT ... Optische Kohärenz Tomographie

PPV ... Pars Plana Vitrektomie

OD ... Oculus dexter

OS ... Oculus sinister

IRH ... Intra Retinal Hemorrhage

Fundus ... Fundus oculi (=Augenhintergrund)

ERM ... Epiretinale Membran(en)

ZAV ... Zentralarterienverschluss

CFT ... Zentraler Fovealer Durchmesser

## Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Auge schematisch (Erworben und zur Verfügung gestellt von Priv-Doz. Dr. med. univ. Domagoj Ivastinovic) .....	14
Abbildung 2: Querschnitt Retina; Histologisch (Grehn, letzter Zugriff 02. September 23)	18
Abbildung 3: Physiologischer Dicke der Makula, OS (Zur Verfügung gestellt von der Klinik für Augenheilkunde, LKH-Univ. Klinikum Graz).....	19
Abbildung 4: Physiologische Konfiguration der Makula mit fovealer Einziehung, OS (Zur Verfügung gestellt von der Klinik für Augenheilkunde, LKH-Univ. Klinikum Graz).....	20
Abbildung 5: Fundusfoto Makula Pucker, OD (Verdick and Chin, letzter Zugriff 02. September 23).....	22
Abbildung 6: Diffuses Makulaödem (rot), OD (Zur Verfügung gestellt von der Klinik für Augenheilkunde, LKH-Univ. Klinikum Graz).....	26
Abbildung 7: Diffuses Makulaödem (rot) Jahr 1 vs. Jahr 4 gleicher Patient, OD (Zur Verfügung gestellt von der Klinik für Augenheilkunde, LKH-Univ. Klinikum Graz).....	27
Abbildung 8: OCT ERM, OD (Zur Verfügung gestellt von der Klinik für Augenheilkunde, LKH-Univ. Klinikum Graz) .....	28
Abbildung 9: Gauge Größen (Idrees et al., 2019, letzter Zugriff 02. September 23).....	30
Abbildung 10: Sklerale Ports für PPV (Intraoperativ); Kunstlinse (Zur Verfügung gestellt von der Klinik für Augenheilkunde, LKH-Univ. Klinikum Graz).....	31
Abbildung 11: Nach Entfernung der Trokare (Intraoperativ); kleine Blutung (Zur Verfügung gestellt von der Klinik für Augenheilkunde, LKH-Univ. Klinikum Graz).....	32
Abbildung 12: Anfärben der ERM (Intraoperativ) (Zur Verfügung gestellt von der Klinik für Augenheilkunde, LKH-Univ. Klinikum Graz) .....	33
Abbildung 13: Peeling der ERM (Intraoperativ); der weiße Pfeil markiert die bereits gepeelte ERM (Zur Verfügung gestellt von der Klinik für Augenheilkunde, LKH-Univ. Klinikum Graz).....	34
Abbildung 14: Netzhautabhebung, rhegmatogen (Montague and Vislisel (Figure 2), letzter Zugriff 02. September 23) .....	36
Abbildung 15: Verwendete Gauge-Größen (2013-2021).....	40
Abbildung 16: Absolute Fallzahlen Makula Pucker Operationen.....	41
Abbildung 17: Verwendete Gauge-Größen pro Jahr .....	42

## Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Gauge-Größen, Absolute Operationen und Anteil in Prozent.....	40
Tabelle 2: Gauge-Größen in absoluten Zahlen; Anteil in Prozent .....	42
Tabelle 3: Gauge-Größen und Netzhautabhebung; Pearson Chi Quadrat.....	43
Tabelle 4: Gauge-Größen und postoperative Netzhautabhebung in Prozent .....	44
Tabelle 5: Fisher-Exakt-Test mit p-Werten.....	44
Tabelle 6: Geschlecht und Netzhautabhebung; Pearson Chi Quadrat.....	45

## Einleitung

Das Sehen ist essenziell für die Interaktion mit anderen Menschen und unserer Umwelt. Funktionell kann das Auge in fünf Aspekte eingeteilt werden. Die Hauptaufgabe kommt der Lichtrezeption zuteil. Mit der Netzhaut (Retina), dem Sehnerven (N. Opticus) und den beiden Strukturen dienlichen Elementen wie der Aderhaut (Chorioidea), Gefäßen und dem retinalen Pigmentepithel (RPE), dienen sie der Wahrnehmung von Licht. Die Retina ist eine Wandausstülpung des zweiten sekundären Hirnbläschens (Zwischenhirn, Diencephalon) (Anderhuber et al., 2012, S.888) (Waldeyer, Netzhaut/Retina S.888). Trifft das Licht auf die Netzhaut, und schließlich auf die Außenglieder der Photorezeptoren, wird mittels Phototransduktion (Prozess, bei welchem molekulare Vorgänge durch Photorezeptoren ausgelöst werden) die Erregung der Rezeptoren mit angeschlossenen Nervenzellen initiiert. Die lichtleitenden Medien mit Zusatzfunktion der Akkommodation (Scharfstellung), darunter Hornhaut, Vorderkammer, Iris, Linse, Ziliarkörper mit Zonula-Apparat und Glaskörper sind für die Durchlässigkeit des Lichtimpulses und damit einem ungestörten und fokussierten Auftreffen auf die Netzhaut unumgänglich. Um die Augen ausreichend zu tonisieren, und damit Form und Funktion der beteiligten Strukturen zu wahren, dient das Flüssigkeitssystem mit Kammerwasser. Es hält den Augendruck durch ständigen Zu- und Abfluss von Kammerwasser, welches einem Lymphäquivalent entspricht (Anderhuber et al., 2012, S.873), konstant in einem physiologischen Bereich zwischen 10-21mmHg. Der Lid und Tränenapparat hat die Aufgabe, mittels der Augenlider, den Tränenrüsen, dem mehrschichtig aufgebauten Tränenfilm sowie der Tränenabflusswege die Augen vor mechanischer Irritation zu schützen und die Oberfläche des Auges stets sauber und feucht zu halten. Der Bewegungsapparat hat die Aufgabe mit Hilfe der sechs äußeren Augenmuskeln (davon vier gerade: M. rectus inferior, lateralis, medialis und superior; und zwei schräge: M. obliquus superior und obliquus inferior) die Möglichkeit der Augenbewegungen sicherzustellen. Umgeben ist das Auge dabei innerhalb der Orbita von der Tenonkapsel, welche eine bindegewebige Faszie darstellt. (Schumacher and Aumüller, 2004, S.96)

Um sehen zu können bedarf es einer zentralen Verarbeitung der weitergeleiteten Information im visuellen Kortex.

## 1.1 Anatomie des Auges

Das menschliche Auge ist paarig angelegt und liegt in der knöchernen Orbita. Der Bulbus (Augapfel) ist in der Regel beim Erwachsenen 24 mm lang und besitzt eine nahezu kugelförmige Gestalt. Die Wand des Bulbus ist in drei Hauptteile aufgeteilt: In Sklera (Lederhaut), Chorioidea (Aderhaut) und Retina (Netzhaut). Die äußerste Hülle des Auges entfällt dabei auf die Sklera, welche dem Auge durch die derbe, bindegewebige Struktur seine charakteristische Form verleiht. Nach vorne geht die Sklera in die durchsichtige Hornhaut (Kornea) über, um dem Licht den Eintritt ins Innere des Auges zu ermöglichen.

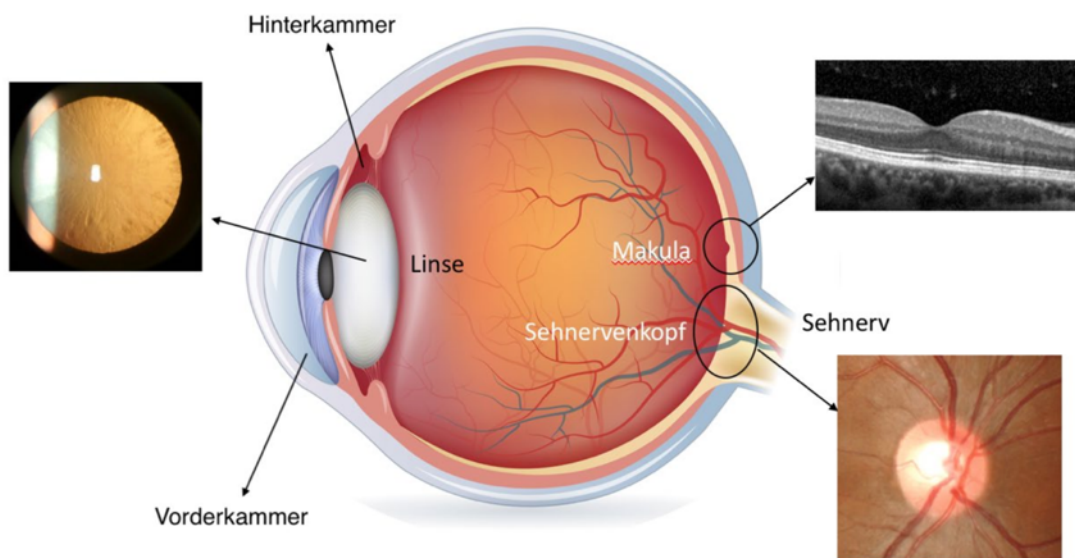


Abbildung 1: Auge schematisch (Erworben und zur Verfügung gestellt von Priv-Doz. Dr. med. univ. Domagoj Ivastinovic)

### 1.1.1 Vorderabschnitt

Die Hornhaut hat verschiedene Funktionen. So schützt sie, ähnlich wie die Sklera, das Innere des Auges und hat von allen brechenden Medien im Auge die größte Brechkraft mit circa 43 Dioptrien ( $\frac{2}{3}$  der Gesamtbrechkraft). Nur mit einer gleichmäßig geformten Oberfläche können die Lichtstrahlen so gebündelt werden, dass sie auf der Netzhaut im Bereich des schärfsten Sehens projiziert werden. Die Kornea ist konvex und asphärisch geformt, mit einer zentralen Dicke von circa  $550\mu\text{m}$  und einer peripheren Dicke von  $620\mu\text{m}$ . (Feizi et al., 2014) Im Querschnitt erscheint die Hornhaut von außen nach innen:

mehrschichtig nicht verhornendes Plattenepithel, Bowman-Membran / Lamina limitans anterior (eine robuste Membran aus kollagenem Bindegewebe, auf welcher die Basalzellen des Epithels aufliegen und mittels Hemidesmosomen verankert sind), Hornhautstroma (Kollagen Typ I und III), der Descemet Membran / Lamina limitans posterior (besonders widerstandsfähige Schicht aus elastischen Fasern und Kollagen (Typ VIII und Laminin) und dem einschichtigen Endothel, welches der Descemet Membran anliegt. Das Stroma ist durchsichtig, weil die Hornhautfibrillen eine konstante Dicke aufweisen und innerhalb einer Hornhautlamelle exakt parallel angeordnet sind. Das Endothel hat die Aufgabe, dem Hornhautstroma überflüssiges Wasser zu entziehen. Bei einem Überschuss an Wasser quillt das Stroma auf und es kommt zu einer weißlichen Verfärbung der Hornhaut. Bei einer normalen Zelldichte von 3500 Zellen/mm<sup>2</sup> hat das Endothel die Besonderheit, dass es bei einem etwaigem Zelluntergang nicht suffizient regenerieren kann. Ab einer Zelldichte von 800 Zellen/mm<sup>2</sup> ist das Endothel in seiner Funktion deutlich eingeschränkt, wodurch es zur Hornhautödembildung kommt. (Grehn, 2019)

Zwischen Hornhaut und Sklera befindet sich eine kleine Rinne, die als Limbus Cornae (wichtiger Orientierungspunkt in der Ophthalmochirurgie) bezeichnet wird.

Hinter der Vorderkammer (Abb. 1), welche sich der Hornhaut nach innen anschließt, folgt die Iris. Die Iris (Regenbogenhaut, sie gibt jedem Menschen eine ganz individuelle Farbe und Struktur der Augen) dient als Blende, welche den Lichteinfall und die Tiefenschärfe regelt. Im Aufbau zeigt sich die Regenbogenhaut mit einer pigmentierten fibrovaskulären (Bindegewebe und Gefäße) Schicht, auch als Stroma iridis bezeichnet, und darunter aus einer Schicht von pigmentierten Epithelzellen. Diese pigmentierte Schicht hat die Aufgabe, eine gewünschte Menge an Licht ins Augeninnere zu lassen. Die Iris bildet den vordersten Abschnitt der Uvea. Zentral der Iris findet sich die Pupille, welche als Aussparung derselben verstanden werden kann. Das Stroma ist wiederum mit dem Musculus sphincter pupillae verbunden, welcher die Aufgabe hat, die Pupille in einer kreisförmigen Bewegung zirkulär zu verkleinern. Sein Gegenspieler, der Musculus dilatator pupillae, hat die genau entgegengesetzte Aufgabe. Es handelt sich bei genannten Muskeln um glatte Muskulatur. Der äußere Rand der Iris, welcher mit dem Ziliarkörper verbunden ist, wird auch als Iriswurzel bezeichnet. Von zentral nach peripher nimmt die Dicke der Iris ab. (Gold and Lewis, 2010, S.396) Der Iriswurzel liegt das Trabekelmaschenwerk an, welches für den kontinuierlichen Abfluss des Kammerwassers sorgt.

Der Ziliarkörper ist eine ringförmige Struktur des Auges, welche die hintere Augenkammer vom Glaskörper trennt. Er beinhaltet den Ziliarmuskel, Gefäße und Bindegewebe. Für die Produktion von Kammerwasser hat der Ziliarkörper einen Processus Ciliaris, einen faltigen Fortsatz mit Epithelzellen. Das Kammerwasser, welches über die Pupille in die Vorderkammer fließt, dient der Ernährung und Bereitstellung von Sauerstoff, Nährstoffen und der Abfuhr von Abfallprodukten durch metabolische Prozesse für die Linse und der Hornhaut. Dabei werden 80% des Kammerwassers mittels aktiver Sekretion durch Natrium-Kalium-ATPase (spezifisches Enzym), welches einen osmotischen Gradienten für die Passage von Wasser in die hintere Kammer erstellt, erzeugt. Circa 20% des Kammerwassers entstehen durch die Ultrafiltration von Blutplasma. (Murgatroyd and Bembridge, 2008, S.100) Der Ziliarkörper ist mit der Linse über Zonula-Fasern verbunden. Über diese Fasern und den Ziliarmuskel ist es dem menschlichen Auge möglich, mittels Verformung der Linse die Brechkraft zu verändern und somit eine Nah und Ferneinstellung vorzunehmen. Bei dieser Form der Anpassung spricht man von der Akkommodation. In der Praxis kommt es bei einem Anspannen des Ziliarmuskels zu einer Erschlaffung der Zonula-Fasern und die Linse wird konvexer, was für das Sehen im Nahbereich notwendig ist. Vice versa verhält sich die Linse bei einem Entspannen des Ziliarmuskels: Die Zonula-Fasern spannen sich und die Linse wird abgeflacht, die Brechkraft sinkt und das Auge stellt sich damit für das Sehen in der Ferne ein.

#### **1.1.1.1 Linse**

Der Linse (Abb. 1) kommt, zusätzlich zur allgemeinen Brechung des Lichtes, eine Sonderrolle zu. Sie dient aufgrund ihrer Verformbarkeit ebenfalls der Fokussierung, sowohl im Nahbereich als auch in der Ferne. Die menschliche Linse ist eine nahezu transparente bikonvexe Struktur, welche sich anatomisch hinter der Iris befindet. Die Krümmung ist im posterioren Bereich stärker als nach anterior. Nach hinten wird die Linse vom Glaskörper bedeckt. Sie hat dabei beim Erwachsenen eine Länge von 10mm und eine variable Dicke von 4mm. Dabei verändert sich die Linse mit steigendem Lebensalter zunehmend. (Forrester et al., 2002, S.28) Die Linse besteht aus drei Hauptteilen: Der Linsenkapsel, Rinde und Kern. Zusammen mit der Hornhaut bildet sie den Dioptrischen Apparat. Mit einer Brechkraft von 20 Dioptrien in Fernakkommodation hat sie nach der Kornea die stärkste Brechkraft des Auges. Mit einem Brechungsindex von 1,42 im Erwachsenenalter kommt es mit steigendem Alter zunehmend zu einer Abnahme

desselben. Dabei spricht man von einer Myopisierung (Myopie = Kurzsichtigkeit). Dazu kommt ein stetiger Wasserverlust im Laufe des Lebens, sowie ein Wachstum des Linsenkerns, welche die Eigenelastizität zunehmend beeinträchtigen, wodurch es ab der 5. Lebensdekade zu erschwerter Fokussierung in der Nähe (= Presbyopie bzw. Altersweitsichtigkeit) kommt. Die Linse hat weder Blutgefäße noch Nerven, dementsprechend ist sie auf die Ernährung mittels Kammerwasser, primär über Diffusion, angewiesen.

#### **1.1.1.2 Konjunktiva**

Nach außen, wird der Augapfel von einer Bindehaut (conjunctiva bulbi) überlagert, welche über Umschlagfalten auf das Innere der Lider (conjunctiva tarsi) übergeht. Zentral reicht die Bindehaut bis zum Limbus Cornae, welcher ein Überwachsen der Kornea mit Bindehaut verhindert. Des Weiteren beinhaltet der Limbus Cornae Stammzellen für das Epithel und Endothel der Kornea und dient damit der Regeneration. Die Konjunktiva hat eine Vielzahl von Aufgaben, sie dient als Verschiebeschicht zum reibungslosen Gleiten der Augen bei Bewegung, besitzt akzessorische Tränendrüsen und Becherzellen, welche für den mehrschichtigen Tränenfilm eine entscheidende Rolle spielen.

#### **1.1.2 Hinterabschnitt und Retina**

Die Chorioidea, welche sich der Sklera nach innen anschließt, besitzt primär Versorgungsaufgaben. Sie besteht von innen nach außen aus folgenden Schichten: Innen liegt ein elastisches Kollagenfasergeflecht, welches auch als Bruch-Membran oder Lamina elastica bezeichnet wird, anschließend die Choriokapillaris welche eine Struktur aus zahlreichen, gefensterten Kapillaren mit vielen Anastomosen darstellt und schließlich die Lamina vasculosa, welche die größeren Gefäße, in erster Linie größere Venen, enthält. Zu den Aufgaben der Chorioidea zählt die Ernährung der Fotorezeptoren und die Temperaturregulation, um die bei fotochemischen Prozessen entstandene Wärme abzuleiten. Zusammen mit der Iris und dem Ziliarkörper bilden sie die Tunica vasculosa, welche auch als Uvea bezeichnet wird.

Der innerste Teil des zwiebelartig aufgebauten Auges bildet die Retina, welche wiederum aus einem sensorischen Teil (Sinnes- und Stützzellen) sowie dem retinalen Pigmentepithel (RPE) und der Bruchmembran besteht. Die Netzhaut weist dabei eine charakteristische

Gliederung auf. Im Querschnitt zeigt sich innen an den Glaskörper grenzend die Innere Grenzmembran (ILM). Anschließend folgt die Nervenfaserschicht (auch als RNFL „Retinal Nerv Fiber Layer“ bezeichnet), die Ganglienzellschicht, innere plexiforme-, innere Körner-, sowie die äußere plexiforme- und äußere Körnerzellschicht mit angrenzender äußeren Grenzmembran (Abb. 2). Nach einer im OCT gut sichtbaren Ellipsoiden-Zone, welche den Übergang zwischen Innen und Außensegmenten darstellt, sieht man das retinale Pigmentepithel (RPE).

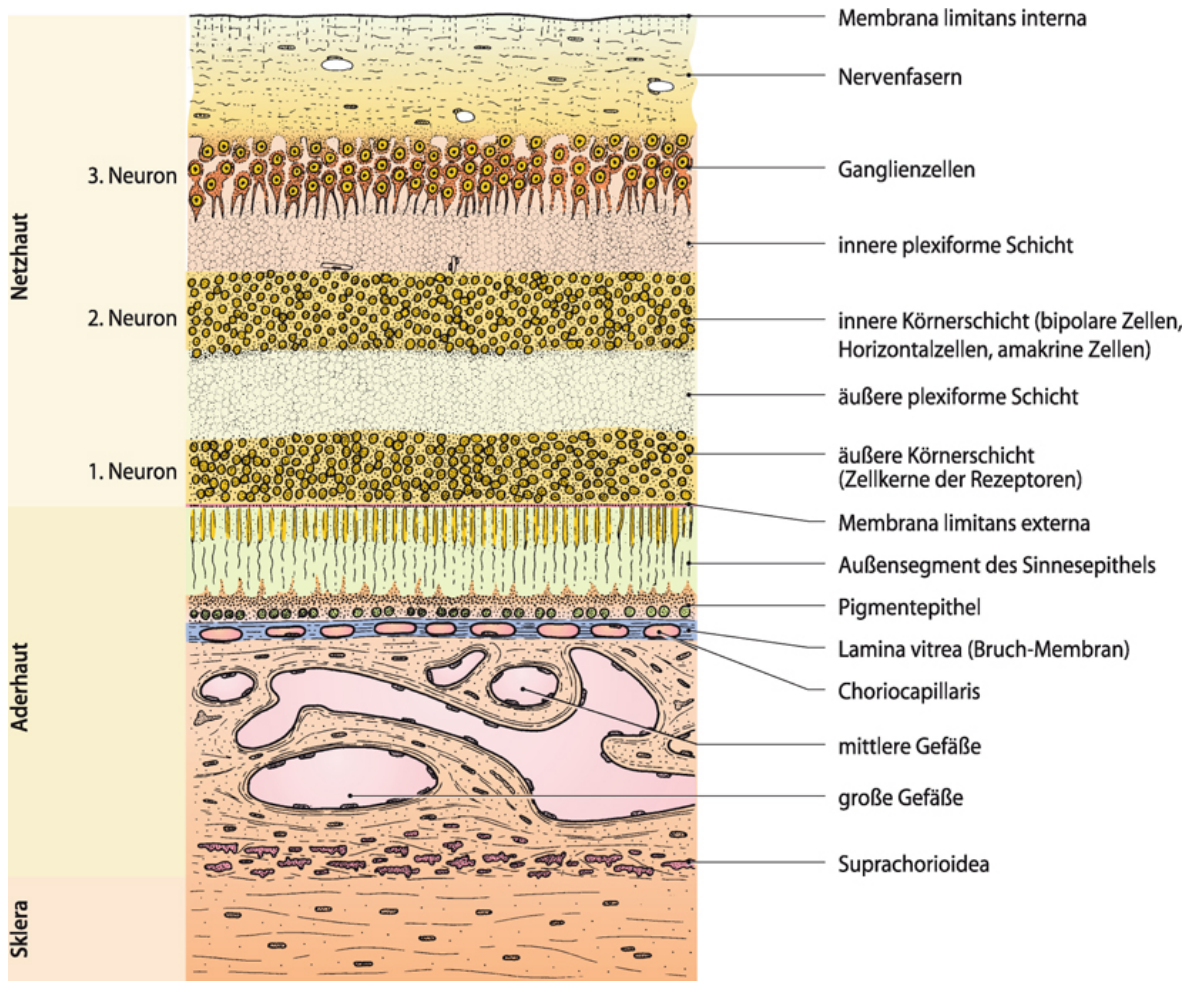


Abbildung 2: Querschnitt Retina; Histologisch (Grehn, letzter Zugriff 02. September 23)

Das retinale Pigmentepithel besteht aus einer einschichtigen Zellschicht, welche sich von der Papille bis zur Ora Serrata (auch als Z-Linie bekannt, Übergang zwischen der pars optica retinae und der pars caeca retinae) erstreckt. Dort geht das retinale Pigmentepithel in das Pigmentepithel des Ziliarkörpers über. Die Aufgaben des RPE sind Vitamin-Stoffwechsel, Sicherung der äußeren Blut-Retina Schranke, Phagozytose der äußeren Segmente der Photorezeptoren, Absorption von Licht und somit Reduktion von Streulicht,

Wärmeaustausch, Produktion der Mukopolysaccharid-Matrix welche die äußeren Segmente der Photorezeptoren umgeben und der aktive Transport von Material ins RPE hinein und auch wieder hinaus.

Eine Sonderrolle kommt der Makula zu Teil. Die Makula, im deutschen auch als Gelber Fleck, oder Macula lutea (Abb. 1) bezeichnet ist ein Areal im zentralen Bereich der Netzhaut, welche mittig in der Sehachse des Auges liegt und für das scharfe Sehen essenziell ist. Hier erreichen die farbempfindlichen Sehzellen (Zapfen-Zellen) ihre größte Dichte innerhalb der Netzhaut. Im Zentrum der Makula befindet sich wiederum die Sehgrube (Fovea Centralis). Die Macula lutea hat circa einen Durchmesser von 3 – 5mm. Die normale Dicke der Makula beträgt bei SD-OCT Aufnahme  $<320\mu\text{m}$  (Abb. 3).

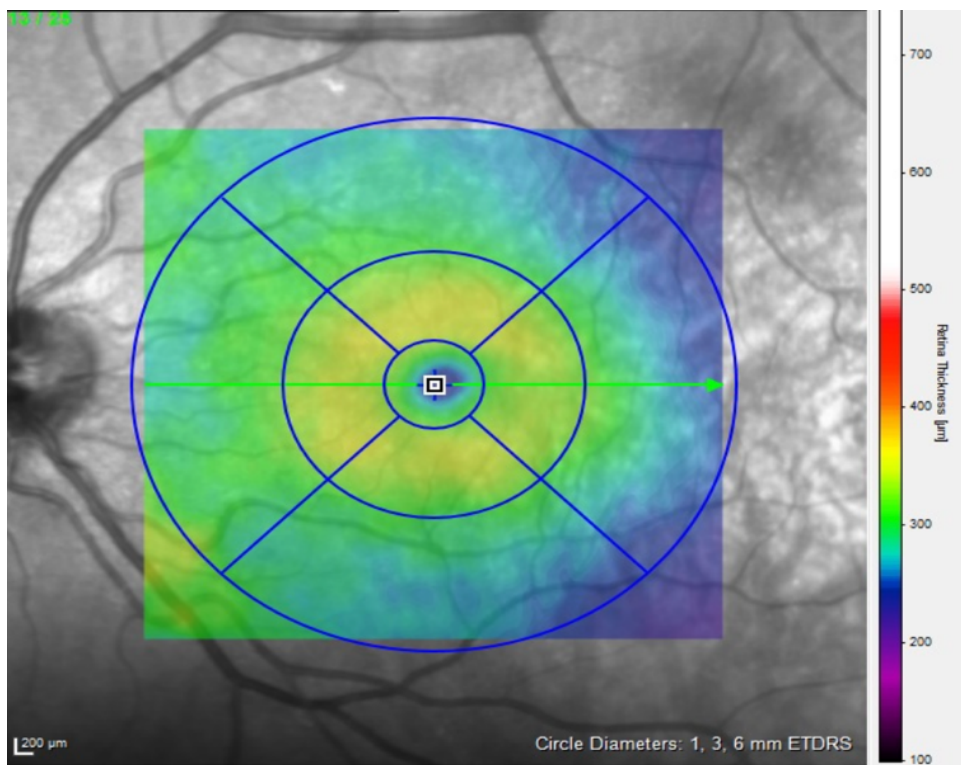


Abbildung 3: Physiologischer Dicke der Makula, OS (Zur Verfügung gestellt von der Klinik für Augenheilkunde, LKH-Univ. Klinikum Graz)

Abbildung 4 zeigt links ein Infrarotfoto der Macula lutea eines linken Auges. Auf der rechten Seite ist ein Schnittbild mit physiologischer fovealer Kontur zu sehen. Der Glaskörper ist bereits abgehoben.

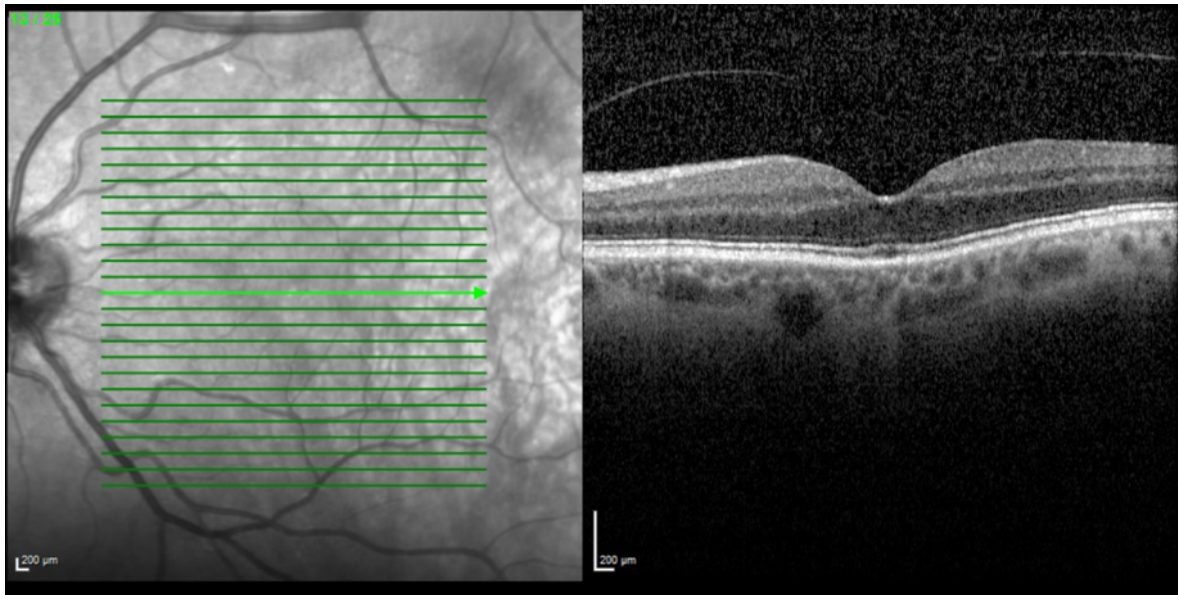


Abbildung 4: Physiologische Konfiguration der Makula mit fovealer Einziehung, OS (Zur Verfügung gestellt von der Klinik für Augenheilkunde, LKH-Univ. Klinikum Graz)

### 1.1.2.1 Photorezeptoren

Das Einfangen und Umwandeln geringer Energiemengen von Licht mit anschließender neuraler Reaktion unterscheidet die Netzhaut von allen anderen Strukturen des menschlichen Körpers. Dieser spezifische Prozess findet innerhalb der eigens darauf spezialisierten Organellen der Photorezeptoren im äußeren Segment statt. Dabei wird bei Photorezeptoren in Stäbchen- und Zapfenzellen differenziert. Das äußere Segment der Stäbchenzellen, welche für das Sehen in Dunkelheit und Dämmerung wichtig sind, besteht fast zur Gänze aus Plasmamembranmaterial in Form von Membransäckchen. 1000 solcher Säckchen befinden sich innerhalb eines solchen äußeren Segments einer Stäbchenzelle, in welchem es wiederum circa eine Millionen Rhodopsinmoleküle gibt. Rhodopsin ist ein Rezeptormolekül (G-Protein-gekoppelt), welches als einer der vier Sehfärbstoffe fungiert. Es kommt vor allem in Stäbchenzellen in hoher Konzentration vor und ist sehr lichtsensitiv. Daher ist es für das skotopische (in der Nacht und in Dunkelheit) und mesopische (Dämmerung), monochromatische Sehen verantwortlich.

Die Zapfenzellen sind ebenfalls Photorezeptoren, dienen jedoch der Wahrnehmung von Farben. Sie reagieren dabei auf unterschiedliche Wellenlängen von Licht. Die Kombination aus der Aktivierung von mehrerer dieser Zapfenzellen ist verantwortlich für das Farbsehen. Zapfenzellen funktionieren am besten bei hellen Lichtverhältnissen, man

spricht vom photopischen Sehen. Es gibt ungefähr sieben Millionen Zapfenzellen in einem menschlichen Auge. Im Vergleich dazu existieren circa 90 Millionen Stäbchenzellen pro Auge. Die Dichte der Zapfen ist in der Makula am größten, hingegen gibt es am gelben Fleck keine Stäbchen. Zapfen sind deutlich weniger Lichtsensitiv, haben jedoch eine höhere Stimulationsrate (können daher schneller Bildwechsel darstellen) und sind in der Lage feinere Details zu erfassen. Es gibt drei Arten von Zapfenzellen: S, M und L-Zapfen. Dabei steht der Präfix S, M und L für die Wellenlängen (Small, Medium, Large) für die sie sensibel sind, das heißt welche wahrgenommen werden können. Man spricht beim gesunden menschlichen Sehen auch vom trichromatischen Sehen.

Anatomisch etwa 15 Grad nasal der Macula lutea befindet sich die Sehnervenpapille (Abb. 1). Sie hat einen Durchmesser von circa zwei Millimeter. An dieser Stelle befinden sich keine Sehzellen, was den blinden Fleck im Gesichtsfeld erklärt. Über den Sehnervenkopf verlassen die Nervenfasern der Ganglienzellen der Netzhaut gebündelt das Auge als Sehnerv. Zusätzlich treten hier die Zentralarterie und Zentralvene des Auges ein beziehungsweise wieder aus.

Zusätzlich zur anatomischen Gliederung, wird das Auge auch in einen vorderen und hinteren Abschnitt eingeteilt.

### **1.1.3 Glaskörper**

Der Glaskörper, auch als Corpus Vitreum bezeichnet, füllt den Innenraum des Auges (hinter der Linse bis zur Retina) zur Gänze aus. Er besteht aus einem transparenten Gel, welches wiederum aus Wasser (99%), Hyaluron und vereinzelt Hyalozyten besteht. (Levin et al., 2003, S.293-316) Umgeben wird dieser gelartige Körper von einer Schicht aus Kollagen, welche als vitreous cortex bezeichnet wird.

Der Glaskörper haftet an der Innenseite des Auges an folgenden Punkten: hintere Linsenkapsel (Capsula lentis posterioris), periphere Retina, retinale Gefäße, perimakuläre Region und an der Eintrittsstelle des Sehnervens ins Auge, der Papille. (Stevenson et al., 2016, S. 528) Der Glaskörper wirkt über seinen Quelldruck im gesunden einen gleichmäßigen Druck auf die Retina aus, und drückt sie sanft an das retinale Pigmentepithel (RPE). Abgegrenzt wird er gegenüber der Retina durch die innere Grenzmembran (Membrana limitans interna). Diese innere Membran, spielt bei der Entstehung von Epiretinalen Membranen (ERM) eine entscheidende Rolle. Sie dient als

Bindeglied zwischen Retina und Glaskörper und besteht aus Astrozyten und Müllerzellen. Durch den Mangel an Gefäßen innerhalb des Glaskörpers und der damit einhergehenden geringen Zahl an Immunzellen ist die Möglichkeit des Körpers, Infektionen des Augenninneren selbstständig zu bekämpfen, stark eingeschränkt.

## 1.2 Makula Pucker (Epiretinale Gliose)

Bei Makula Pucker (auch bekannt als Epiretinale Membran/Gliose oder Zellophanmakulopathie (Abb. 5)) handelt es sich um eine Störung der vitreomakulären Grenzfläche, welche im fortgeschrittenen Stadium zu Sehstörungen führt.



Abbildung 5: Fundusfoto Makula Pucker, OD (Verdick and Chin, letzter Zugriff 02. September 23)

Abbildung 5: Ein Fundusfoto einer 66-jährigen Patientin mit neu aufgetretener Metamorphosie (verzerrte Sicht aufgrund von makulärer Faltenbildung) infolge einer epiretinalen Membran (silbrig glänzende Membran im Bereich der Makula).

Patient\*innen, bei denen eine Epiretinale Membran vorliegt, präsentieren sich häufig initial asymptomatisch, im Verlauf zeigen sich dann Symptome wie Metamorphosie, sowohl Mikro- als auch Makropsie (bei einer Mikropsie handelt es sich um eine subjektive Sehstörung bei welcher Betroffene Objekte kleiner wahrnehmen, als sie in Wirklichkeit sind, vice versa bei einer Makropsie), Photopsie (Wahrnehmung von Lichtblitzen oder anderen Lichterscheinungen wie Funken/Flimmern) und subjektiver Sehverschlechterung. Die Symptome, insbesondere Metamorphosie, können zu einer erheblichen Einschränkung des täglichen Lebens führen. (Ghazi-Nouri et al., 2006, S.559–562) Auch das Sehen von Doppelbildern ist durch die Bildung einer ERM möglich. Eine prospektive Studie aus Australien von Aung KZ et al. (Aung et al., 2013, S.1026–1034) zeigte im Jahr 2013, dass es eine Vielzahl von Risikofaktoren für die Entstehung einer ERM gibt. Dazu zählen neben der ethnischen Zugehörigkeit (südeuropäischer Ursprung), Rauchen, Diabetes Mellitus, Hypercholesterinämie sowie das Alter, welches als wichtigster Faktor heraussticht.

Interessanterweise variiert die Prävalenz der ERM stark. Bei Patient\*innen älter als 50 Jahre liegt die Prävalenzspanne zwischen 2.2% bis 28.9%. (You et al., 2008, S.874–879, Ng et al., 2011, S.694–699)

### **1.2.1 Pathogenese**

Es wird zwischen einer idiopathischen (primären) und einer sekundären ERM unterschieden. Bei der Entstehung von ERM ist die Grenzmembran (ILM; Membrana limitans interna) entscheidend. Es ist noch nicht gänzlich geklärt, welche Ursachen der ERM zugrunde liegen.

Eine Studie aus dem Jahr 1986 weist darauf hin, dass sich der Glaskörper im Laufe des Lebens zunehmend verflüssigt und die retinalen Ansatzpunkte geschwächt werden. (Wiznia, 1986) Daraus resultiert in weiterer Folge eine hintere Glaskörperabhebung (HGA). So beschreibt die Studie in Bezug auf idiopathische Epiretinale Membranen, dass 95% der Betroffenen mit der Diagnose „Preretinal macular gliosis“ bereits eine

Glaskörperabhebung haben. (Wiznia, 1986, S.196-198) Durch die Verflüssigung und den Zug des Glaskörpers entstehen minimale Schäden in der ILM. Das wiederum erlaubt Zellen zur retinalen Oberfläche zu migrieren, um dort eine idiopathische ERM zu bilden.

Eine weitere Theorie besagt, dass der Grund zur Entstehung von ERM in einer anormalen HGA liegt. (Kampik, 2012, S.194-198) Darunter versteht man eine beschleunigte Verflüssigung des Glaskörpers in Bezug auf eine nicht so schnell ablaufende Schwächung der bestehenden Adhäsionen zwischen Vitreus und Retina. Als Folge dessen entsteht eine Vitreoschisis (Spaltung des Glaskörpers) und ein vitreoretinaler Zug. Bei Auftreten der Vitreoschisis bleiben Reste des Glaskörpers im prämakulären Bereich zurück und lösen, zusammen mit dem vitreoretinalen Zug, die Produktion von Zytokinen aus, welche die übriggebliebenen Glaskörperzellen zur Proliferation und Transformation in Myofibroblasten anregen. Die genaue Identifizierung der Zellen, welche an der Entstehung der Epiretinalen Membran beteiligt sind, ist schwer, weil sie die Fähigkeit der Transdifferenzierung besitzen. Es wird angenommen, dass Gliazellen bei der frühen Form der Epiretinalen Membran vorherrschend sind. Woher diese Gliazellen stammen, ist noch nicht abschließend geklärt. Es gibt Hinweise, dass die Gliazellen von Müllerzellen oder Astrozyten stammen. (Kohno et al., 2009, Bringmann and Wiedemann, 2009) Zudem könnte die Transdifferenzierung von Hyalozyten bei der ERM eine große Rolle spielen. (Kohno et al., 2009) Auch welche Rolle Makrophagen bei der Entstehung von ERM spielen, ist noch nicht gänzlich geklärt. Hyalozyten entstehen aus der Makrophagen-Linie und einige Gliazellen sind spezialisierte Makrophagen. (Qiao et al., 2005, Ohsawa et al., 2004) In späten Stadien der ERM sind Myofibroblasten vorherrschend. (Kohno et al., 2009) Es wird angenommen, dass Myofibroblasten entweder aus Müllerzellen, Hyalozyten oder Zellen des retinalen Pigmentepithels (RPE) hervorgehen. (Guidry et al., 2003) Über das Vorhandensein von Zellen des retinalen Pigmentepithels in ERM wird diskutiert, es gibt Hinweise, dass RPE-Zellen nur bei Patient\*innen mit vorrangegangener Netzhautabhebung gefunden wurden. (Smiddy et al., 1989, Kampik, 2012)

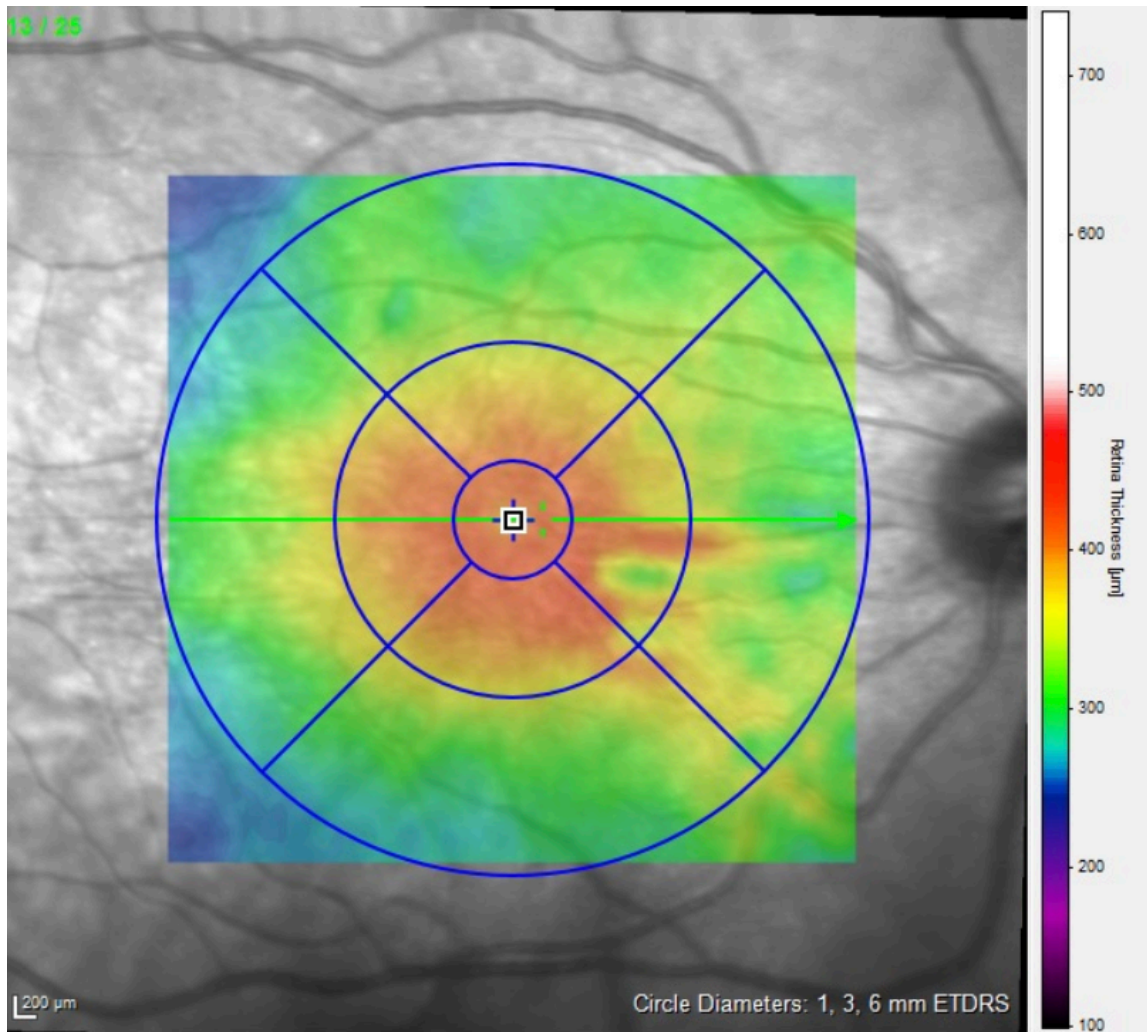
Sekundäre ERM treten auch häufig in Verbindung mit einer HGA auf. Es liegt nahe, dass sich sowohl idiopathische, als auch sekundäre ERM einige Pathomechanismen teilen. (Yazici et al., 2011) Sekundäre ERM werden mit vorhergegangenen Erkrankungen des Auges in Verbindung gebracht. Dazu zählen die posteriore Uveitis, CMV-Retinitis, diabetische Retinopathie, Traumata, Netzhautvenenverschluss, Netzhautabhebungen mit chirurgischer Therapie als auch Kataraktchirurgie. (Appiah and Hirose, 1989, Nicholson et

al., 2014, Kozak et al., 2014, Grigorian et al., 2003, Uemura et al., 1992)

Entzündungsreaktionen spielen eine entscheidende Rolle bei sekundären ERM, es kommt zu einer erhöhten Expression von Zytokinen darunter Interleukin-6 (IL6) und IL-8 sowie dem Monozytenprotein-1. (Yoshimura et al., 2009) Im Vergleich zwischen idiopathischen und sekundären ERM zeigt eine Studie aus dem Jahr 2011 von Yazici et al., dass sekundäre ERM eher bei jüngeren Patient\*innen auftreten, mit einem schlechteren Visus assoziiert sind und einen größeren zentralen fovealen Durchmesser haben. Von einem verdickten CFT spricht man beim SD-OCT bei einer Dicke von  $>320\mu\text{m}$ . (Stevenson et al., 2016)

### **1.2.2 Diagnostik**

Um Makula Pucker zu diagnostizieren, können eine Vielzahl von Methoden und Untersuchungen angewendet werden. In der Regel erfolgt ein erster Verdacht aufgrund von klinischen Veränderungen, die bei einer Funduskopie gefunden werden. In der klinischen Praxis werden Epiretinale Membranen in einer frühen Form als cellophaner makulärer Reflex sichtbar, in einer späteren Form als präretinale makuläre Fibrose. (Klein et al., 1994, S.403–425) (Grigorian et al., 2003, S.737–741) Da es sich bei der Frühform im Sinne eines cellophanem makulären Reflex um eine dünne, durchsichtige Membran handelt, führt sie in den meisten Fällen zu keiner Sehverschlechterung. In der Spaltlampenuntersuchung zeigt sich bei Patient\*innen eine glänzende, hell schimmernde Membran (Abb. 5). Bei fortschreitendem Befund verändert sich das klinische Erscheinungsbild zunehmend. So findet sich bei einer Spaltlampenbiomikroskopie eine progressive Semitranslumineszenz, welche Hand in Hand mit der zunehmenden Sehverschlechterung bei Befundprogression einhergeht. Im Rahmen einer manifesten präretinalen makulären Fibrose kommt es bei 80% der Betroffenen (Ryan et al., 2012, S.1955–1957) zu einer Verzerrung der Retina, was in einer Sehbehinderung resultiert. Zusätzlich lassen sich aufgrund von Zug und Verzerrung oberflächliche, bis hin zu einer gesamten Netzhautdicke betreffende, Netzhautfalten sehen. Die Netzhaut wird dementsprechend aufgeworfen und gewellt. (Wise, 1975, S.347–349) In schweren Fällen lassen sich retinale Blutungen, Exsudate, vaskuläre Abnormalitäten, Ödeme sowie Makulaforamen (Loch im Bereich der Makula) feststellen. (Klein et al., 1994, S.403-425) Bei Makula Pucker entsteht, aufgrund von tangentialer Traktion an der Netzhaut, immer ein diffuses Makulaödem (Abb. 6).



**Abbildung 6: Diffuses Makulaödem (rot), OD (Zur Verfügung gestellt von der Klinik für Augenheilkunde, LKH-Univ. Klinikum Graz)**

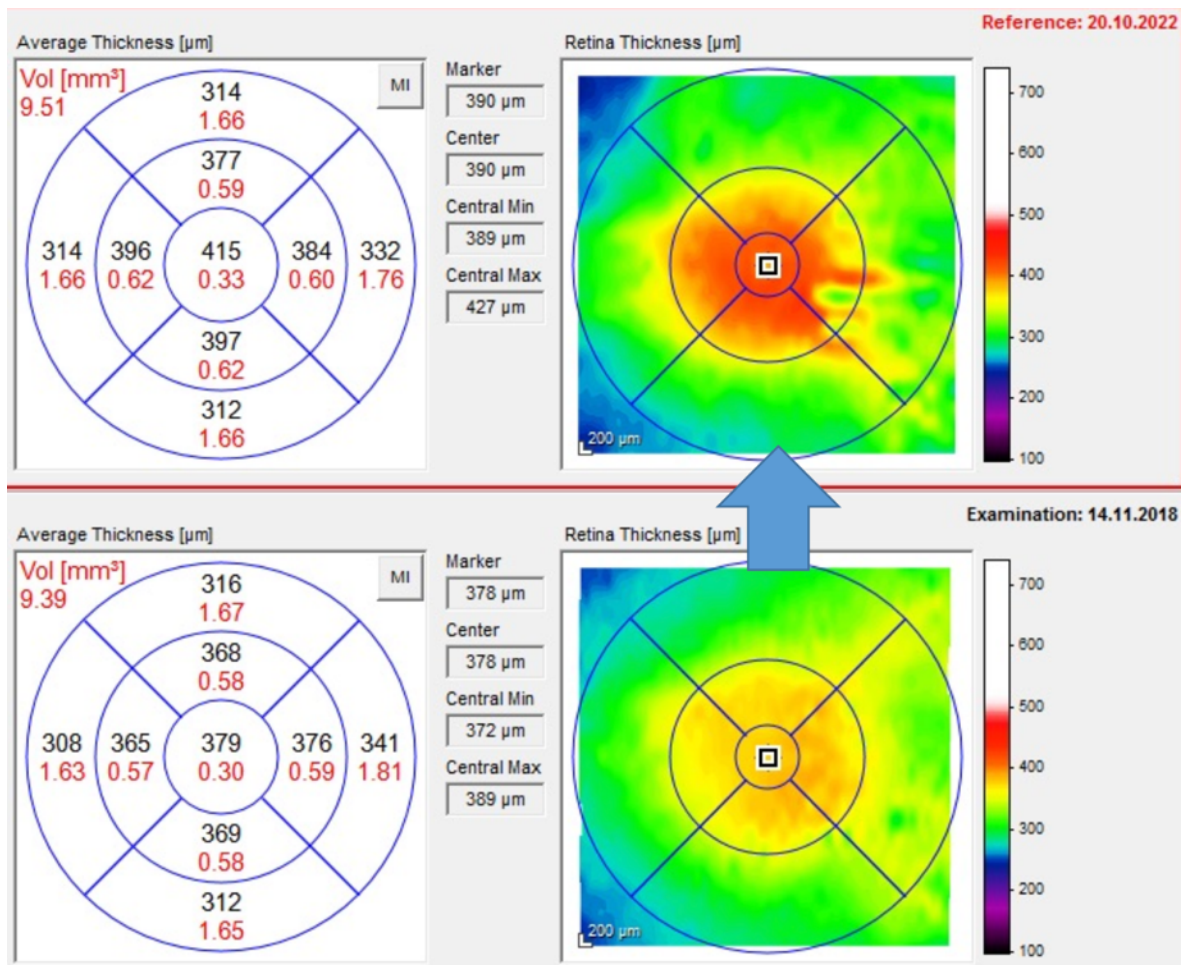
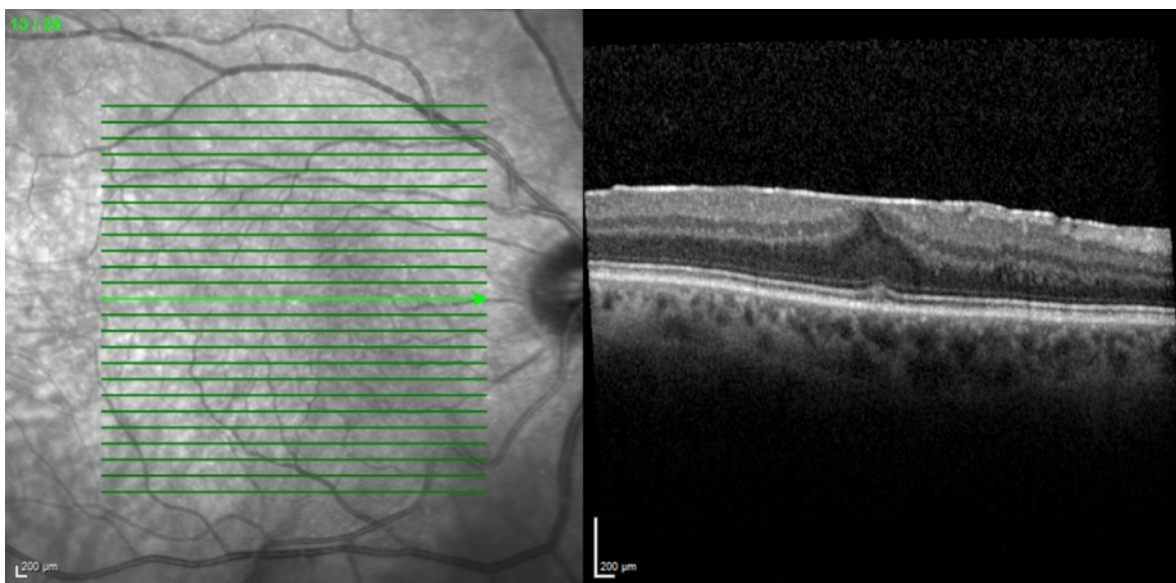


Abbildung 7: Diffuses Makulaödem (rot) Jahr 1 vs. Jahr 4 gleicher Patient, OD (Zur Verfügung gestellt von der Klinik für Augenheilkunde, LKH-Univ. Klinikum Graz)

Abbildung 7 zeigt den Verlauf eines diffusen Makula Ödems bei einem Patienten über vier Jahre. Es zeigt sich eine deutliche Zunahme des diffusen Makulaödems.

Zusätzlich zur klinischen Untersuchung der Patient\*innen, steht in der Augenheilkunde eine Vielzahl von zusätzlichen Untersuchungsmöglichkeiten (multimodal imaging) zur Verfügung. Sehr hilfreich und inzwischen Standard in der Diagnostik ist die optische Kohärenztomographie (OCT). Bei der OCT werden, mit Hilfe von Licht, Schichtbilder der Netzhaut erstellt. Dabei wird der Lichtimpuls, der in das Auge abgegeben wird, von den verschiedenen Netzhautschichten unterschiedlich reflektiert. Diese feinen Unterschiede werden anschließend ausgewertet und zu einem detailreichen Bild zusammengesetzt. Analog zu einer Ultraschalluntersuchung, jedoch wird statt einer Schallquelle Licht verwendet. Bei beiden Bildgebungsverfahren werden Wellen (Schall und Licht) auf das zu untersuchende Gewebe gelenkt, die von den unterschiedlichen Gewebestrukturen reflektiert werden. Über die zeitliche Latenz, zwischen Aussenden und Empfangen wird

die Eindringtiefe ermittelt. Dabei wird beim OCT-Licht im nahen Infrarotbereich verwendet. (Aumann et al., 2019) Im Vergleich zur Ultraschalluntersuchung liefert die OCT eine deutlich höhere Auflösung. Große Vorteile der optischen Kohärenztomographie sind, dass es sich um ein nicht invasives, häufig verfügbares und ohne potenziell schädliche Strahlung auskommendes, relativ günstiges Verfahren handelt. In der klinischen Praxis wird dabei zunehmend die TD-OCT (Time-Domain OCT) durch die modernere SD-OCT (Spectral-Domain OCT) ersetzt, da letztere mit einer höheren Scangeschwindigkeit sowie Erkennungsempfindlichkeit überzeugen kann. In einer Studie aus dem Jahr 2006 zeigte sich, dass die OCT im Vergleich zur klassischen klinischen Untersuchung eine höhere Sensitivität zur Erkennung von ERM sowie Viteromakulärer Traktion (VMT) aufweist. (Do et al., 2006, S.161-166)



**Abbildung 8: OCT ERM, OD (Zur Verfügung gestellt von der Klinik für Augenheilkunde, LKH-Univ. Klinikum Graz)**

Abbildung 8: Links ist ein Infrarotfoto der Makula eines rechten Auges zu sehen. Rechts sieht man eine Schichtaufnahme durch die Netzhaut, es zeigt sich das Bild eines Makula Puckers (zu sehen als epiretinale Membran), welche die physiologische Kontur der Macula lutea verwischt und zu einer diffusen Dickenzunahme der Netzhaut führt.

### 1.2.3 Pars Plana Vitrektomie

Das Management rund um die ERM besteht entweder aus Observanz oder einer chirurgischen Intervention. Die operative Sanierung wird mittels Pars Plana Vitrektomie (PPV) mit Membranpeeling durchgeführt. Es kann entweder die ILM belassen, oder

ebenfalls entfernt werden, wobei rezente Daten zeigen, dass die Wahrscheinlichkeit eines Wiederauftretens der ERM mit einer Entfernung der Internal Limiting Membrane (ILM) sinkt. (Sandali et al., 2013, S.2032–2038) Patient\*innen mit gutem präoperativem Visus profitieren einer Studie nach eher von einer zeitnahen PPV. (Rahman and Stephenson, 2014) Daten aus dem Jahr 2014 zeigen, dass Patient\*innen mit sekundären ERM eher von einer chirurgischen Sanierung der ERM profitieren. (Kang et al., 2014)

Als Vitrektomie (von vitreous = Glaskörper und ektomie = ausschneiden) wird die Operation bezeichnet, bei dem Teile oder der gesamte Glaskörper des Auges entfernt wird. Bei der Vitrektomie werden durch die pars plana (Namensgebung über den Zugangsweg über die „pars plana“, einer circa vier Millimeter großen anatomischen Region zwischen der ora serrata (äußeren Rand der Netzhaut) und der Pars Plicata des Ziliarkörpers; hier befinden sich keine großen Gefäße oder andere potenziell gefährliche Strukturen) die erforderlichen Instrumente (Licht, Vitrektom (=Glasköperschneider) und Infusion) ins Auge eingeführt. Um iatrogene Komplikationen während der Operation zu vermeiden, ist es wichtig zu wissen, in welcher Art und Weise das Auge mit Blut versorgt wird. Die inneren Netzhautschichten werden von der zentralen Netzhautarterie versorgt, welche sich in vier Bögen (nasal sowie temporal superior und inferior) aufspannen und über die Netzhaut verteilen. Die zentrale Netzhautarterie wiederum entspringt als Ast aus der Arteria ophthalmica, welche aus der Carotis interna entspringt. Ziliararterien entspringen aus der Arteria ophthalmica und werden in kurze und lange posteriore Ziliararterien eingeteilt. Äußere Netzhautschichten sind primär durch die Chorioidea versorgt.

Zu den Indikationen, welche eine PPV erfordern, gehören vor allem Pathologien des Glaskörpers, beziehungsweise des vitreoretinalen Interfaces, die zu einer Sehverschlechterung führen. Bei der PPV handelt es sich um eine Intervention in einem geschlossenen System.

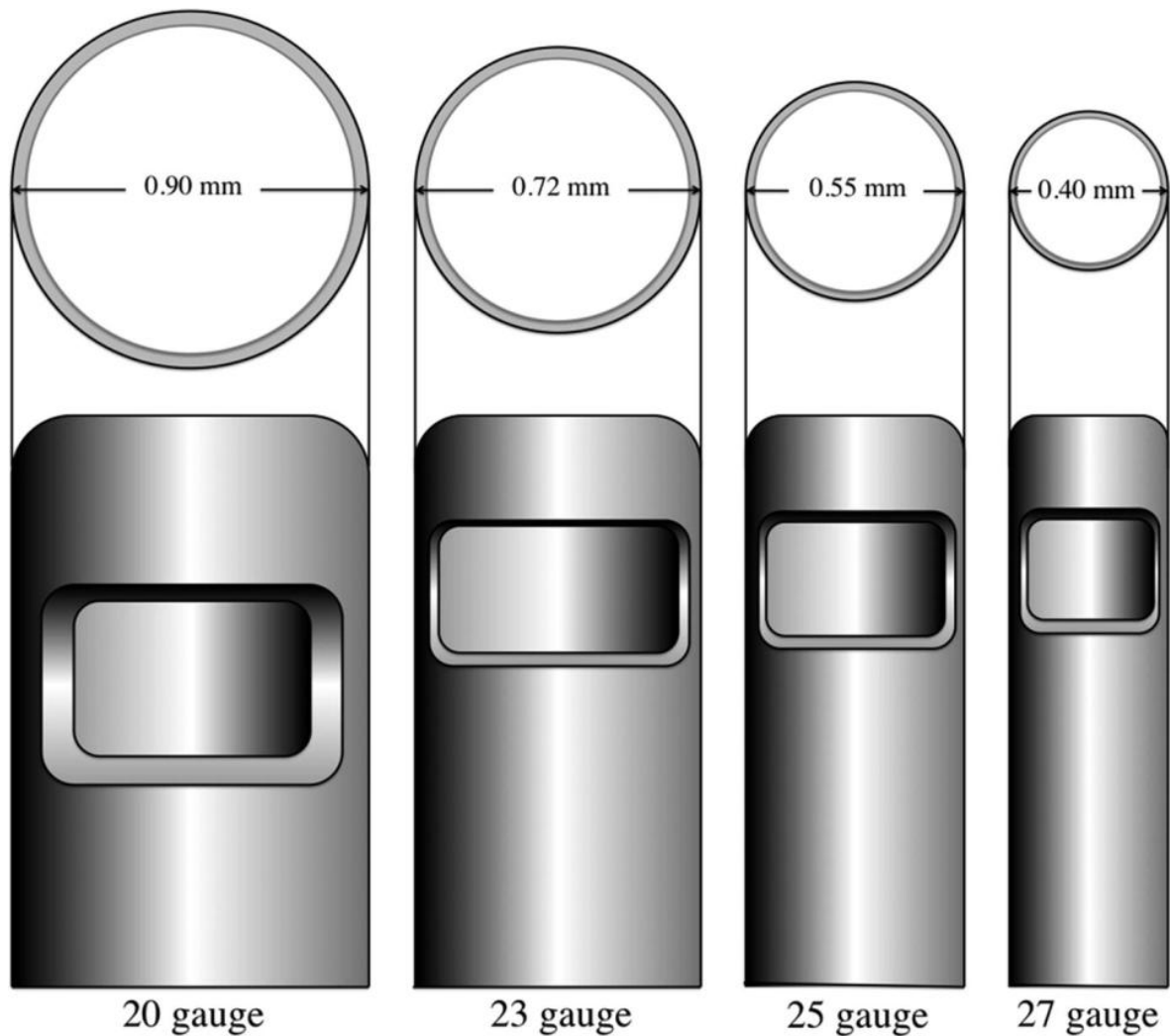
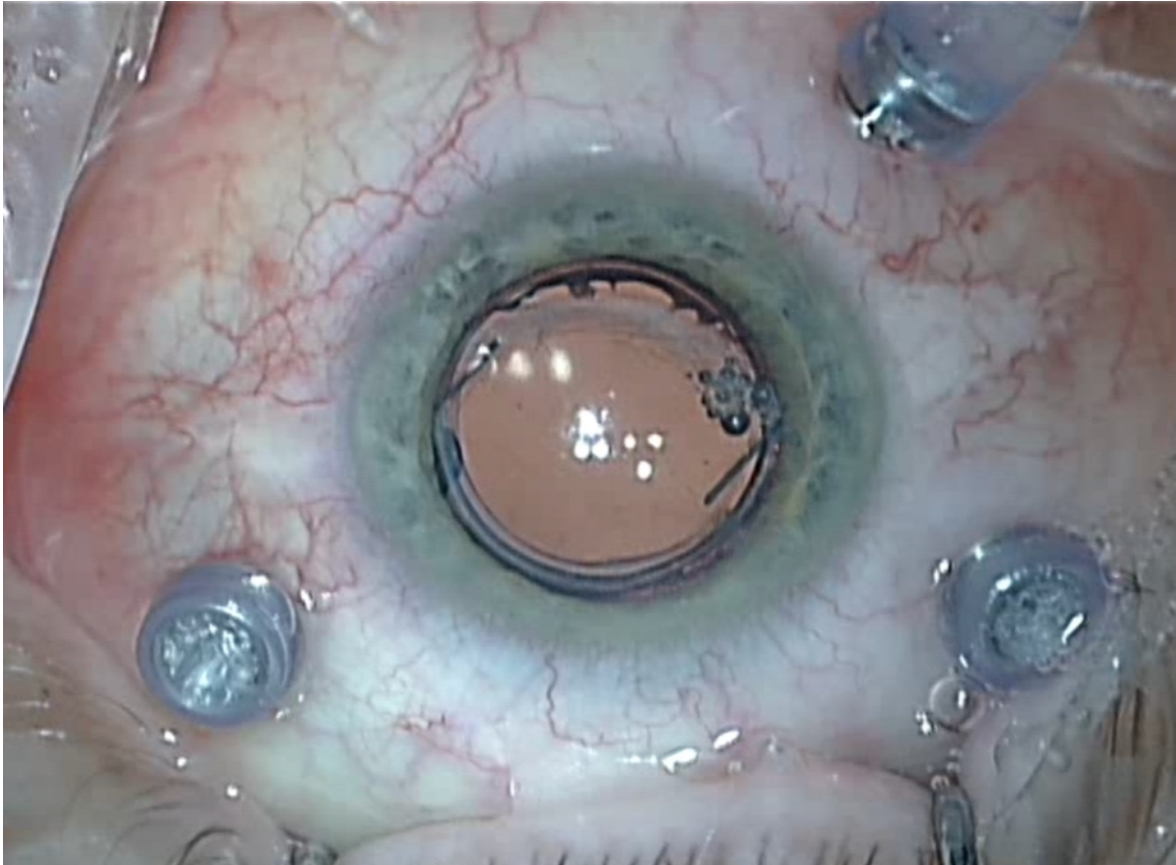


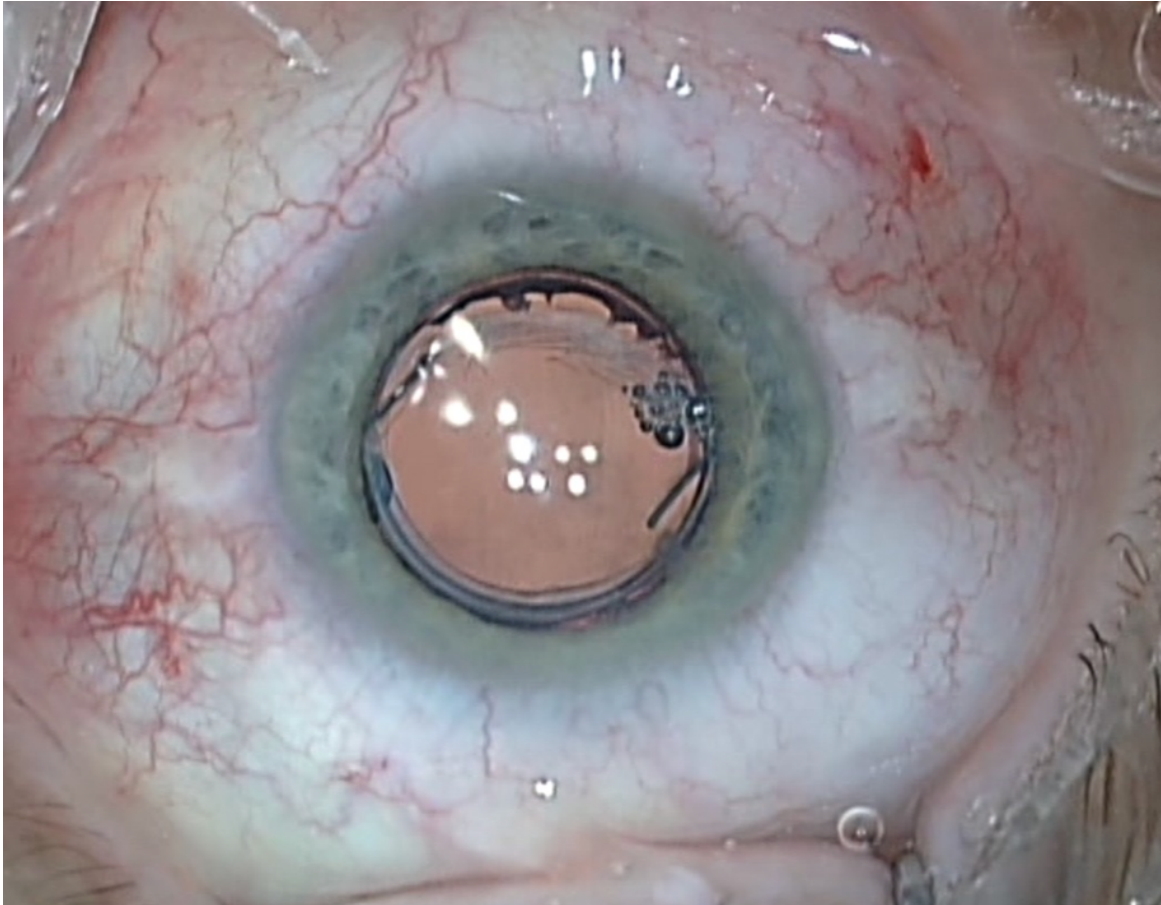
Abbildung 9: Gauge Größen (Idrees et al., 2019, letzter Zugriff 02. September 23)

Bei einer PPV werden drei sklerale Trokare benötigt, welche 3.5mm hinter dem Limbus corneae eingebracht werden. Ein Trokar ist ein in der Medizin verwendetes Instrument, welches stumpf oder spitz den Zugang zu einer Körperhöhle herstellt und infolgedessen für weitere Interventionen als Tunnel offenhält. Über diesen Zugangsweg können nun benötigte Instrumente in das Auge eingebracht werden. In Abbildung 9 ist eine Übersicht der verschiedenen Gauge-Größen zu sehen. Zu den in das Auge einbrachten Instrumenten gehören in der Regel eine Infusion mit Absaugung, eine Lichtquelle für die Endoillumination und ein chirurgisches Werkzeug (z.B. Vitrektom, spezifische Scheren, feine Greifer oder Häkchen) (Abb. 9). Die Infusion hat dabei die Aufgabe, den Druck des Bulbus aufrechtzuhalten.



**Abbildung 10: Sklerale Ports für PPV (Intraoperativ); Kunstlinse (Zur Verfügung gestellt von der Klinik für Augenheilkunde, LKH-Univ. Klinikum Graz)**

Abbildung 10 zeigt das intraoperative Bild bei einer kombinierten PPV, die drei Trokare sind gesetzt. Am Trokar rechts oben im Bild ist der Anschluss für die Infusion, welche den Augeninnendruck steuert. Zentral gut zu erkennen, ist eine implantierte Kunstlinse in situ.

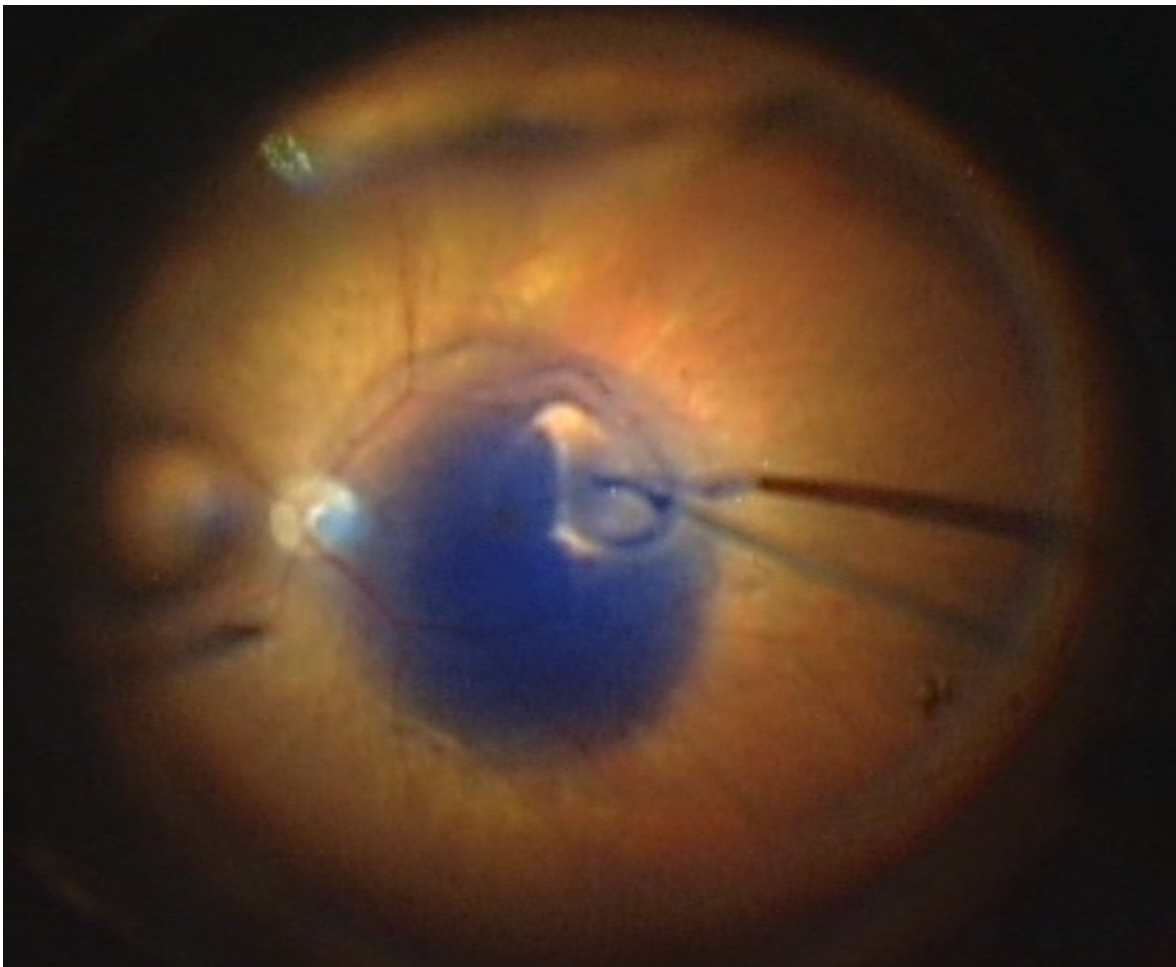


**Abbildung 11:** Nach Entfernung der Trokare (Intraoperativ); kleine Blutung (Zur Verfügung gestellt von der Klinik für Augenheilkunde, LKH-Univ. Klinikum Graz)

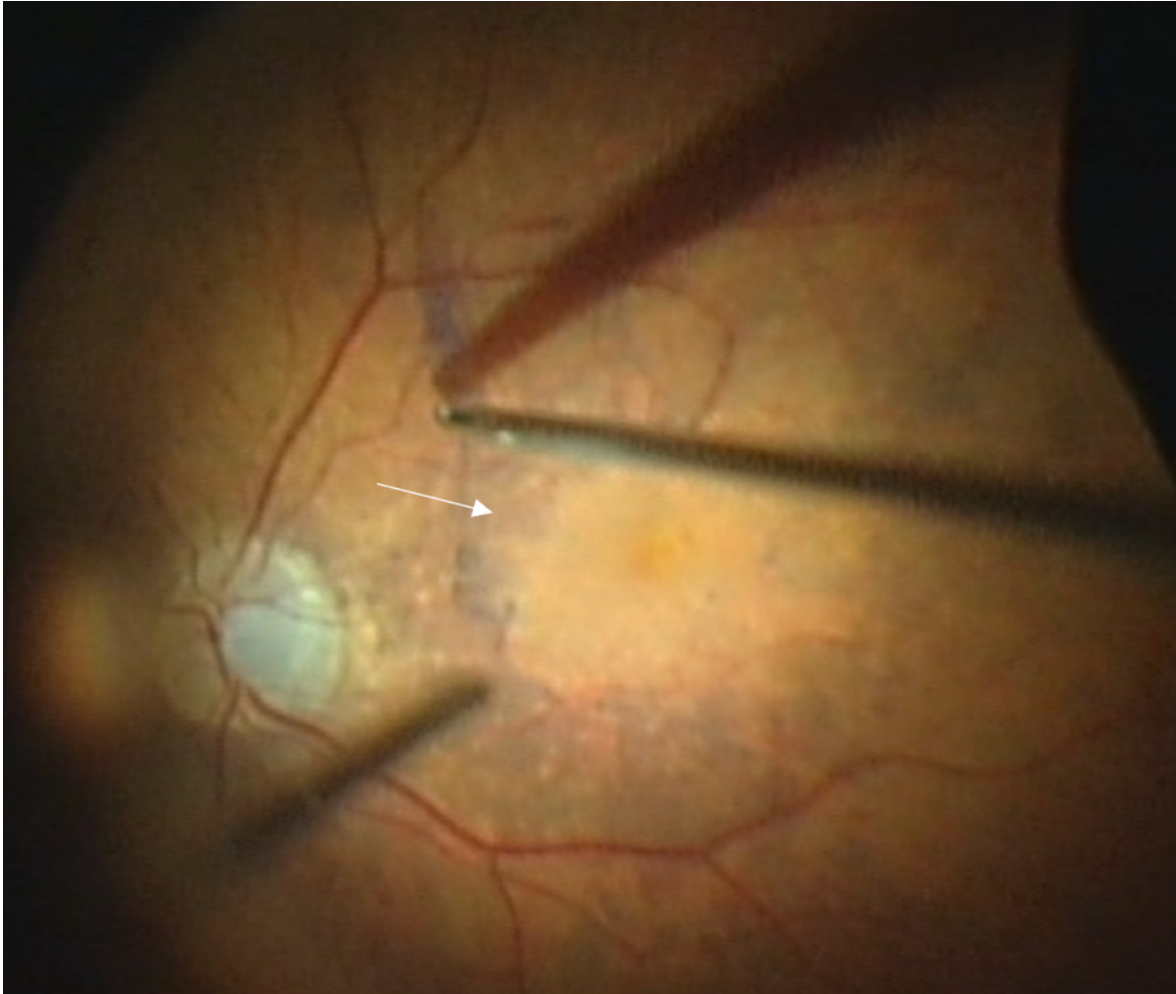
Abbildung 11: In der Regel sind PPV mittlerweile nahtlos möglich. Nach Entfernung der Trokare bleiben lediglich kleine Blutungen (im Bild rechts oben) zurück.

Im Laufe der Zeit hat sich die Größe der Operationsinstrumente für die PPV zunehmend verkleinert. In 1970er Jahren ist die geschlossene 17-Gauge-Vitrektomie eingeführt worden (Machemer et al., 1971). In weiterer Folge wurde die PPV immer weiterentwickelt. 1981 wurde die Flüssigkeits-/Luftaustauschtechnik implementiert, was dazu führte, dass ein vollständiges Wiederanlegen der Netzhaut bei Netzhautabhebung möglich wurde (Von Fricken et al., 2009). Die Durchmesser der Instrumente zur PPV wurden sukzessive immer kleiner. Im Jahr 2002 kam es zur Einführung der 25-Gauge PPV. Drei Jahre später, 2005, kam es das erste Mal zur Anwendung von 23-Gauge. (Fujii et al., 2002, Eckardt, 2005) Im Jahr 2010 wurde die 27-Gauge PPV eingeführt. (Oshima et al., 2007, Romano et al., 2015)

Um eine gute Sicht innerhalb des Augapfels zu garantieren, werden meist non-contact wide-field Optiken verwendet. Bei der PPV schaut der\*die Operateur\*in durch die Pupille ins Innere des Auges und kann dort feinste Bewegungen der Instrumente durchführen. Um den Augenhintergrund darzustellen, wird mit einer Lupe gearbeitet. Diese Lupe nutzt das Prinzip ähnlich der indirekten Ophthalmoskopie und ist mit dem Operationsmikroskop gekoppelt. Durch eine Umkehroptik sieht der\*die Operateur\*in das Bild aufrecht. Eine 6- bis 25- fache Vergrößerung ist durch das Operationsmikroskop möglich. (Grehn, 2019, S.370) Epiretinale Membranen und die Membrana limitans interna werden, zu Darstellungszwecken, mit Vitalfarbstoffen angefärbt (Abb. 12). Zu den Vitalfarbstoffen zählen Bengalrosa, Indocyaningrün, Brilliant Blau oder Methylenblau. Nach dem Anfärben der ERM, erfolgt das Peelen (Abziehen) der Membran (Abb. 13). Die PPV kann in Allgemeinnarkose, oder mittels Peri- beziehungsweise Retrobulbärblock durchgeführt werden.



**Abbildung 12: Anfärben der ERM (Intraoperativ) (Zur Verfügung gestellt von der Klinik für Augenheilkunde, LKH-Univ. Klinikum Graz)**



**Abbildung 13: Peeling der ERM (Intraoperativ); der weiße Pfeil markiert die bereits gepeelte ERM (Zur Verfügung gestellt von der Klinik für Augenheilkunde, LKH-Univ. Klinikum Graz)**

Zu den Komplikationen die bei jeder invasiven Prozedur in der Medizin auftreten können, zählen neben Infektionen und Blutungen auch Verletzungen umgebender Strukturen. Iatrogen verursachte Komplikationen, wie ein Netzhautriss sind möglich. Da es sich bei der PPV um eine hochspezialisierte Operation handelt, ist eine postoperative Überwachung essenziell. Zu den gängigsten Kontrollzeitpunkten zählen einen Tag, eine Woche, vier Wochen und drei Monate postoperativ. Nach der Operation muss der Augeninnendruck regelmäßig kontrolliert werden. Eine eventuelle Druckerhöhung muss schnellstmöglich behandelt werden, um eine Schädigung des Sehnervs zu vermeiden. Das zystoide Makulaödem ist eine der häufigsten postoperativen Komplikationen. Um dem entgegenzuwirken, werden prä- sowie postoperativ Nicht-Steroidale-Antirheumatika (NSAR) in das Auge eingetropt. Endophthalmitis und Netzhautabhebung sind schwerwiegende Komplikationen einer Vitrektomie.

### **1.3 Netzhautabhebung (Amotio retinae)**

Bei der Netzhautabhebung (Netzhautablösung), auch als Amotio retinae oder Ablatio retinae bezeichnet, löst sich der sensorische Teil der Netzhaut vom retinalen Pigmentepithel (RPE). Der sensorische Teil liegt dem RPE auf, und wird durch einen leichten Sog an ihm fixiert. Bei gesunden Augen, ohne Risikofaktoren liegt die Inzidenz bei 5 auf 100.000 Patient\*innen pro Jahr (Ivanisević et al., 2000, S.237) Bei Patient\*innen mit Risikofaktoren, wie etwa Myopie, fortgeschrittenem Alter, familiärer Prädisposition und bereits am anderen Auge stattgehabter Netzhautabhebung, ist die Wahrscheinlichkeit einer Netzhautabhebung deutlich höher. Sie liegt bei älteren Männern und Frauen bei 20 auf 100.000 pro Jahr (Li, 2003, S.2413)

#### **1.3.1 Risikofaktoren**

Risikofaktoren sind neben der Myopie (mehr als 6 Dioptrien erhöht das Risiko um den Faktor 3-10), fortgeschrittenes Alter, familiäre Prädisposition und eine bereits am anderen Auge stattgehabte Netzhautabhebung. Patient\*innen, welche bereits eine Netzhautabhebung in einem Auge gehabt haben, zeigen ein 15-20%iges Risiko am anderen Auge ebenfalls eine Netzhautabhebung zu erleiden. Ein myopes Auge ist in der Regel länger als ein emmetropes Auge und dementsprechend ist die Retina vor allem in der Peripherie dünner. Auch eine bereits am Auge durchgeführte Kataraktoperation ist ein Risikofaktor.

#### **1.3.2 Ätiologie**

Die häufigste Form ist die rhegmatogene (rissbedingte) Netzhautabhebung (Abb. 14). Es entsteht ein (meist) peripherer Netzhautriss, aufgrund einer akuten Abhebung des Glaskörpers. Durch den plötzlichen mechanischen Zug entsteht ein Riss in der Netzhaut. Da der Glaskörper in der Peripherie oftmals mit Gefäßen in Bezug steht, kann es zusätzlich zur Netzhautabhebung auch zur Blutung kommen (Abb. 14). Aufgrund der Schwerkraft senkt sich der Glaskörper bei zunehmender Verflüssigung im Alter nach unten ab. Deshalb sind Netzhautrisse in der oberen Netzhauthälfte deutlich häufiger als in der unteren. Eine Sonderform der rhegmatogenen Netzhautabhebung ist die Riesenriss-Netzhautabhebung. Bei der Riesenriss-Netzhautabhebung zieht sich der Riss über eine ausgedehnte Länge,

häufig über mehr als einen Quadranten. Bei einem stumpfen Augentrauma können in der Nähe der Ora serrata Risse entstehen, sie sind prognostisch besser als Riesenrisse.

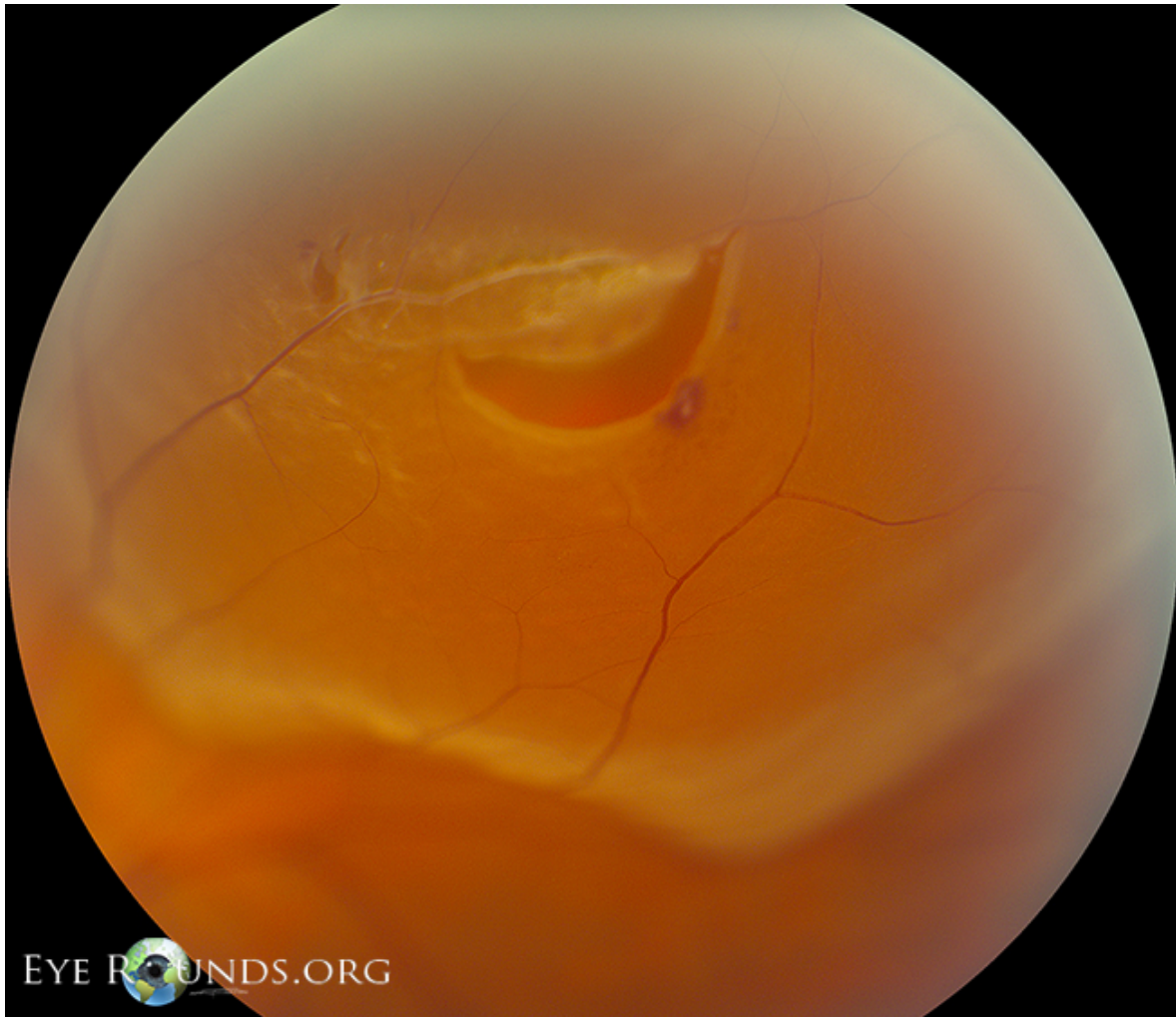


Abbildung 14: Netzhautabhebung, rhegmatogen (Montague and Vislissel (Figure 2), letzter Zugriff 02. September 23)

Abbildung 14 zeigt das Bild einer rhegmatogenen Netzhautabhebung mit einem klassischen Hufeisenforamen, sowie zwei kleinen zusätzlichen Einrissen. Des Weiteren sind intraretinale Blutungen (IRH) an der Einrissstelle zu sehen.

### 1.3.3 Klinik

Personen mit einer Netzhautabhebung bemerken in der Regel einen peripheren Schatten, der je nach Größe und Lokalisation der Netzhautabhebung unterschiedlich wahrgenommen wird. In der Regel gehen einer Netzhautabhebung Lichtblitze (Photopsien) voraus. Oft berichten die Betroffenen über das Auftreten von Trübungen, die wie kleine Objekte durch

das Sichtbild schwimmen. Wenn sich die Makula abhebt, wird das Sehen verschwommen und bei höhergradiger Ablösung deutlich herabgesetzt.

Eine Netzhautabhebung wird mittels indirekt durchgeführter Funduskopie diagnostiziert. Sollte der Einblick auf den Fundus durch andere Pathologien (z.B. ausgeprägte Katarakt) nicht möglich sein, so muss eine Ultraschalluntersuchung des Bulbus angeschlossen werden. In den meisten Fällen lässt sich durch das Absuchen des Fundes ein Netzhautriss, und somit eine rhegmatogene Netzhautabhebung feststellen. Zusätzlich sollte eine OCT der Macula lutea veranlasst werden.

#### **1.3.4 Therapie**

Für die Behandlung der häufigsten Form einer Netzhautabhebung (rhegmatogene Netzhautabhebung) ist es von entscheidender Wichtigkeit, alle Netzhautrisse zu identifizieren und sie zu behandeln. Zu den gängigen Methoden gehören dabei die pneumatische Retinopexie, Cerclagen sowie eine Vitrektomie. Auch Kombinationen von genannten Verfahren sind möglich.

Bei der pneumatischen Retinopexie wird mittels eines Gases in Zusammenspiel mit einer Retinopexie durch Kryotherapie oder Endolaser versucht, die Netzhaut wieder in ihre physiologische Position zurückzubringen. Es können verschiedene Gase zur pneumatischen Retinopexie verwendet werden. Dazu zählen SF<sub>6</sub>, C<sub>2</sub>F<sub>6</sub> oder C<sub>3</sub>F<sub>8</sub>. Das Gas wandert im Auge immer nach oben, deshalb ist bei der Verwendung von SF<sub>6</sub> eine gewissenhafte postoperative Lagerung der Patient\*innen wichtig. Postoperativ sollte bei Gaseinbringung auf Flugreisen verzichtet werden, da der atmosphärische Druck in der Flugzeugkabine niedriger ist und somit die Gefahr eines Zentralarterienverschlusses (ZAV) besteht. Eine Tamponade mittels Silikonöl ist ebenfalls möglich. Eine Studie aus dem Jahr 1993 zeigte jedoch, dass es bei der Verwendung von Silikonöl im Vergleich zu C<sub>3</sub>F<sub>8</sub>-Gas öfter zu erhöhtem postoperativem intraokularem Druck kommt (Silikonöl 8%; C<sub>3</sub>F<sub>8</sub> 2%). (Barr et al., 1993)

Eine Cerclage ist ein Silikonband, welches dauerhaft um die Außenseite des Augapfels unter den geraden Augenmuskeln angebracht wird, um damit die Sklera einzudellen. Durch das Eindellen soll sich die Netzhaut wieder anlegen. Das Eindellen wird in der Regel mit einer Retinopexie (häufig Kryotherapie) kombiniert.

## **1.4 Ziel der Diplomarbeit**

Das Ziel dieser Diplomarbeit ist es, die Komplikationsraten im Hinblick auf eine Netzhautabhebung in Abhängigkeit der unterschiedlichen Durchmesser der Operationsinstrumente (20, 23, 25 oder 27 Gauge) nach einer Vitrektomie zur Behandlung von Makula Pucker zu evaluieren.

## **2 Material und Methoden**

Bei dieser Diplomarbeit handelt es sich um eine monozentrische, retrospektive Studie von Patient\*innen mit der Hauptdiagnose Makula Pucker und einer Operationsindikation zur Vitrektomie. Die Ethikkommission der Medizinischen Universität Graz bewilligte diese Studie. Der Zeitraum der Datenerhebung beläuft sich von Januar 2013 bis Juli 2021 und erfolgt über das damals intern in der Klinik für Augenheilkunde und Optometrie Graz verwendete System Eymed sowie zum Teil über Medocs. Insgesamt wurden Daten von 1874 Patient\*innen analysiert.

### **2.1 Ein- und Ausschlusskriterien**

Es wurden ausschließlich Patient\*innendaten verwendet, welche sich im Zeitraum von 2013 bis 2021 im LKH-Graz mit der Hauptdiagnose Makula Pucker einer Vitrektomie sowie einer Phakoemulsifikation unterzogen haben. Es wurde erhoben, welche Instrumentengrößen für die Vitrektomien verwendet wurden. Ausschlusskriterien waren dabei eine stattgehabte Endotamponade, Applikation von intravitrealen Medikamenten (IVOM-Therapie), während der OP durchgeführte Endolaser, Kryotherapie, sowie Augen, mit bereits implantierter IOL (Intraokularlinse). Nach Filterung in Excel wurden 1387 Augen zur Bewertung herangezogen.

### **2.2 Parameter**

Folgende Parameter wurden dabei untersucht: Name, Vorname, Geschlecht, Geburtsdatum, Alter, Linsenstatus präoperativ, OP-Seite, OP-Datum, OP-Instrument (20, 23, 25, 27 Gauge), Phakoemulsifikation, Netzhautabhebung postoperativ.

Der Linsenstatus präoperativ, sowie etwaige Komplikationen wurden aus den Pflegeberichten sowie aus der OP-Dokumentation entnommen.

### **2.3 Studienplan**

Die primäre Hypothese dieser Diplomarbeit war, dass die Verwendung von kleineren Durchmessern der Operationsinstrumente bei PPV zu einer niedrigeren Rate an postoperativen Netzhautabhebungen führt. Die Hauptzielgröße waren die Fälle an Netzhautabhebungen, welche in Bezug zu den verwendeten Gauge-Größen gesetzt wurden. Die Nebenzielgrößen waren das Alter und das Geschlecht der Patient\*innen, sowie die operierte Seite.

### **2.4 Statistische Analyse**

Nach Filterung der Patient\*innendaten in Microsoft Excel, wurde analysiert, welche Patient\*innen in der Zeit nach Vitrektomie mit Membranpeeling und Phakoemulsifikation eine Netzhautabhebung hatten. Dabei wurde den Gauge Größen jeweils eine Zahl zugeordnet (1=20-Gauge, 2=23-Gauge, 3=25-Gauge, 4=27-Gauge). Aus der Exceltabelle wurden die absoluten Häufigkeiten der einzelnen Operationsinstrumente quantitativ ausgewertet und die Ergebnisse anschließend graphisch dargestellt. Zudem wurde eruiert, wie sich die zahlenmäßige Verwendung der Operationsinstrumente in den Jahren 2013-2021 verändert hat. Zusätzlich analysiert wurden die absoluten Zahlen der durchgeführten Makula Pucker Operationen. Statistische Tests (Kolmogorov-Smirnov-Test; Mann-Whitney-U-Test, Chi-Quadrat-Test, Fisher-Test) wurden mittels SPSS durchgeführt. Als Schwelle für eine statistische Signifikanz wurde ein Alpha von 5% ( $p < 0.05$ ) gewählt.

### 3 Ergebnisse – Resultate mit graphischen Darstellungen

#### 3.1 Studienkollektiv

Insgesamt wurden 1387 Augen für die Auswertung eingeschlossen. Das Durchschnittsalter der Patient\*innen lag bei  $72.8 \pm 7.2$  (39-95) Jahren. Insgesamt wurden 747 Männer (53.9%) und 640 Frauen (46.1%) operiert. Es wurden 687 linke Augen (49.5%) und 700 rechte Augen (50.5%) operiert. Dabei zeigte sich folgende Verteilung der Gauge-Größen (Tabelle 1) (Abb. 15):

Tabelle 1: Gauge-Größen, Absolute Operationen und Anteil in Prozent

Gauge-Größe	Absolute Operationen	Anteil in Prozent (n=1387)
20-Gauge	104	7.5%
23-Gauge	679	49%
25-Gauge	14	1.0%
27-Gauge	590	42.5%
Summe	1387	100%

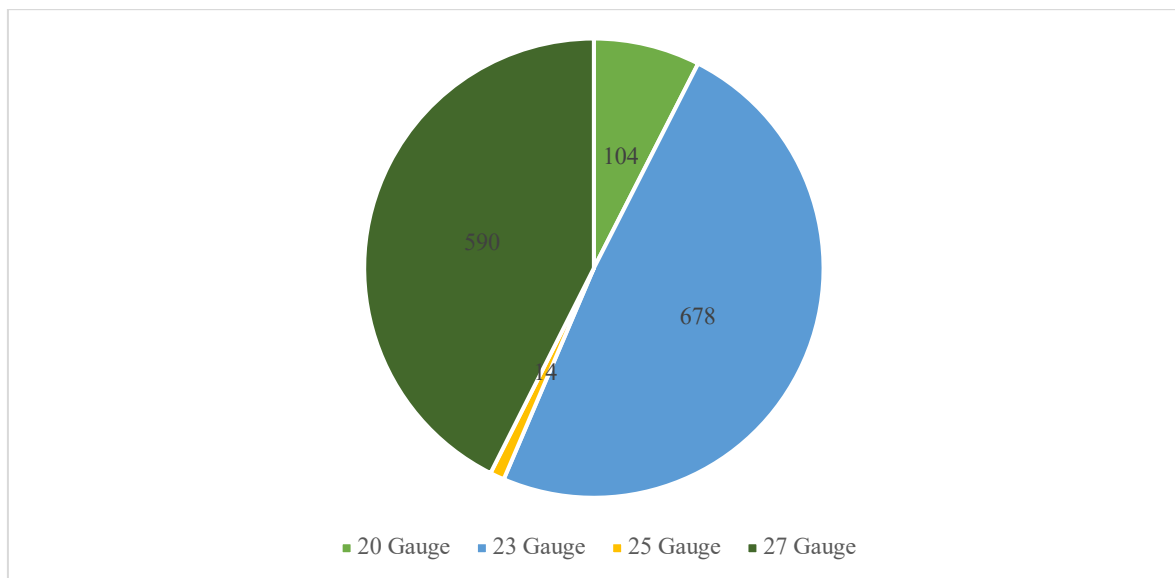


Abbildung 15: Verwendete Gauge-Größen (2013-2021)

Das Alter der Patient\*innen wurde mittels **Kolmogorov-Smirnov-Test** auf Normalverteilung überprüft. Es zeigte einen P-Wert von  $<0.001$ , somit lag keine Normalverteilung vor. Bei dem **Mann-Whitney-Test** ( $p < 0.001$ ) zeigte sich eine

statistische Signifikanz zwischen dem Alter der Patient\*innen mit und ohne Netzhautabhebung, wobei der Unterschied zwischen dem Durchschnittsalter bei den Patient\*innen mit Netzhautabhebung ( $69.8 \pm 7.4$  (47-85)) und Patient\*innen ohne Netzhautabhebung ( $73 \pm 7.1$  (39-95)) im Mittelwert bei 3.2 Jahren liegt.

### 3.2 Absolute Häufigkeit der durchgeführten Makula Pucker Operationen

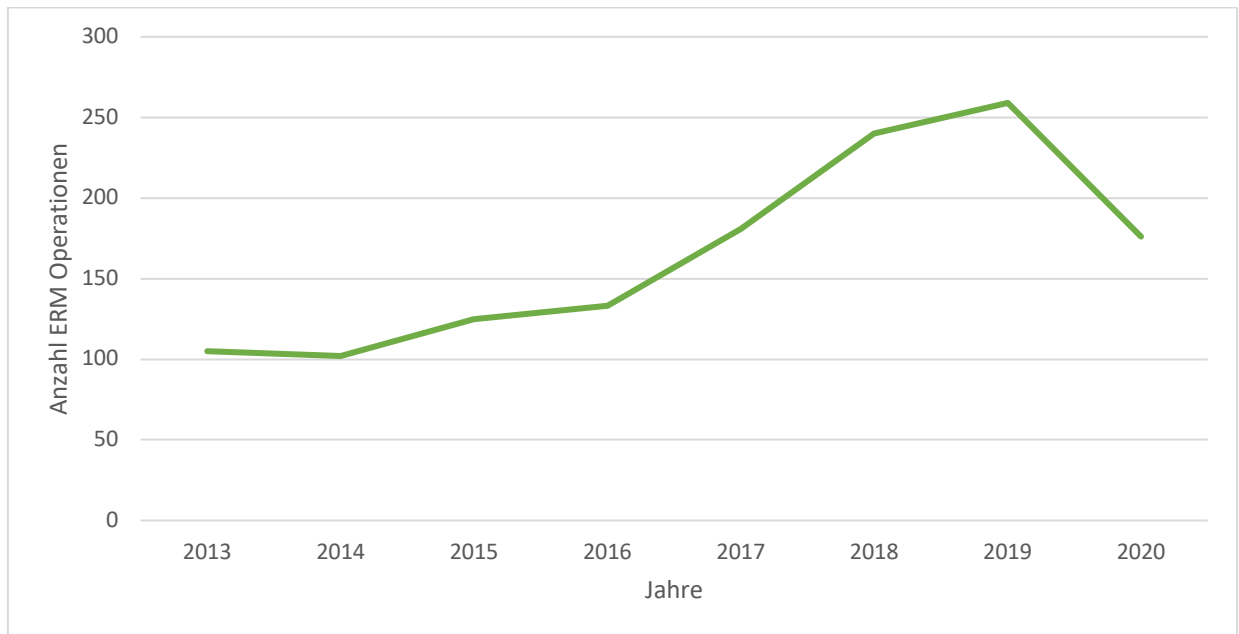


Abbildung 16: Absolute Fallzahlen Makula Pucker Operationen

Die Daten zeigen einen Anstieg der durchgeführten Operationen bis zum Jahr 2019 (Abb. 16). Im Jahr 2020 kam es pandemiebedingt zu einem deutlichen Abfall der absoluten Fallzahlen.

### 3.3 Absolute Häufigkeit der Gauge-Größen pro Jahr

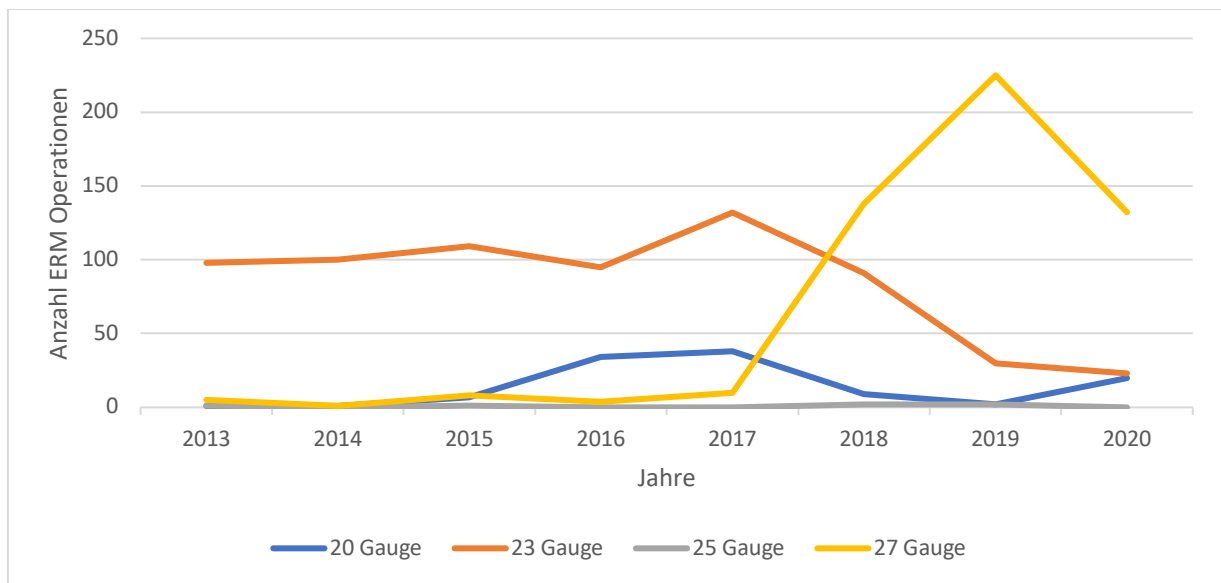


Abbildung 17: Verwendete Gauge-Größen pro Jahr

In der Analyse über die Verwendung der Gauge-Größen pro Jahr zeigte sich seit 2017 eine stetige Zunahme bei der Verwendung von 27-Gauge Instrumenten und eine entsprechende Abnahme bei 23-Gauge Instrumenten (Abb. 17).

### 3.4 Netzhautabhebungen

Im Gesamtzeitraum (2013-2021) kam es nach 5.5% der Operationen postoperativ zu Netzhautabhebungen (76/1387). Im Folgenden sind die Netzhautabhebungen in Bezug auf die Gauge-Größe zu sehen (Tabelle 2):

Tabelle 2: Gauge-Größen in absoluten Zahlen; Anteil in Prozent

Gauge-Größen	Absolute Zahlen	Anteil in Prozent (n=1387)
20-Gauge	8	0.58%
23-Gauge	38	2.74%
25-Gauge	1	0.07%
27-Gauge	29	2.09%
Gesamt	76	5.5%

Im Nachfolgenden eine Kreuztabelle (**Chi-Quadrat-Test**) mit den Gauge-Größen sowie den Netzhautabhebungen (0 ... keine Netzhautabhebung; 1 ... Netzhautabhebung) (Tabelle 3).

Tabelle 3: Gauge-Größen und Netzhautabhebung; Pearson Chi Quadrat

**Gauge Größen \* Netzhautabhebung Kreuztabelle**

			Netzhautabhebung		Gesamt
			0	1	
Gauge Größen	20G	Anzahl	96	8	104
		% von Gauge Größen	92,3%	7,7%	100,0%
	23G	Anzahl	641	38	679
		% von Gauge Größen	94,4%	5,6%	100,0%
	25G	Anzahl	13	1	14
		% von Gauge Größen	92,9%	7,1%	100,0%
	27G	Anzahl	561	29	590
		% von Gauge Größen	95,1%	4,9%	100,0%
Gesamt		Anzahl	1311	76	1387
		% von Gauge Größen	94,5%	5,5%	100,0%

Nach Durchführung des Chi-Quadrat-Tests zeigte sich ein p-Wert von 0.697 (**Pearson-Chi-Quadrat**). Somit ist keine statistische Signifikanz zwischen Gauge-Größe und Netzhautabhebung gegeben. Bei 20-Gauge PPV haben im Schnitt 7.7% postoperativ eine Netzhautabhebung. Bei 23-Gauge liegt die Häufigkeit bei 5.6%. 25-Gauge zeigte eine Netzhautabhebung (14 Operationen im Gesamten) und liegt somit bei 7.1%. 27-Gauge Operationen liegen mit 4.9% postoperativen Netzhautabhebungen im niedrigsten Bereich im Vergleich (Tabelle 4).

Tabelle 4: Gauge-Größen und postoperative Netzhautabhebung in Prozent

Gauge-Größen	Postoperative Netzhautabhebung in Prozent
20-Gauge	8 von 104 = 7.7%
23-Gauge	38 von 679 = 5.6%
25-Gauge	1 von 14 = 7.1%
27-Gauge	29 von 590 = 4.9%

Im **Fisher-Exakt-Test** zeigten sich folgende Ergebnisse:

Tabelle 5: Fisher-Exakt-Test mit p-Werten

Gauge-Größen Vergleich	p-Wert
20G vs. 23G	0,033*
23G vs. 25G	0,36
25G vs. 27G	0,21
23G vs. 27G	0,12
20G vs. 25G	0,92
20G vs. 27G	0,003*

20-Gauge vs. 23-Gauge, sowie 20-Gauge vs. 27-Gauge zeigten statistisch hochsignifikante Unterschiede (Tabelle 5). Bei 23-Gauge vs. 27-Gauge ist eine Tendenz erkennbar, allerdings ist sie statistisch nicht signifikant (Tabelle 5).

Bei insgesamt 76 Netzhautabhebungen, waren 52 Männer und 24 Frauen betroffen (Tabelle 6). Es zeigt sich ein statistisch hochsignifikanter Zusammenhang ( $p < 0.009$ ) zwischen dem Geschlecht und der Netzhautabhebungsrate (**Pearson-Chi-Quadrat**).

Tabelle 6: Geschlecht und Netzhautabhebung; Pearson Chi Quadrat

**Geschlecht \* Netzhautabhebung Kreuztabelle**

		Netzhautabhebung		Gesamt
		0	1	
Geschlecht m	Anzahl	695	52	747
	% von Geschlecht	93,0%	7,0%	100,0%
w	Anzahl	616	24	640
	% von Geschlecht	96,3%	3,8%	100,0%
Gesamt	Anzahl	1311	76	1387
	% von Geschlecht	94,5%	5,5%	100,0%

Männer hatten im Datensatz in 7% eine postoperative Netzhautabhebung (Tabelle 6).

Frauen hatten im Gegensatz dazu in 3.8% der Fälle eine postoperative Netzhautabhebung (Tabelle 6).

## 4 Diskussion

Makula Pucker ist eine verhältnismäßig häufige Netzhauterkrankung und die Therapie der Wahl besteht in der Durchführung einer PPV mit Membranpeeling. In den letzten Jahren ist Makula Pucker die häufigste Indikation zur elektiven Durchführung einer PPV geworden. Zur Durchführung einer PPV stehen Instrumente mit unterschiedlichen Durchmesser (gemessen in Gauge) zur Verfügung. Seit Mitte der 1970er Jahre bis etwa 2005 waren ausschließlich 20-Gauge Instrumente in Verwendung. Seit 2005 wurden kleinere Instrumente mit 23-, 25- und sogar 27-Gauge entwickelt. (Fujii et al., 2002, Eckardt, 2005, Oshima et al., 2007, Romano et al., 2015) Nachdem die Verwendung kleinerer Instrumente mit vielen Vorteilen wie weniger Entzündung, schnellerer Rehabilitation, weniger intra- und postoperative Komplikationen, weniger Schmerzen etc. assoziiert ist (Misra et al., 2009, Recchia et al., 2010), wurden zunehmend in den letzten Jahren immer mehr Vitrektomien mit kleineren Instrumenten durchgeführt. (Mennel et al., 2018) Eine relativ häufige und potenziell schwerwiegende Komplikation nach einer PPV ist die Netzhautabhebung. (Rizzo et al., 2010) Die publizierten Daten über postoperative Netzhautabhebungen nach PPV variieren sehr stark.

Das Ziel der Arbeit ist es daher, Unterschiede in Bezug auf die postoperative Netzhautabhebung nach einer kombinierten Vitrektomie bei Makula Pucker abhängig von unterschiedlichen Instrumentendurchmessern (20, 23, 25 und 27-Gauge) zu evaluieren. Zudem wurden potenzielle Alters- sowie Geschlechterunterschiede eruiert. Eingriffe mit 23-Gauge und 27-Gauge machen zusammen 91.5% der Operationen aus. 20-Gauge liegt mit 7.5% im unteren Drittel. 25-Gauge (1%) wurde am wenigsten verwendet.

Unsere Ergebnisse zeigen, dass es nach einer kombinierten Makula Pucker Operation in 5.5% der Fälle zu einer Netzhautabhebung kommt. Entgegen unserer Erwartung besteht dabei im Allgemeinen keine statistisch signifikante Korrelation zwischen der verwendeten Instrumentendicke und der Häufigkeit der Netzhautabhebungen ( $p=0.697$ ). Allerdings konnten in der detaillierten Analyse signifikante Unterschiede festgestellt werden. So zeigten sich im Vergleich von 20-Gauge mit 23-Gauge ( $p=0.03$ ) bzw. 20-Gauge mit 27-Gauge ( $p=0.003$ ) statistisch hochsignifikante Unterschiede. Beim Vergleich von 23-Gauge mit 27-Gauge zeigte sich lediglich eine Tendenz, welche jedoch nicht statistisch signifikant war ( $p=0.12$ ). Nach 27-Gauge Operationen entwickelten 4.9% der Patient\*innen eine

postoperative Netzhautabhebung. Damit waren Operationen mit 27-Gauge mit der geringsten Netzhautabhebungsrate assoziiert.

Auch in der Literatur zeigte sich eine Varianz in Netzhautabhebungsraten nach Vitrektomien je nach verwendeten Durchmessern der Instrumente. (Smiddy et al., 2003, Marie-Louise et al., 2017, HAAS et al., 2010, Rizzo et al., 2010) Nach Verwendung von 20-Gauge Instrumenten lag die Netzhautabhebungsrate bei 4%. (Smiddy et al., 2003) Bei dieser Studie handelt es sich jedoch um Vitrektomien nach Kataraktoperation, um im Auge verbliebenes Linsenmaterial zu bergen. Andere Daten aus der Literatur zeigen eine Netzhautabhebungsrate von 4.5%. (Wimpissinger and Binder, 2007) Bei der Auswertung von Netzhautabhebungen bei Endophthalmitis zeigten sich andere Ergebnisse: Hierbei liegt die Netzhautabhebungsrate bei 14.8%, wie eine Studie aus dem Jahr 2021 zeigt. (Wang et al., 2021) Bei diabetischer Retinopathie, ebenfalls eine häufige Indikation zur PPV, liegt die Netzhautabhebungsrate bei 5%. (Yorston et al., 2008, Schrey et al., 2006, Abdelhadi et al., 2020) Nach Bergung von intraokularen Fremdkörpern mittels PPV, liegt die Netzhautabhebungsrate bei 14.3%. (Demircan et al., 2005)

Eine rezente Studie zeigt eine Netzhautabhebungsrate von 0.98% nach 25-Gauge Vitrektomie zur Behandlung von Makula Pucker. (Marie-Louise et al., 2017) Verglichen mit unserer Studie wurden dabei nur zwei Jahre analysiert und die Anzahl an Augen war mit 216 ebenfalls deutlich geringer. Ein Vergleich zwischen 20-Gauge und 23-Gauge Vitrektomie bei Makula Pucker ergab eine Netzhautabhebungsrate von 1.6% nach 23-Gauge PPV und 1.8% nach 20-Gauge PPV. (HAAS et al., 2010) In dieser Studie wurden sämtliche Operationen von nur einem Chirurgen durchgeführt und auch die Anzahl an operierten Augen war mit 167 geringer. Eine weitere Studie, in welcher bei 2.432 PPV der Zusammenhang zwischen der verwendeter Instrumentengröße und Netzhautabhebungsrate untersucht wurde, zeigte ähnliche Ergebnisse, wie die Studie von Haas et al. (Rizzo et al., 2010) Außerdem wurde festgestellt, dass es keinen statistisch signifikanten Unterschied zwischen der postoperativen Netzhautabhebungsrate von 23-, 25-Gauge (1.7%) oder konventionellen 20-Gauge (1.2%) Instrumenten gab. Interessanterweise verhielt sich dabei die Netzhautabhebungsrate umgekehrt proportional zur Instrumentendicke. Allerdings waren diese Unterschiede statistisch nicht signifikant. (Rizzo et al., 2010) Dabei muss jedoch betont werden, dass auch Patient\*innen mit Makulaforamen eingeschlossen wurden. Der Beobachtungszeitraum war mit acht Jahren (2001-2009) etwas kürzer als der Beobachtungszeitraum unserer Studie.

In vielen Fällen wird bei einer PPV mit Membranpeeling ein kombiniertes Verfahren (mit gleichzeitiger Phakoemulsifikation der Linse) durchgeführt. Das liegt unter anderem an der hohen Rate an Katarakten, welche als Komplikation nach PPV entstehen. (Blodi and Paluska, 1997) Gerade bei Patient\*innen, welche älter als 50 Jahre sind, kommt es sehr häufig zur zeitnahen (i.d.R. nach 12-24 Monaten postoperativ) Ausbildung einer Katarakt. (Blodi and Paluska, 1997) So war bei 50% der Patient\*innen, welche sich einer PPV unterzogen haben, nach zwei Jahren eine Entfernung der Katarakt in einer zweiten Operation nötig. (Blodi and Paluska, 1997, Petermeier et al., 2010) Oftmals kommt es zur Ausprägung einer Kernkatarakt (65%) oder einer subkapsulären Katarakt (35%). (Smiddy et al., 1987)

Bei 20-Gauge Operationen traten in 7.7% der Fälle postoperative Netzhautabhebungen auf. In einer Vergleichsstudie aus dem Jahr 2012, lag die Rate an Ablösungen bei 11%. Die Studie zeigte keine signifikanten Unterschiede zwischen 20-Gauge und 23-Gauge in Bezug auf die Netzhautabhebungsrate. (de Nie et al., 2013) Untersucht wurde von der Studiengruppe um de Nie et al. die primäre Entfernung von Mouche Volantes durch PPV. Dabei wurden die Ergebnisse von 110 Augen untersucht, die im Zeitraum von 1998-2010 operiert wurden. Eine andere Studie aus dem Jahr 2011 präsentierte hingegen große Unterschiede in der postoperativen Netzhautabhebungsrate zwischen 20-Gauge und 23-Gauge. (Le Rouic et al., 2011) Dabei lag die kumulative Wahrscheinlichkeit einer Netzhautabhebung in einem Nachuntersuchungszeitraum von sechs Monaten in der Gruppe von 20-Gauge bei 3.5% und in der Gruppe von 23-Gauge bei 1.1% ( $p=0.04$ ). Interessanterweise stieg der Wert lediglich bei Patient\*innen, welche mit 20-Gauge operiert wurden mit der Zeit an. Nach 72 Monaten, lag die Netzhautabhebungsrate bei 4.9% ( $p=0.04$  Log-Rank-Test). (Le Rouic et al., 2011) 23-Gauge unterschied sich in unserer Arbeit zu 20-Gauge. 23-Gauge lag bei einer Netzhautabhebungsrate von 5.6%. Unsere Ergebnisse weisen darauf hin, dass die Verwendung von 20-Gauge Instrumenten, im Vergleich zu 23- oder 27-Gauge, zu mehr postoperativen Netzhautabhebungen führt. Betreffend 25-Gauge können keine Schlussfolgerungen gezogen werden, weil zu wenig Patient\*innen mit dieser Instrumentendicke operiert wurden.

In Bezug auf das Alter zeigte sich, dass die Patient\*innen am Operationstag im Schnitt 72.8 Jahre alt waren. Interessanterweise zeigte sich ein signifikanter Altersunterschied zwischen Patient\*innen welche eine Netzhautabhebung entwickelt haben, und denen die keine Netzhautabhebung entwickelt hatten ( $p<0.001$ ). Im Schnitt waren Patient\*innen mit

Netzhautabhebung 3.2 Jahre jünger. Zu einem ähnlichen Ergebnis kommt auch eine Studie aus dem Jahr 2012, in welcher das Risiko für eine Netzhautabhebung in Bezug zu Alter und Katarakt-Operation gesetzt wurde. (Clark et al., 2012) So zeigte Clark et al., dass es bei jüngeren Patient\*innen (<60 Jahre) ein deutlich höheres Risiko einer Netzhautabhebung nach Katarakt-Chirurgie gibt. Eine Theorie besagt, dass ältere Patient\*innen bereits eine Glaskörperabhebung haben, wodurch sich die Netzhautabhebungsrate verringert. (Clark et al., 2012, Lois and Wong, 2003). Ripandelli et al. zeigte, dass bei Patient\*innen ohne bereits stattgefundene HGA (i.d.R. junge Patient\*innen <60 Jahre), die HGA durch die Katarakt-Operation in 75.8% der Fälle ausgelöst wurde, wodurch die Netzhautabhebungsrate signifikant höher war. (Ripandelli et al., 2007) Die Rate an postoperativen Netzhautabhebungen lag mit bereits stattgehabter HGA bei 0.7%, in Vergleich dazu hatten Patient\*innen ohne HGA in 21.27% der Fälle eine postoperative Netzhautabhebung. (Ripandelli et al., 2007) 2012 zeigte eine Studie, dass die Durchführung einer Phakoemulsifikation, zu einer beschleunigten HGA führt, wodurch die Gefahr einer Netzhautabhebung mittelfristig ansteigt. (Ivstinovic et al., 2012)

Nach einem stetigen Anstieg der Operationszahlen von 2013, kam es 2020 zu einer pandemiebedingten deutlichen Abnahme der absoluten Fallzahlen. Diese Beobachtung wurde von verschiedenen internationalen Publikationen bestätigt. (McClelland et al., 2021, Okuno et al., 2021)

Es zeigte sich eine konstante Frequenz in der Verwendung von 23-Gauge Instrumenten für die Jahre 2013-2017. Im Jahr 2017 kam es zu einer deutlichen Reduktion von 23-Gauge Operationen, mit einem gleichzeitigen Anstieg in der Verwendung von 27-Gauge Instrumenten. Im Jahr 2018 wurden in der Universitätsklinik für Augenheilkunde in Graz erstmalig mehr Patient\*innen mittels 27-Gauge, als mit 23-Gauge operiert.

Erwähnenswert ist auch der Zusammenhang des Geschlechts der Patient\*innen mit der postoperativen Netzhautabhebungsrate. Männer hatten im Schnitt in 7% der Fälle eine Netzhautabhebung, Frauen in 3.8% der Fälle ( $p=0.009$ ). Clark et al. zeigte, dass Männer im Vergleich zu Frauen ein doppelt so hohes Risiko für eine postoperative Netzhautabhebung haben. (Clark et al., 2012) Als mögliche Ursache werden Unterschiede in der Anatomie des männlichen und weiblichen Auges diskutiert. Männer haben tendenziell eine längere Achsenlänge und Frauen neigen eher früher zu einer HGA. (Hayashi et al., 2019) Dieser

Umstand könnte Frauen in Bezug auf eine postoperative Netzhautabhebung nach Katarakt-Operation schützen. (Clark et al., 2012, Hayreh and Jonas, 2004, Fotedar et al., 2010)

#### **4.1 Vergleichende Erläuterungen, kritische Reflexion/Einschränkungen zu Inhalt und Methode**

Bei dieser Diplomarbeit handelt es sich um eine retrospektive Datenanalyse. Daher besteht die Gefahr der Verzerrung und Fehlinterpretation. Ebenfalls muss auf den Kohorteneffekt (Einflüsse auf eine Zielgruppe, durch die Unterschiede erzeugt werden, wenn eine Zielpopulation in unterschiedlichen Jahren untersucht wird) hingewiesen werden. Durch größtmögliche Sorgfalt beim Auswählen der Parameter, als auch bei der deskriptiven Statistik wurde versucht diesem Problem entgegenzuwirken. Durch den Wechsel des Betriebssystems der Augenklinik in Graz im Jahr 2021, war die Auswertung der benötigten Parameter erschwert. Es muss an dieser Stelle auch erwähnt werden, dass es bei den durchgeführten Operationen immer wieder Wechsel der Chirurg\*innen gab. So wurden neue Chirurg\*innen eingeschult, und ältere und erfahrenere Kolleg\*innen schieden aus dem aktiven Dienst aus. Abschließend lässt sich sagen, dass unsere Arbeit Schlussfolgerung auf Operationsinstrumentendurchmesser und Netzhautabhebungsrate zulässt, jedoch mit Einschränkungen. Daher sollte die Thematik in weiteren Arbeiten untersucht werden.

#### **4.2 Schlussfolgerung**

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass kleinere Operationsinstrumente tendenziell zu weniger postoperativen Netzhautabhebungen führen. An der Universitäts-Augenklinik Graz lässt sich ein eindeutiger Trend in der Verwendung von kleineren Operationsinstrumenten feststellen. Das Alter und Geschlecht stehen in einem Zusammenhang mit postoperativen Netzhautabhebungen. Junge Patient\*innen und Männer haben ein höheres Risiko für eine postoperative Netzhautabhebung.

## 5 Literaturverzeichnis

- ABDELHADI, A. M., HELALY, H. A. & ABUELKEIR, A. 2020. Evaluation of Retinal Detachment After Diabetic Vitrectomy: Causes and Ways of Management. *Clin Ophthalmol*, 14, 53-60.
- ANDERHUBER, F., PERA, F. & STREICHER, J. 2012. *Waldeyer Anatomie des Menschen*, De Gruyter.
- APPIAH, A. P. & HIROSE, T. 1989. Secondary causes of premacular fibrosis. *Ophthalmology*, 96, 389-92.
- AUMANN, S., DONNER, S., FISCHER, J. & MÜLLER, F. 2019. Optical Coherence Tomography (OCT): Principle and Technical Realization. In: BILLE, J. F. (ed.) *High Resolution Imaging in Microscopy and Ophthalmology: New Frontiers in Biomedical Optics*. Cham (CH): Springer
- Copyright 2019, The Author(s).
- AUNG, K. Z., MAKEYEVA, G., ADAMS, M. K., CHONG, E. W., BUSIJA, L., GILES, G. G., ENGLISH, D. R., HOPPER, J., BAIRD, P. N., GUYMER, R. H. & ROBMAN, L. D. 2013. The prevalence and risk factors of epiretinal membranes: the Melbourne Collaborative Cohort Study. *Retina*, 33, 1026-34.
- BARR, C. C., LAI, M. Y., LEAN, J. S., LINTON, K. L., TRESE, M., ABRAMS, G., RYAN, S. J. & AZEN, S. P. 1993. Postoperative intraocular pressure abnormalities in the Silicone Study. Silicone Study Report 4. *Ophthalmology*, 100, 1629-35.
- BLODI, B. A. & PALUSKA, S. A. 1997. Cataract after vitrectomy in young patients. *Ophthalmology*, 104, 1092-5.
- BRINGMANN, A. & WIEDEMANN, P. 2009. Involvement of Müller glial cells in epiretinal membrane formation. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol*, 247, 865-83.
- CLARK, A., MORLET, N., NG, J. Q., PREEN, D. B. & SEMMENS, J. B. 2012. Risk for retinal detachment after phacoemulsification: a whole-population study of cataract surgery outcomes. *Arch Ophthalmol*, 130, 882-8.
- DE NIE, K. F., CRAMA, N., TILANUS, M. A., KLEVERING, B. J. & BOON, C. J. 2013. Pars plana vitrectomy for disturbing primary vitreous floaters: clinical outcome and patient satisfaction. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol*, 251, 1373-82.
- DEMIRCAN, N., SOYLU, M., YAGMUR, M., AKKAYA, H., OZCAN, A. A. & VARINLI, I. 2005. Pars Plana Vitrectomy in Ocular Injury with Intraocular Foreign Body. *Journal of Trauma and Acute Care Surgery*, 59, 1216-1218.
- DO, D. V., CHO, M., NGUYEN, Q. D., SHAH, S. M., HANDA, J. T., CAMPOCHIARO, P. A., ZIMMER-GALLER, I., SUNG, J. U. & HALLER, J. A. 2006. The impact of optical coherence tomography on surgical decision making in epiretinal membrane and vitreomacular traction. *Trans Am Ophthalmol Soc*, 104, 161-6.
- ECKARDT, C. 2005. Transconjunctival sutureless 23-gauge vitrectomy. *Retina*, 25, 208-11.
- FEIZI, S., JAFARINASAB, M. R., KARIMIAN, F., HASANPOUR, H. & MASUDI, A. 2014. Central and peripheral corneal thickness measurement in normal and keratoconic eyes using three corneal pachymeters. *J Ophthalmic Vis Res*, 9, 296-304.
- FORRESTER, J. V., DICK, A. D., MCMENAMIN, P. & LEE, W. R. 2002. *The Eye: Basic sciences in practice*, W.B. Saunders.
- FOTEDAR, R., WANG, J. J., BURLUTSKY, G., MORGAN, I. G., ROSE, K., WONG, T. Y. & MITCHELL, P. 2010. Distribution of axial length and ocular biometry

- measured using partial coherence laser interferometry (IOL Master) in an older white population. *Ophthalmology*, 117, 417-23.
- FUJII, G. Y., DE JUAN, E., JR., HUMAYUN, M. S., PIERAMICI, D. J., CHANG, T. S., AWH, C., NG, E., BARNES, A., WU, S. L. & SOMMERVILLE, D. N. 2002. A new 25-gauge instrument system for transconjunctival sutureless vitrectomy surgery. *Ophthalmology*, 109, 1807-12; discussion 1813.
- GHAZI-NOURI, S. M., TRANOS, P. G., RUBIN, G. S., ADAMS, Z. C. & CHARTERIS, D. G. 2006. Visual function and quality of life following vitrectomy and epiretinal membrane peel surgery. *Br J Ophthalmol*, 90, 559-62.
- GOLD, D. & LEWIS, R. 2010. *Clinical Eye Atlas*, Oxford University Press.
- GREHN, F. *Augenheilkunde* [Online]. Springer Nature. Available: [https://media.springernature.com/lw685/springer-static/image/chp%3A10.1007%2F978-3-662-59154-3\\_14/MediaObjects/28131\\_32\\_De\\_14\\_Fig2\\_HTML.png](https://media.springernature.com/lw685/springer-static/image/chp%3A10.1007%2F978-3-662-59154-3_14/MediaObjects/28131_32_De_14_Fig2_HTML.png) [Accessed 02. September 23].
- GREHN, F. 2019. *Augenheilkunde*, Springer Verlag.
- GRIGORIAN, R. A., CASTELLARIN, A., FEGAN, R., SEERY, C., DEL PRIORE, L. V., VON HAGEN, S. & ZARBIN, M. A. 2003. Epiretinal membrane removal in diabetic eyes: comparison of viscodissection with conventional methods of membrane peeling. *Br J Ophthalmol*, 87, 737-41.
- GUIDRY, C., BRADLEY, K. M. & KING, J. L. 2003. Tractional force generation by human müller cells: growth factor responsiveness and integrin receptor involvement. *Invest Ophthalmol Vis Sci*, 44, 1355-63.
- HAAS, A., SEIDEL, G., STEINBRUGGER, I., MAIER, R., GASSER-STEINER, V., WEDRICH, A. & WEGER, M. 2010. TWENTY-THREE-GAUGE AND 20-GAUGE VITRECTOMY IN EPIRETINAL MEMBRANE SURGERY. *RETINA*, 30, 112-116.
- HAYASHI, K., SATO, T., MANABE, S.-I. & HIRATA, A. 2019. Sex-Related Differences in the Progression of Posterior Vitreous Detachment with Age. *Ophthalmology Retina*, 3, 237-243.
- HAYREH, S. S. & JONAS, J. B. 2004. Posterior vitreous detachment: clinical correlations. *Ophthalmologica*, 218, 333-43.
- IDREES, S., KURIYAN, A. E., SCHWARTZ, S. G., PAREL, J.-M. & FLYNN JR, H. W. 2019. *Recent Developments in Vitreo-Retinal Surgery*, [https://media.springernature.com/lw685/springer-static/image/chp%3A10.1007%2F978-3-030-25389-9\\_7/MediaObjects/460767\\_1\\_En\\_7\\_Fig14\\_HTML.jpg](https://media.springernature.com/lw685/springer-static/image/chp%3A10.1007%2F978-3-030-25389-9_7/MediaObjects/460767_1_En_7_Fig14_HTML.jpg), Springer Nature.
- IVANISEVIĆ, M., BOJIĆ, L. & ETEROVIĆ, D. 2000. Epidemiological study of nontraumatic phakic rhegmatogenous retinal detachment. *Ophthalmic Res*, 32, 237-9.
- IVASTINOVIC, D., SCHWAB, C., BORKENSTEIN, A., LACKNER, E. M., WEDRICH, A. & VELIKAY-PAREL, M. 2012. Evolution of early changes at the vitreoretinal interface after cataract surgery determined by optical coherence tomography and ultrasonography. *Am J Ophthalmol*, 153, 705-9.
- KAMPIK, A. 2012. Pathology of epiretinal membrane, idiopathic macular hole, and vitreomacular traction syndrome. *Retina*, 32 Suppl 2, S194-8; discussion S198-9.
- KANG, K. T., KIM, K. S. & KIM, Y. C. 2014. Surgical results of idiopathic and secondary epiretinal membrane. *Int Ophthalmol*, 34, 1227-32.
- KLEIN, R., KLEIN, B. E., WANG, Q. & MOSS, S. E. 1994. The epidemiology of epiretinal membranes. *Trans Am Ophthalmol Soc*, 92, 403-25; discussion 425-30.

- KOHNO, R. I., HATA, Y., KAWAHARA, S., KITA, T., ARITA, R., MOCHIZUKI, Y., AIELLO, L. P. & ISHIBASHI, T. 2009. Possible contribution of hyalocytes to idiopathic epiretinal membrane formation and its contraction. *Br J Ophthalmol*, 93, 1020-6.
- KOZAK, I., VAIDYA, V., VAN NATTA, M. L., PAK, J. W., MAY, K. P. & THORNE, J. E. 2014. The prevalence and incidence of epiretinal membranes in eyes with inactive extramacular CMV retinitis. *Invest Ophthalmol Vis Sci*, 55, 4304-12.
- LE ROUIC, J. F., BECQUET, F. & DUCOURNAU, D. 2011. Does 23-gauge sutureless vitrectomy modify the risk of postoperative retinal detachment after macular surgery? A comparison with 20-gauge vitrectomy. *Retina*, 31, 902-8.
- LEVIN, L. A., NILSSON, S. F. E., VER HOEVE, J., WU, S., KAUFMAN, P. L. & ALM, A. 2003. *Adler's Physiology of the Eye*, St. Louis, Elsevier, Saunders.
- LI, X. 2003. Incidence and epidemiological characteristics of rhegmatogenous retinal detachment in Beijing, China. *Ophthalmology*, 110, 2413-7.
- LOIS, N. & WONG, D. 2003. Pseudophakic retinal detachment. *Surv Ophthalmol*, 48, 467-87.
- MACHEMER, R., BUETTNER, H., NORTON, E. W. & PAREL, J. M. 1971. Vitrectomy: a pars plana approach. *Trans Am Acad Ophthalmol Otolaryngol*, 75, 813-20.
- MARIE-LOUISE, J., PHILIPPAKIS, E., DARUGAR, A., TADAYONI, R. & DUPAS, B. 2017. Occurrence rate of retinal detachment after small gauge vitrectomy for idiopathic epiretinal membrane. *Eye (Lond)*, 31, 1259-1265.
- MCCLELLAND, P. H., CHENG, O., HU, J., HUNTER, J. G., WINKLER, A. C., LEE, R. & ZENILMAN, M. E. 2021. Operative Shutdown and Recovery: Restructuring Surgical Operations During the SARS-CoV-2 Pandemic. *J Surg Res*, 268, 181-189.
- MENNEL, S., BECHRAKIS, N. E., BINDER, S. & HAAS, A. 2018. State of the art und Zukunft der Vitrektomie – Techniken und Instrumente. *Spektrum der Augenheilkunde*, 32, 3-11.
- MISRA, A., HO-YEN, G. & BURTON, R. L. 2009. 23-gauge sutureless vitrectomy and 20-gauge vitrectomy: a case series comparison. *Eye*, 23, 1187-1191.
- MONTAGUE, C. & VISLISEL, J.: University of Iowa. Available: <https://eyerounds.org/atlas/photos/RD/Rhegmatogenous-retinal-detachment-HST.jpg> [Accessed 02. September 2023].
- MURGATROYD, H. & BEMBRIDGE, J. 2008. Intraocular pressure. *Continuing Education in Anaesthesia, Critical Care and Pain*, 8(3).
- NG, C. H., CHEUNG, N., WANG, J. J., ISLAM, A. F., KAWASAKI, R., MEUER, S. M., COTCH, M. F., KLEIN, B. E., KLEIN, R. & WONG, T. Y. 2011. Prevalence and risk factors for epiretinal membranes in a multi-ethnic United States population. *Ophthalmology*, 118, 694-9.
- NICHOLSON, B. P., ZHOU, M., ROSTAMIZADEH, M., MEHTA, P., AGRÓN, E., WONG, W., WILEY, H., NUSSENBLATT, R. & SEN, H. N. 2014. Epidemiology of epiretinal membrane in a large cohort of patients with uveitis. *Ophthalmology*, 121, 2393-8.
- OHSAWA, K., IMAI, Y., SASAKI, Y. & KOHSAKA, S. 2004. Microglia/macrophage-specific protein Iba1 binds to fimbrin and enhances its actin-bundling activity. *J Neurochem*, 88, 844-56.
- OKUNO, T., TAKADA, D., SHIN, J. H., MORISHITA, T., ITOSHIMA, H., KUNISAWA, S. & IMANAKA, Y. 2021. Surgical volume reduction and the announcement of triage during the 1st wave of the COVID-19 pandemic in Japan: a cohort study using an interrupted time series analysis. *Surg Today*, 51, 1843-1850.

- OSHIMA, Y., AWH, C. C. & TANO, Y. 2007. Self-retaining 27-gauge transconjunctival chandelier endoillumination for panoramic viewing during vitreous surgery. *Am J Ophthalmol*, 143, 166-167.
- PETERMEIER, K., SZURMAN, P., BARTZ-SCHMIDT, U. K. & GEKELER, F. 2010. [Pathophysiology of cataract formation after vitrectomy]. *Klinische Monatsblätter für Augenheilkunde*, 227, 175-180.
- QIAO, H., HISATOMI, T., SONODA, K. H., KURA, S., SASSA, Y., KINOSHITA, S., NAKAMURA, T., SAKAMOTO, T. & ISHIBASHI, T. 2005. The characterisation of hyalocytes: the origin, phenotype, and turnover. *Br J Ophthalmol*, 89, 513-7.
- RAHMAN, R. & STEPHENSON, J. 2014. Early surgery for epiretinal membrane preserves more vision for patients. *Eye (Lond)*, 28, 410-4.
- RECCHIA, F. M., SCOTT, I. U., BROWN, G. C., BROWN, M. M., HO, A. C. & IP, M. S. 2010. Small-gauge pars plana vitrectomy: a report by the American Academy of Ophthalmology. *Ophthalmology*, 117, 1851-7.
- RIPANDELLI, G., COPPÉ, A. M., PARISI, V., OLZI, D., SCASSA, C., CHIARAVALLI, A. & STIRPE, M. 2007. Posterior vitreous detachment and retinal detachment after cataract surgery. *Ophthalmology*, 114, 692-7.
- RIZZO, S., BELTING, C., GENOVESI-EBERT, F. & DI BARTOLO, E. 2010. INCIDENCE OF RETINAL DETACHMENT AFTER SMALL-INCISION, SUTURELESS PARS PLANA VITRECTOMY COMPARED WITH CONVENTIONAL 20-GAUGE VITRECTOMY IN MACULAR HOLE AND EPIRETINAL MEMBRANE SURGERY. *RETINA*, 30, 1065-1071.
- ROMANO, M. R., SCOTTI, F. & VINCIGUERRA, P. 2015. 27-Gauge Vitrectomy for Primary Rhegmatogenous Retinal Detachment: Is it Feasible? *Ann Acad Med Singap*, 44, 185-7.
- RYAN, S. J., WILKINSON, C. P., HINTON, D. R., SADDA, S. R. & WIEDEMANN, P. 2012. *Retina*, Saunders.
- SANDALI, O., EL SANHARAWI, M., BASLI, E., BONNEL, S., LECUEN, N., BARALE, P. O., BORDERIE, V., LAROCHE, L. & MONIN, C. 2013. Epiretinal membrane recurrence: incidence, characteristics, evolution, and preventive and risk factors. *Retina*, 33, 2032-8.
- SCHREY, S., KREPLER, K. & WEDRICH, A. 2006. Incidence of rhegmatogenous retinal detachment after vitrectomy in eyes of diabetic patients. *Retina*, 26, 149-52.
- SCHUMACHER, G. H. & AUMÜLLER, G. 2004. *Topographische Anatomie des Menschen*, Urban & Fischer in Elsevier.
- SMIDDY, W. E., GUERERRO, J. L., PINTO, R. & FEUER, W. 2003. Retinal detachment rate after vitrectomy for retained lens material after phacoemulsification. *Am J Ophthalmol*, 135, 183-7.
- SMIDDY, W. E., MAGUIRE, A. M., GREEN, W. R., MICHELS, R. G., DE LA CRUZ, Z., ENGER, C., JAEGER, M. & RICE, T. A. 1989. Idiopathic epiretinal membranes. Ultrastructural characteristics and clinicopathologic correlation. *Ophthalmology*, 96, 811-20; discussion 821.
- SMIDDY, W. E., STARK, W. J., MICHELS, R. G., MAUMENEE, A. E., TERRY, A. C. & GLASER, B. M. 1987. Cataract Extraction after Vitrectomy. *Ophthalmology*, 94, 483-487.
- STEVENSON, W., PROSPERO PONCE, C. M., AGARWAL, D. R., GELMAN, R. & CHRISTOFORIDIS, J. B. 2016. Epiretinal membrane: optical coherence tomography-based diagnosis and classification. *Clin Ophthalmol*, 10, 527-34.
- UEMURA, A., IDETA, H., NAGASAKI, H., MORITA, H. & ITO, K. 1992. Macular pucker after retinal detachment surgery. *Ophthalmic Surg*, 23, 116-9.

- VERDICK, R. F. & CHIN, E. M.: University of Iowa. Available: <https://webeye.ophth.uiowa.edu/eyeforum/atlas/photos/ERM/ERM-1.JPG> [Accessed 02. September 2023].
- VON FRICKEN, M. A., KUNJUKUNJU, N., WEBER, C. & KO, G. 2009. 25-Gauge sutureless vitrectomy versus 20-gauge vitrectomy for the repair of primary rhegmatogenous retinal detachment. *Retina*, 29, 444-50.
- WANG, T., MOINUDDIN, O., ABUZAITOUN, R., HWANG, M., BESIRLI, C., WUBBEN, T. J. & ZACKS, D. N. 2021. Retinal Detachment After Endophthalmitis: Risk Factors and Outcomes. *Clin Ophthalmol*, 15, 1529-1537.
- WIMPISSINGER, B. & BINDER, S. 2007. Entry-site-related retinal detachment after pars plana vitrectomy. *Acta Ophthalmologica Scandinavica*, 85, 782-785.
- WISE, G. N. 1975. Clinical Features of Idiopathic Preretinal Macular Fibrosis: Schoenberg Lecture. *American Journal of Ophthalmology*, 75, 347-349.
- WIZNIA, R. A. 1986. Posterior vitreous detachment and idiopathic preretinal macular gliosis. *Am J Ophthalmol*, 102, 196-8.
- YAZICI, A. T., ALAGÖZ, N., CELIK, H. U., BOZKURT, E., ALAGÖZ, C., CAKIR, M., CEKIÇ, O. & YILMAZ, O. F. 2011. Idiopathic and secondary epiretinal membranes: do they differ in terms of morphology? An optical coherence tomography-based study. *Retina*, 31, 779-84.
- YORSTON, D., WICKHAM, L., BENSON, S., BUNCE, C., SHEARD, R. & CHARTERIS, D. 2008. Predictive clinical features and outcomes of vitrectomy for proliferative diabetic retinopathy. *Br J Ophthalmol*, 92, 365-8.
- YOSHIMURA, T., SONODA, K. H., SUGAHARA, M., MOCHIZUKI, Y., ENAIDA, H., OSHIMA, Y., UENO, A., HATA, Y., YOSHIDA, H. & ISHIBASHI, T. 2009. Comprehensive analysis of inflammatory immune mediators in vitreoretinal diseases. *PLoS One*, 4, e8158.
- YOU, Q., XU, L. & JONAS, J. B. 2008. Prevalence and associations of epiretinal membranes in adult Chinese: the Beijing eye study. *Eye (Lond)*, 22, 874-9.