

**UNTERSUCHUNGEN ZU RETINALEN GEFÄSSREAKTIONEN BEI
SILIKONÖLTAMPONADEN DER NETZHAUT**

Dissertation

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

**vorgelegt dem Rat der Medizinischen Fakultät
der Friedrich-Schiller-Universität Jena**

von

Friederike Fröber

geboren am 20. April 1985 in Weimar

- 1. Gutachter: PD Dr. med. habil. J. Dawczynski**
- 2. Gutachter: Universitätsprofessor Dr. med. habil. W. Linß**
- 3. Gutachter: PD Dr. med. habil. M. Blum**

Tag der öffentlichen Verteidigung: 07.04.2009

Inhaltsverzeichnis

	Seite
Abkürzungsverzeichnis	
Zusammenfassung	
1. Einleitung	1
1. 1 Silikonöltamponaden der Netzhaut	1
1.1.1 Vorgehen bei der Pars-Plana-Vitrektomie (PPV) mit anschließender Silikonöltamponade	1
1.1.2 Eigenschaften des Silikonöls	2
1.1.3 Wirkungsweise des Silikonöls	2
1.1.4 Indikationen für eine PPV mit Silikonöltamponade	4
1.1.5 Probleme und Komplikationen durch Silikonöltamponade	6
1. 2 Der Dynamic Vessel Analyzer (DVA)	8
1.2.1 Allgemeines zum DVA	8
1.2.2 Wirkung und Bedeutung des Flickerlichtes	10
1.2.3 Welche Werte werden bei der Untersuchung genau bestimmt?	10
1.2.4 Bedeutung des Gefäßdurchmessers	11
1.2.5 Gefäßdurchmesserwirksame Provokationstechniken	12
2. Klinische Fragestellung / Ziele der Arbeit	13
3. Patienten und Methoden	15
3. 1 Patientencharakteristik	15
3.1.1 Geschlechts- und Altersverteilung	16
3.1.2 Operationsindikation und stationäre Verweildauer	16
3.1.3 Nebenerkrankungen	17
3.1.4 Blutdruck, Visus, Augeninnendruck	18
3.1.5 Weitere Augenerkrankungen und Voroperationen am Auge	20
3.1.6 Sonstige Patientencharakteristika	21
3. 2 Untersuchungsmethoden	22
3. 3 Statistische Auswertung	24
4. Ergebnisse	26
4. 1 Gemessene Parameter mit und ohne Silikonöl im Vergleich	26

4. 2 Gemessene Parameter in Abhängigkeit vom Geschlecht	33
4. 3 Gemessene Parameter in Abhängigkeit von der Indikation zu Operation	38
4. 4 Gemessene Parameter in Abhängigkeit von vorausgegangenen Operationen am betroffenen Auge	44
4. 5 Gemessene Parameter in Abhängigkeit von der durchgeführten Operation (Silikonöl-Tamponade oder Silikonöl-Entfernung)	46
4. 6 Gemessene Parameter in Abhängigkeit vom Alter	48
4. 7 Gemessene Parameter in Abhängigkeit von der stationären Verweildauer	53
4. 8 Gemessene Parameter in Abhängigkeit vom Visus	55
4. 9 Gemessene Parameter in Abhängigkeit vom Augeninnendruck	55
4.10 Gemessene Parameter in Abhängigkeit vom systolischen und diastolischen Blutdruck	56
4.11 Gemessene Parameter in Abhängigkeit von Nebenerkrankungen	57
4.11.1 Gemessene Parameter bei Glaukom	57
4.11.2 Gemessene Parameter bei Diabetes mellitus	58
4.11.3 Gemessene Parameter bei arterieller Hypertonie	63
4.11.4 Gemessene Parameter bei koronarer Herzkrankheit (KHK)	65
4.11.5 Gemessene Parameter bei Herzrhythmusstörungen	67
4.11.6 Gemessene Parameter bei Hypercholesterinämie	70
4.11.7 Gemessene Parameter bei neurologischen Erkrankungen	72
4.11.8 Gemessene Parameter bei Schilddrüsenerkrankungen	73
4.12 Gemessene Parameter in Abhängigkeit vom Zustand der Linse	73
4.13 Zusammenfassung der Ergebnisse	78
5. Diskussion	81
6. Schlussfolgerungen	97
Literatur- und Quellenverzeichnis	
Abbildungsverzeichnis	
Anhang: Ehrenwörtliche Erklärung	
Danksagung	
Lebenslauf	

Abkürzungsverzeichnis

ALC	Argonlaser-Koagulation
CCD	Charge-Coupled-Device
dpt	Dioptrien
DVA	Dynamic Vessel Analyzer
ENOS	Endotheliale NO-Synthetase
FF	Fundusfotographie
g/cm ³	Gramm pro Kubikzentimeter
HDL	High Density Lipoprotein
Hz	Herz, entspricht einer Anzahl pro Sekunde
ICG	Indocyanin-Grün
ILM	Membrana limitans interna
IOD	intraokulärer Druck / Tensio
IR	Infrarot
KHK	koronare Herzkrankheit
LDL	Low Density Lipoprotein
MAP	mittlerer arterieller Blutdruck
min	Minute
mm	Millimeter
mmHg	Millimeter Quecksilbersäule
mN/m	Millinewton pro Meter
mPas	Millipascalsekunde
µm	Mikrometer
n	Anzahl der Patienten
nm	Nanometer
NO	Stickstoffmonoxid
OP	Operation
PDMS	Polydimethylsiloxan
PDVR	proliferative diabetische Vitreoretinopathie
PPV	Pars Plana Vitrektomie
PVR	proliferative Vitreoretinopathie
RR	arterieller Blutdruck
RU	relative Einheiten

RVA	Retinal Vessel Analyzer
sec	Sekunde
Siöl	Silikonöl
SVD	stationäre Verweildauer
W/cm ²	Watt pro Quadratcentimeter
YAG	Yttrium-Aluminium-Granat-Laser

Zusammenfassung

In dieser Studie wurden die Daten von 55 Patienten, die im Zeitraum von Mai 2007 bis Januar 2008 an der Klinik für Augenheilkunde des Jenaer Universitätsklinikums mittels Pars Plana Vitrektomie und Einbringen bzw. Entfernen einer Silikonöl-Tamponade operiert wurden, erhoben. Das betroffene Auge der Patienten wurde mittels des Dynamic Vessel Analyzers (DVA) jeweils zweimal - einmal prä- und einmal postoperativ - vermessen. Dabei war zum Zeitpunkt der beiden Messungen mit dem DVA einmal Öl und einmal kein Öl im betroffenen Auge, um durch Vergleich der beiden Werte Hinweise zu erhalten, inwieweit sich das Silikonöl möglicherweise auf die Mikrozirkulation des behandelten Auges auswirkt.

Das Patientengut bestand aus 29 Männern und 26 Frauen im Alter zwischen 42 und 93 Jahren. In Abhängigkeit von der Operationsindikation wurden die Patienten in fünf Gruppen eingeteilt. In die Auswertung wurden außerdem verschiedene Nebenerkrankungen der Patienten, die die Mikrozirkulation des Auges beeinflussen könnten, wie Diabetes mellitus, arterielle Hypertonie, koronare Herzerkrankung, Herzrhythmusstörungen, Hypercholesterinämie, neurologische Erkrankungen, Schilddrüsenerkrankungen und Glaukomerkrankungen berücksichtigt.

Darüber hinaus wurden verschiedene Patientendaten, die ohne bzw. mit vorhandener Öl-Tamponade im betroffenen Auge erhoben wurden, wie beispielsweise der mittlere arterielle Blutdruckwert, der Visus und der Augeninnendruck in die Auswertung einbezogen. Weiterhin wurden eventuelle intra- und postoperativ auftretende Komplikationen, eingenommene Medikamente und auftretende Allergien erfasst. Auch der Zustand der Linse und eventuelle Voroperationen am betroffenen Auge sowie die stationäre Verweildauer des Patienten wurden berücksichtigt.

Der Dynamic Vessel Analyzer ist ein Gerät zur direkten „online“ - Vermessung retinaler Gefäße, welche in vivo aber nicht invasiv, das heißt mit minimaler Belastung für den Betroffenen durchgeführt werden kann. Um die möglichen Folgen einer Silikonöltamponade im menschlichen Auge abschätzen zu können, kamen Provokationsverfahren zur Anwendung, die Veränderungen der retinalen Gefäßweite hervorrufen. In der vorliegenden Arbeit wurde das Flickerlicht als nicht invasives Provokationsverfahren eingesetzt und somit die Reaktionsfähigkeit der retinalen Arteriolen und Venolen mit und ohne Silikonöl bestimmt.

Die Messung einer Netzhautarteriole und einer entsprechenden Netzhautvenole mittels des DVA erfolgte bei allen 55 Probanden nach Applikation eines Mydriatikums zur Erweiterung der Pupille. Zu Beginn wurden über 50 Sekunden die Durchmesser der retinalen Gefäße in Ruhe gemessen, das heißt jeweils ein arterieller und ein venöser Ausgangswert bestimmt. Anschließend erfolgte 20 Sekunden die Flickerlichtprovokation, wobei sich die Provokationsphase mit Flickerlicht dreimal wiederholte und jeweils von einer nachgeschalteten Ruhephase von 80 Sekunden ohne Provokation gefolgt war.

Unter der Provokation durch das Flickerlicht wurde eine Vasodilatation der retinalen Gefäße nachgewiesen. Mit Stimulationsende wurde die Dilatationsphase abgebrochen, und es setzte eine schnelle Reduktion der Gefäßdurchmesser ein.

Die statistische Auswertung erfolgte mittels des SPSS-Programmes (Version 15.0).

Mit der Entwicklung des Dynamic Vessel Analyzers steht erstmals ein nicht invasives Gerät zur dynamischen Vermessung von retinalen Gefäßdurchmessern zur Verfügung. Mit der vorliegenden Arbeit konnte gezeigt werden, dass sich die Provokation mit Flickerlicht zur Untersuchung der autoregulatorischen Fähigkeiten der Netzhautgefäße eignet, da es sich um ein unkompliziertes und zuverlässiges Verfahren mit minimaler Belastung für den Patienten handelt, welches sich darüber hinaus gut dafür eignet, mögliche Folgen des Silikonöls auf die Autoregulation der Netzhautgefäße zu untersuchen.

Insgesamt zeigte sich keine signifikante Auswirkung des Silikonöls auf die Autoregulationsfähigkeit der retinalen Gefäße beim einfachen Vergleich zwischen den Gefäßparametern ohne und mit Öl. Allerdings ergaben sich bei der Auswertung der gemessenen Parameter in Abhängigkeit vom Geschlecht, vom Alter, von der Art der durchgeführten Operation (Silikonöl-Tamponade oder Silikonöl-Entfernung), vom mittleren arteriellen Blutdruck, vom Vorliegen einer Diabetes mellitus oder einer koronaren Herzerkrankung und in Abhängigkeit vom Zustand der Linse Hinweise auf eine veränderte Autoregulation unter Silikonöl in diesen speziellen Untergruppen. Daher wäre zu empfehlen, die Auswirkungen dieser Eigenschaften auf die Autoregulation der Netzhautgefäße im Zusammenhang mit einer Silikonöltamponade im Rahmen einer größeren Studie zu untersuchen.

1. Einleitung

1.1 Silikonöltamponaden der Netzhaut

Silikonöl ist neben Gas und den sogenannten schweren Flüssigkeiten/Ölen eine der Substanzen, die für Endotamponaden in der Netzhaut-Chirurgie genutzt wird und gilt gleichzeitig als Goldstandard [Engelmann 2008].

Die ersten klinischen Versuche mit Silikonöl wurden 1962 durch Paul Cibis bei Patienten mit proliferativer diabetischer Retinopathie durchgeführt. Dabei wurde das Öl in nicht vitrektomierten Augen eingesetzt und so zunächst als hydraulische Kraft zur Abtrennung epiretinaler (präretinaler) Membranen von der Netzhaut genutzt. Das Silikonöl wurde damals, nach der Drainage der subretinalen Flüssigkeit, als Ersatzmedium zwischen die epiretinalen Membranen und die Netzhaut injiziert und unterstützte damit die Wideranlage der Netzhaut an das Pigmentepithel und tamponierte außerdem gleichzeitig vorhandene Netzhautlöcher [Kusserow 2008].

Nach der Einführung der Pars-plana-Vitrektomie 1970 durch Robert Machemer entstand durch Relja Zivojnovic die Idee, den entfernten Glaskörper vollständig durch Silikonöl zu ersetzen, und somit diente ab sofort das Öl als komplette Glaskörpertamponade.

1.1.1 Vorgehen bei der Pars-Plana-Vitrektomie (PPV) mit anschließender Silikonöltamponade

Das Grundprinzip der Pars-Plana-Vitrektomie besteht in einer operativen Entfernung des erkrankten Glaskörpers und einer anschließenden Sanierung der Netzhaut. Hierbei wird der erkrankte Glaskörper operativ entfernt und durch Silikonöl ersetzt. Mit einem ca. 1 mm dicken Saugschneidegerät wird, unter Beobachtung über ein binokulares indirektes Ophthalmoskop, über die Pars plana in das Auge eingegangen, da hier die Netzhaut fest mit ihrer Unterlage verwachsen ist und so der Eingriff nicht zu einer artifiziellen Netzhautablösung führen kann. Der erkrankte Glaskörper wird herausgeschnitten und abgesaugt, gleichzeitig der intraokuläre Druck durch eine Infusion aufrecht erhalten. Eventuell vorliegende Netzhaut-Foramina werden mittels Kryotherapie oder Laser behandelt. Anschließend wird die

Infusionslösung mit Luft ausgetauscht und dann durch das Silikonöl ersetzt und so eine innere Tamponade, die sogenannte Silikonöl-Endotamponade hergestellt.

1.1.2 Eigenschaften des Silikonöls

Das Silikonöl, auch Polydimethylsiloxan (PDMS) genannt, ist ein Gemisch vieler Polymere, die aus Dimethyl-Siloxan-Bausteinen aufgebaut sind. Bei der Herstellung ist die Länge der einzelnen Polymere nicht sicher zu steuern, weswegen anschließend die toxischen niedermolekularen Polymere chromatographisch entfernt werden müssen. Die Länge der Polymere bestimmt die Viskosität des Öls. Sie liegt zwischen 1000 und 5000 mPas. Zurzeit gibt es zwei verschiedene Öle, die die günstigsten Eigenschaften hinsichtlich der Nebenwirkungen haben, das 1000´er Öl und das 5000´er Öl. Der Brechungsindex des Silikonöls liegt bei 1,404 (Glaskörper und Vorderkammerflüssigkeit haben einen Brechungsindex von 1,336), weshalb es im phaken Auge zu einer Hyperopisierung und im aphaken (linsenlosen) Auge zu einer Myopisierung kommt. Beide Zustände sind lageinstabil und können mit etwa +5,0 dpt ausgeglichen werden.

Ein Problem des Silikonöls ist seine spezifische Dichte, die mit $0,97 \text{ g/cm}^3$ etwas geringer als die des Wassers ist. Da das Öl somit leichter als Wasser bzw. Glaskörperflüssigkeit ist, wird die Netzhaut bei aufrechter Körperhaltung in den unteren Bereichen schlechter tamponiert als in den oberen.

Die Grenzflächenspannung des Silikonöls ist hoch und beträgt gegen Wasser 40 mN/m und gegen Luft 21 mN/m. Das bedeutet, dass das Öl in Form einer großen Blase bestehen bleibt und sich nicht mit Wasser oder Luft vermischt.

Die Sauerstofflöslichkeit des Silikonöls beträgt 2 %, es ist also sauerstoffdurchlässig. Das Öl ist im Bereich des sichtbaren Lichts vollständig durchsichtig und ist nicht karzinogen [Engelmann 2008].

1.1.3 Wirkungsweise des Silikonöls

Auf Grund seiner hohen Oberflächenspannung tamponiert Silikonöl zuverlässig Netzhautdefekte jeder Größe und Konfiguration. Dies wiederum erlaubt dem Netzhautchirurgen präretinale Membranen vollständig zu entfernen sowie, bei verbleibenden Traktionskräften, Retinotomien oder Retinektomien anzulegen.

Außerdem begrenzt das Silikonöl die Progredienz und das Ausmaß erneuter Netzhautablösungen.

Durch die Formstabilität der Silikonölblase und ihrer Unmischbarkeit mit Wasser wirkt das Öl als Raumfüller und behindert die freie Bewegung proliferativer Zellen und biochemischer Mediatoren durch den Glaskörperraum. Das hat zur Folge, dass in Augen mit proliferativer diabetischer Retinopathie oder mit proliferativer Vitreoretinopathie das Ausmaß von Reproliferationen begrenzt wird und sogar in entsprechenden Risikoaugen der Ausbruch der Erkrankung teilweise aufgehalten werden kann. Bei perforierenden Augenverletzungen, bei denen oft eine über Jahre bestehende und schwer beherrschbare Proliferationsneigung besteht, kann das Öl ebenfalls die Proliferationen begrenzen. Auch eine Rubeosis iridis wird begrenzt, indem das Silikonöl die Diffusion angiogener Mediatoren zur Iris hin räumlich behindert.

Die Formstabilität der Silikonölblase führt zu einer mechanischen Stabilisierung der Netzhaut und von eventuellen peripheren Glaskörpergrenzmembranen, wodurch mögliche Wiederablösungen der Retina unter Silikonöl häufig flach bleiben und sich meist auf die periphere Netzhaut beschränken und nur selten die Makula betreffen. Eine schmerzhaft Phthisis bulbi (Augapfelschrumpfung) kann ebenfalls durch die stabilisierende Wirkung des Öls in vielen Fällen verhindert werden.

Das Silikonöl wirkt hämostatisch, da es Blut, Fibrin etc. auf den Raum zwischen Silikonölblase und Netzhaut begrenzt. Das Öl tamponiert blutende Gefäße und begrenzt bzw. verhindert Nachblutungen aus diabetischen Gefäßproliferaten und Netzhautgefäßen an Retinotomiekanten. Zudem ermöglicht die klare Optik eine gute postoperative Kontrolle und Nachsorge, eventuell notwendige Laserkoagulationen und vor allem eine schnellere Visus-Rehabilitation des Patienten.

Insgesamt wirken alle beschriebenen Funktionsweisen des Silikonöls gemeinsam und führen zusammen zu einer Stabilisierung der Netzhautsituation.

Nach Erreichen einer stabilen Netzhautsituation und wenn klinisch keine Proliferationsprozesse mehr erkennbar sind, kann in aller Regel das Silikonöl wieder entfernt werden. Dies erfolgt meist ungefähr drei bis sechs Monate nach der Operation. Sollte sich während der Ölentfernung eine erneute Notwendigkeit der Silikonöltamponade ergeben, z.B. eine wiederholte Netzhautablösung, kann auch eine erneute Öleingabe erfolgen.

1.1.4 Indikationen für eine PPV mit Silikonöltamponade

Die Indikationen zur Silikonöltamponade sind einem ständigen Wandel unterzogen und jeweils von der individuellen Situation abhängig. Prinzipiell unterscheidet man drei Hauptindikationen:

1) Die Netzhautablösung (Ablatio retinae / Amotio retinae).

Die Netzhautablösung ist durch eine Abhebung der neurosensiblen Netzhaut vom darunter gelegenen Pigmentepithel gekennzeichnet und kommt in drei Formen vor:

Die rhegmatogene Ablatio ist eine durch einen Netzhautriss verursachte Ablösung der Netzhaut. Durch den Riss gelangt Glaskörperflüssigkeit zwischen Retina und Pigmentepithel und hebt so beide Schichten voneinander ab. Zu einem Einreißen der Netzhaut kann es infolge anlagebedingter Verdünnung der Netzhaut (z.B. bei Myopie) oder durch Zug des Glaskörpers (infolge Glaskörperverflüssigung) kommen. Sie ist die häufigste Form der Netzhautablösung und hat ihre Lokalisation meist in der Fundusperipherie, im temporalen oberen Bereich der Netzhaut. Diese Form der Netzhautablösung betrifft meist die Netzhautbasis, das heißt den Übergang zwischen der fest mit der Glaskörpergrenzmembran verwachsenen Retina und der nicht fest verwachsenen Retina, da hier die größte Belastung für die Netzhaut besteht. In diesem Bereich treten auch die Netzhautdefekte nach Traumata mit anschließender möglicher Netzhautablösung auf.

Die exsudative Ablatio entsteht durch einen Austritt von Flüssigkeit aus den Gefäßen der Aderhaut (Choroidea), die durch ein geschädigtes Pigmentepithel unter die Netzhaut gelangt und dort zu einer Netzhautablösung führt. Die Ursachen hierfür sind vielfältig und reichen vom malignen Melanom der Aderhaut bis hin zu Vaskulitiden (z.B. Morbus Wegener).

Die Traktions-Ablatio entsteht durch sich kontrahierende Netzhaut-Glaskörper-Membranen. Sie findet sich sehr häufig bei der diabetischen Retinopathie, bei der Frühgeborenen-Retinopathie und bei der proliferativen Vitreoretinopathie (PVR). Dabei tritt die PVR v.a. im unteren Bereich der Netzhaut auf. Je nach Lokalisation und Ausprägung werden verschiedene Stadien unterschieden. Kroll klassifizierte die proliferative diabetische Vitreoretinopathie in die Stadien A bis D. Im Stadium A bestehen vitreoretinale Proliferationen ohne Netzhautablösung. Stadium B beschreibt eine Netzhautablösung, aber noch ohne Beteiligung der Makula. Im Stadium C

besteht eine partielle Netzhautabhebung der Makula und Stadium D weist eine völlige Abhebung der Makula auf [Kroll 1986]. Spätere Untersuchungen haben gezeigt, dass diese Stadieneinteilung einen hohen prognostischen Wert für das funktionelle Ergebnis und den Schwierigkeitsgrad einer Pars-Plana-Vitrektomie hat [Hesse 2002].

2) Die proliferative diabetische Vitreoretinopathie (PDVR).

Sie manifestiert sich in Form von Neovaskularisationen, die aus den Gefäßen der Papille oder aus den großen Netzhautgefäßen entspringen. Diese bleiben zunächst im Netzhautniveau, dringen aber später auch in den präretinalen Raum vor. Neovaskularisationen führen zu rezidivierenden Glaskörperblutungen, zu einer inkompletten hinteren Glaskörperabhebung und über die Bildung fibrovaskulärer Stränge zwischen abgehobenem Glaskörper und Netzhaut zur Entstehung einer Traktions-Ablatio (s.o.). Die Indikation zur PPV wird heutzutage deutlich früher gesehen, da gezeigt werden konnte, dass durch eine Glaskörperentfernung der Zug auf die Netzhaut vermindert werden kann und auch die Progredienz eines Makulaödems positiv beeinflusst werden kann [Hoerauf 1995, Castellarin 2003].

3) Das Makulaforamen.

Das Makulaforamen, auch zentrale Foramen genannt, entspricht einem atrophischen Netzhautloch in der Fovea centralis. Die in der Fovea centralis ohnehin schon sehr dünne Netzhaut atrophiert und hinterlässt ein scharf begrenztes Loch in der Retina. Ursache kann eine Ablösung der hinteren Glaskörpergrenzmembran von der Netzhautoberfläche über einen hierbei auftretenden mechanischen Zug sein. Weitere Ursachen sind neben idiopathischen Formen die epiretinale Gliose, Traumata, ein arterieller Hypertonus, eine Arteriosklerose oder eine pathologische Myopie. Das Makulaforamen kann zu einer rhegmatogenen Ablatio führen. Aktuelle Untersuchungen konnten zeigen, dass durch eine Entfernung der Membrana limitans interna (ILM) häufig ein Verschluss des Makulaforamens erreicht werden kann [Haritoglou 2006]. Dabei ist ein häufig angewendeter Farbstoff zur Anfärbung der ILM das Indocyanin-Grün (ICG).

Weitere Indikationen für eine PPV mit Silikonöltamponade können intraokuläre Entzündungen sein, wie die endogene oder iatrogene Endophthalmitis, starke

irreversible Glaskörper-Trübungen bei Chorioretinitis, eine Ablatio nach Zytomegalie-Retinitis, die Rubeosis iridis und das akute retinale Nekrosesyndrom.

Außerdem kann die PPV mit Silikonöltamponade bei unklarer Glaskörperblutung, bei perforierenden Traumata, bei einer Phtisis bulbi (Augapfelschrumpfung), beim Optikuskolobom, beim Morbus Coats und beim Morbus Eales indiziert sein.

1.1.5 Probleme und Komplikationen durch Silikonöltamponade

Prinzipiell ist die Silikonöltamponade ein sicheres Verfahren. Dennoch können, wie bei allen chirurgischen Verfahren, auch Probleme auftreten. Nachfolgend sind einige davon dargestellt.

Intraoperativ:

Intraoperative silikonölbedingte Komplikationen sind selten und sind meist durch eine gute Operationstechnik vermeidbar. Die wichtigste Komplikation ist ein Durchtritt des Öls unter die Netzhaut, was oft mit einer Netzhautruptur verbunden ist und eigentlich nur dann auftritt, wenn das Silikonöl bei nicht spannungsfreier Netzhaut injiziert wird. Weiterhin ist bei zu großen Mengen von injiziertem Silikonöl eine intraoperative Augeninnendruckerhöhung möglich, was als Bulbushypertonie bezeichnet wird.

Postoperativ:

Die postoperativen Probleme und Komplikationen durch eine Silikonöltamponade sind insgesamt gering, wenn die empfohlene Verweildauer des Silikonöls im Auge von drei bis sechs Monaten eingehalten wird bzw. regelmäßige Befundkontrollen durchgeführt werden. Die wichtigsten Komplikationen sind Katarakt (Linsentrübung), Sekundärglaukom und Keratopathie [Kusserow 2008, Lucke 1993].

Die Entwicklung einer geringgradigen Linsentrübung ist praktisch unvermeidbar und tritt bei einer Tamponadendauer unter sechs Monaten in 60 bis 80 % der Fälle auf (bei längerer Nachbeobachtung und Verweildauer in bis zu 100 %). Die Ursache liegt in dem im Bereich des Linsen-Silikonöl-Kontaktes behinderten Stoffaustausches der Linse. Bei der Entfernung des Silikonöls nach drei bis sechs Monaten kann bei klinischer Notwendigkeit gleichzeitig die getrübte Linse mit entfernt werden.

Ein sekundärer Anstieg des Augeninnendrucks (Sekundärglaukom) erfolgt auf Grund einer Abspaltung von kleineren stabilen Bläschen von der großen Silikonölblase, was

als Emulsifikation bezeichnet wird. Die kleinen Ölbläschen sammeln sich unter anderem im Kammerwinkel an und verstopfen somit das Trabekelwerk. Diese Komplikation, die vorübergehend oder persistierend auftreten kann und mit drucksenkenden Augentropfen in der Regel gut therapierbar ist, findet man in 11 bis 15 % der Patienten [Al-Jazzaf 2005, Lucke 1993]. Das Sekundärglaukom (auch die persistierende Form) bildet sich in den meisten Fällen spätestens nach der Ölentfernung zurück. Insgesamt beruht das Sekundärglaukom auf einer multifaktoriellen Genese und ist nicht allein dem Silikonöl zuzuschreiben. Zu den Folgen des Glaukoms gehören in seltenen Fällen auch die glaukomatöse Optikusatrophie und die Ziliarkörperatrophie.

Das Hyperoleon, eine „Schaumbildung“ verursacht durch viele kleine Ölbläschen im Bereich der oberen Vorderkammer, gehört ebenfalls zu den Folgen der Emulsifikation. Die kleinen Ölbläschen können in die Retina, den Nervus opticus und andere umliegende intraokuläre Strukturen einwandern.

Die Einlagerung von Silikonöl in die intraokulären Strukturen ist abhängig vom Grad der Emulsifikation, von der Verweildauer des Öls, vom intraokulären Druck und von der Beschaffenheit der Netzhaut. Die Emulsifikation der Silikonöle ist umso geringer, je höher viskös das Öl ist, das heißt bei 5000'er Ölen (hochviskös) sind die damit verbundenen Komplikationen eher selten, weshalb dieses Öl auch bevorzugt eingesetzt wird.

Die Keratopathie ist eine Eintrübung der Hornhaut, die durch den direkten Kontakt des Hornhautendothels mit dem Silikonöl zustande kommt und in 7 bis 32 % der Fälle auftritt [Lucke 1993]. Bei der Silikonöltamponade am linsenlosen Auge wird deshalb gleichzeitig eine 6-Uhr-Iridektomie angelegt, die unter anderem verhindern soll, dass das Öl in die Vorderkammer gelangt und so das Hornhautendothel irreversibel schädigt. Fibrin, Blut und Reproliferationen können postoperativ allerdings das durch die Iridektomie erzeugte Loch in der Iris verschließen, so dass das Öl in die Vorderkammer gelangen kann. Mit einem YAG-Laser muss dann dieses Loch in der Iris schnellstmöglich wieder eröffnet werden.

Da die Silikonöl-Blase darüber hinaus die Verteilung von Wachstumsfaktoren im Glaskörperraum modifiziert, begünstigt sie die Entstehung epiretinaler Membranen an der Grenze zwischen Silikonöl und Netzhaut.

1.2 Der Dynamic Vessel Analyzer (DVA)

Das Auge ist der einzige Bereich des menschlichen Körpers, an dem in vivo die Gefäße direkt sichtbar sind und beobachtet werden können. Dies kann zur nicht-invasiven Beurteilung von Gefäßfunktionen genutzt werden. Der DVA ermöglicht es, die retinalen Gefäße in Echtzeit zu beobachten und aufzuzeichnen. Hierbei handelt es sich um das weltweit erste patentierte Verfahren, mit hochauflösenden Spezialkameras die Mikrogefäße am Augenhintergrund online zu vermessen.

1.2.1 Allgemeines zum DVA

Der Dynamic Vessel Analyzer (DVA), früher Retinal Vessel Analyzer (RVA) genannt, stellt ein Gerätesystem zur nicht-invasiven und objektiven Erfassung und Analyse von Gefäßdurchmessern retinaler Arterien und Venen dar. Dabei sind sowohl statische, als auch dynamische, d.h. kontinuierlich über einen bestimmten Zeitraum durchzuführende Messungen möglich. Gleichzeitig kann die flickerlichtinduzierte Veränderung der Gefäßweite gemessen werden. Dies erlaubt Aussagen bezüglich der Dilatations- und auch der Konstriktionsfähigkeit der Arterien und Venen. Gleichzeitig kann auch der Fundus beurteilt werden. Das heißt, durch die Anfertigung von Bildfolgen der Fundusregion können sowohl induzierte Änderungen des Gefäßdurchmessers (z.B. durch Flickerlicht, Intraokulardruckänderungen, Blutdruckänderungen, veränderte Zusammensetzung des Atemgases u.a.) als auch spontane Änderungen des Gefäßdurchmessers (z.B. pulssynchrone Änderungen) erfasst werden. Insgesamt können mittels DVA die funktionellen Eigenschaften der Netzhautgefäße abgebildet werden. Die Reproduzierbarkeit dieser Methode konnte bereits in verschiedenen Untersuchungen aufgezeigt werden. Es handelt sich daher um eine geeignete Methode zur retinalen Gefäßanalyse [Nagel 2006, Pache 2002].

Das Gerät der Firma IMEDOS (Jena) besteht aus einer modifizierten Funduskamera (Zeiss FF 450 IR, Firma Carl Zeiss Jena), einer daran angeschlossenen CCD (charge coupled device)-Messkamera, dem DVA-Rechner mit Fundusmonitor und Datenmonitor, mit Messprogrammen, Analyseprogrammen, Steuerprogrammen, Datenbank und SVHS-Rekorder. Mit der Funduskamera wird das Netzhautbild eingestellt. Diese ist auf dem Fundusmonitor in Echtzeit beobachtbar. Dabei wird der Augenhintergrund über einen speziellen Bandpassfilter beleuchtet, der für einen

optimalen Kontrast der Gefäßabbildung der Netzhaut sorgt. Das verwendete grüne Messlicht hat eine Wellenlänge von 530 bis 600 nm und eine Leuchtstärke von 1,96 E-04 W/cm². Abbildung 1 und 2 zeigen den Aufbau des DVA.



Abb.1 Dynamic Vessel Analyzer (Firma IMEDOS Jena)

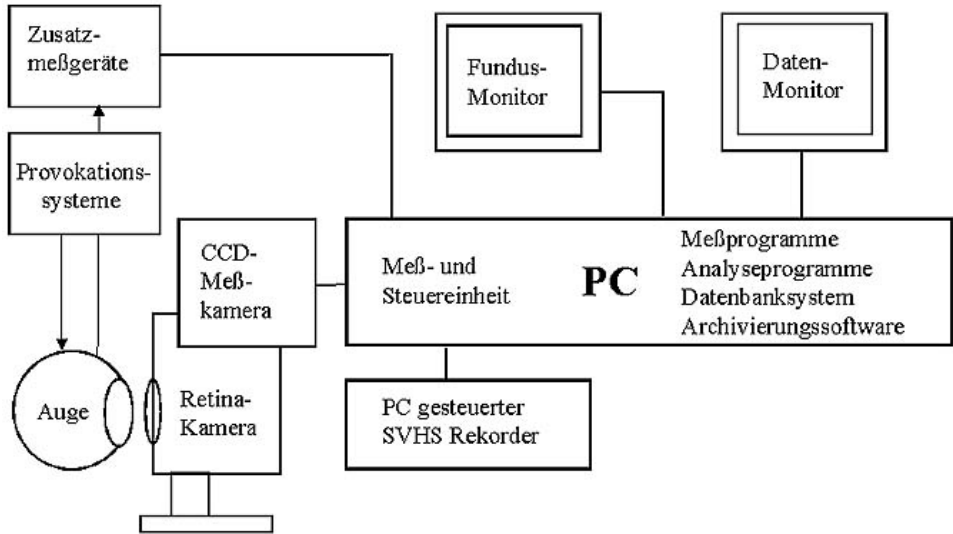


Abb. 2 Aufbau des Dynamic Vessel Analyzers (DVA)

1.2.2 Wirkung und Bedeutung des Flickerlichtes

In der Ophthalmologie stellt die Stimulation mit Licht einen den physiologischen Umständen nahekommenden, einfach zu praktizierenden und dem Patienten gut zu vermittelnden Provokationsreiz dar. Das Flickerlicht als Provokationsreiz wirkt auf die retinale Mikrozirkulation im Sinne einer maximalen Stimulation. Dabei wird aus den Endothelien, die die Netzhautgefäße sowohl der Arterien/Arteriolen als auch der Venen/Venolen auskleiden, ausgelöst durch das Flickerlicht und durch neurovaskuläre Kopplungsmechanismen Stickstoffmonoxid (NO) freigesetzt [Dawczynski 2007]. Versuche einer Blockade der endothelialen NO-Synthetase (ENOS) zeigten eine verminderte Gefäßreaktion auf Flickerlicht [Dorner 2003, Oehmer 2006, Vilser 2002]. Da NO als Vasodilatator wirkt, werden folglich die Netzhautgefäße erweitert und so die Perfusion der Retina erhöht [Dawczynski 2007]. Damit kann NO als Indikator für die endotheliale Funktionsfähigkeit zentraler Netzhautgefäße genutzt und das Ausmaß der flickerlichtinduzierten Gefäßdilatation als Ausdruck der Endothelfunktion angenommen werden. Flickerlicht induziert also eine Perfusionserhöhung der Retina mittels einer Weitstellung der Gefäße [Nagel 2004-1, Vilser 2000].

Dass bei Patienten mit unbehandeltem arteriellem Hypertonus und mit Diabetes mellitus die flickerlichtinduzierte Dilatation retinaler Arteriolen reduziert ist, konnte in vergangenen Studien bereits gezeigt werden [Nagel 2004-2, Dawczynski 2007, Mandecka 2007]. Der wahrscheinlichste Grund dafür ist beim Diabetes mellitus die diabetische Mikroangiopathie, die mit einer endothelialen Dysfunktion einhergeht. In der vorliegenden Studie soll nun geprüft werden, ob sich die Flickerlichtreaktionen von Patienten mit bzw. ohne Silikonöl unterscheiden, das heißt ob durch den Druck des Silikonöls Veränderungen im Reaktionsverhalten der Netzhautgefäße feststellbar sind.

1.2.3 Welche Werte werden bei der Untersuchung genau bestimmt ?

Bei der Messung mit dem DVA wird jeweils die Zeit von -30 bis -1 Sekunde vor Flickerlichtprovokation als Ausgangswert (Baseline) des Durchmessers des arteriellen und des venösen Segmentes gewertet und die folgende Durchmesserreaktion in der Flickerperiode darauf normiert. Mit einsetzender

Flickerlichtstimulation erfolgt dann eine Dilatation der arteriellen und venösen Netzhautgefäße. Mit Stimulationsende (nach 20 Sekunden) wird die Dilatationsphase abgebrochen und es beginnt eine schnelle Reduktion der Gefäßdurchmesser. Der arterielle Durchmesser unterschreitet dabei den Ausgangswert (Baseline), es kommt also zu einer arteriellen Konstriktion. Der venöse Durchmesser unterschreitet zu keinem Zeitpunkt seinen Ausgangswert, sondern nähert sich diesem langsam an. Prinzipiell ist die Reaktion der Venen im Gegensatz zu den Arterien zeitlich verzögert. Aus den drei Provokationszyklen pro Patient errechnet der DVA dann den mittleren arteriellen und venösen Baseline-Durchmesser in relativen Einheiten (RU), die mittlere arterielle und venöse Flickerdilatation in Prozent (%) und die mittlere arterielle Konstriktion in Prozent (%). In vergangenen Studien lag die maximale arterielle Dilatation unter Flickerlicht bei 7,4 % und die maximale arterielle Konstriktion bei -4,6% [Nagel 2004-1].

1.2.4 Bedeutung des Gefäßdurchmessers

Der Gefäßdurchmesser ist einer der wichtigsten Parameter der retinalen Mikrozirkulation. Andere Parameter sind die retinale Kreislaufzeit, die arterielle Blutflussgeschwindigkeit und der kapilläre Blutfluss. Deshalb wurde in der vorliegenden Studie die Wirkung von Silikonöl im Auge mit Hilfe der Reaktion der retinalen arteriellen und venösen Gefäßdurchmesser auf Flickerlicht untersucht.

Die Weite der retinalen Gefäße, das heißt der Durchmesser bestimmt den Blutfluss. Dieser wiederum beschreibt das Angebot an Nähr- und Wirkstoffen sowie die Abtransportkapazität für Stoffwechselprodukte, die einem Gefäßgebiet zur Verfügung gestellt wird. Dabei ist es wichtig, dass das Angebot auch in der erforderlichen Menge und Zeit in das zu versorgende Gebiet gelangt.

Die verschiedenen Regulationsmechanismen der Mikrozirkulation, welche die Deckung des Stoffbedarfs des zu versorgenden Gewebereiches autonom gegen Änderungen des Perfusionsdruckes und der Fließeigenschaften sichern sollen, werden über Änderungen des Gefäßdurchmessers wirksam. Analysiert man also Gefäßantworten von Provokationen (z.B. Flickerlicht) der Mikrozirkulation, bietet sich die Möglichkeit zur Funktionsdiagnostik des regulativen Verhaltens der retinalen Gefäße. Die Zielstellung ist die Bestimmung der Regelfähigkeit und der aktuellen regulativen Reserve bezüglich Weit- oder Engstellung, mit denen der untersuchte

Gefäßabschnitt noch auf veränderte Stoffwechselsituationen z.B. Perfusionsdruckstörungen oder Änderungen der Fließeigenschaften des Blutes reagieren kann. Nach gegenwärtigen Vorstellungen sind hauptsächlich die retinalen Arterien als Widerstandsgefäße für die Regulation des Blutflusses entsprechend dem aktuellen systemischen Blutdruck und dem nutritiven Gewebebedarf zuständig. Wie vergangene Studien belegen, ist v.a. die arterielle Flickerlichtreaktion ausreichend stabil und unterliegt einer geringen Varianz, so dass diese als Funktionsparameter der Regelfähigkeit der großen retinalen Arterien geeignet scheint [Nagel 2005].

1.2.5 Gefäßdurchmesserwirksame Provokationstechniken

Die Provokationstechniken sind von den Faktoren abgeleitet, die bekannterweise einen Einfluss auf die retinale Mikrozirkulation haben. Das ist der Blutdruck, der Augeninnendruck, die Lichtbelastung, die Atemgaszusammensetzung, verschiedene Arzneimittel, einige Stoffwechselerkrankungen und aktive Regelmechanismen wie der NO-Mechanismus, das Endothelin, der Bayliss-Effekt [Blum 1999] u.a.. Provokationstechniken, durch die es zu einer Verengung des Gefäßdurchmessers kommt, sind der Blutdruckanstieg, durch den es zum Bayliss-Effekt an retinalen Gefäßen kommt und die Sauerstoffinhalation [Nagel 2006-2, Nagel 2004-3, Lanzl 2000].

Provokationstechniken, durch die es zu einer Erweiterung des Gefäßdurchmessers kommt, sind neben der Lichtbelastung der Netzhaut (Flickerlicht) die Steigerung des Intraokularsdrucks, die eine Reduktion des Perfusionsdrucks bewirkt und deshalb ebenfalls mit einer Erweiterung der Gefäßdurchmesser beantwortet wird [Nagel 2000]. Die passive Gefäßkompression, die im Sinne einer kurzzeitigen Unterbrechung der retinalen Mikrozirkulation mit einer reaktiven Hyperämie beantwortet wird, gehört ebenfalls zu den Gefäßdurchmesser-erweiternden Provokationstechniken [Nagel 2000].

Der Vorteil dieser okulär angreifenden Provokationsreize ist, dass unerwünschte und meist kaum erfassbare Einflüsse systemischer Faktoren (kardial, pulmonal, humoral) auf die provozierten Gefäßreaktionen relativ gering werden.

2. Klinische Fragestellung / Ziele der Arbeit

Das Auge stellt den einzigen Bereich des menschlichen Körpers dar, in dem es möglich ist, in vivo direkt Gefäße zu betrachten und zu beurteilen. Dabei dient der DVA als Hilfsmittel, um diese Gefäße der Netzhaut in Echtzeit zu beobachten. Genutzt werden kann dies, um mögliche Folgen einer Silikonöltamponade der Netzhaut auf diese retinalen Gefäße und damit auf die Mikrozirkulation zu beurteilen. Silikonöl-Tamponaden werden heute vor allem bei der Netzhautablösung, bei der proliferativen diabetischen Vitreoretinopathie, bei Makulaforamina und bei intraokulären Entzündungen eingesetzt. Zu den Indikationen gehören darüber hinaus das akute retinale Nekrosesyndrom, die Glaskörper-Trübungen oder -Einblutungen, Traumata, intraokuläre Fremdkörper und Schrumpfungen des Augapfels (Phtisis bulbi). Bisher ist noch unklar, ob das Silikonöl Auswirkungen auf die retinalen Gefäße und damit auf deren autoregulatorische Fähigkeiten hat.

In der vorliegenden Studie sollte untersucht werden, ob sich eine Silikonölotamponade im Auge auf die Gefäße der Netzhaut auswirkt. Mögliche Auswirkungen auf die retinalen Gefäße sollten anhand veränderter autoregulatorischer Fähigkeiten der venösen und arteriellen Gefäße des Augenhintergrundes gemessen und damit erfasst werden. Die Reaktionsfähigkeit der Gefäße wurde mittels Flickerlichtreiz bestimmt, da die Stimulation mit Licht einen den physiologischen Umständen nahekommenden, einfach zu praktizierenden und dem Patienten gut zu vermittelnden Provokationsreiz darstellt. Das Flickerlicht wirkt nachweislich auf die retinale Mikrozirkulation im Sinne einer maximalen Stimulation. Da der Gefäßdurchmesser einen der wichtigsten Parameter der retinalen Mikrozirkulation darstellt, wurde dieser genutzt und mithilfe des DVA gemessen. Durch die Einführung des Dynamic Vessel Analyzer steht erstmals eine nicht invasive Methode zur Messung retinaler Gefäßdurchmesser zu Verfügung.

Da die Nebenwirkungen des Silikonöls am Auge noch nicht vollständig geklärt sind, ist es notwendig, auch die retinalen Gefäße in die Untersuchungen nach Auswirkungen des Silikonöls auf das Auge einzubeziehen. Hier erwartet man frühe Hinweise auf mögliche spätere Schäden an den versorgten Netzhautarealen und der Netzhaut benachbarten Strukturen.

In der vorliegenden Studie sollten darüber hinaus mögliche Risikoprofile für eventuelle Auswirkungen des Silikonöls erfasst und aufgezeigt werden. Dabei wurde

der Frage nachgegangen, ob bestimmte gesundheitliche Konstellationen der in die Studie einbezogenen Patienten einen Einfluss auf die Reaktionsfähigkeit der retinalen Gefäße auf das Flickerlicht unter Silikonöl-Tamponade haben. Hierfür wurden beispielsweise die an Diabetes mellitus Erkrankten den Nicht-Diabetikern gegenübergestellt und miteinander verglichen. Des Weiteren wurden Patienten mit Glaukom, arterieller Hypertonie, koronarer Herzkrankheit, Herzrhythmusstörungen, Hypercholesterinämie, neurologischen Erkrankungen und Schilddrüsenerkrankungen in die Studie einbezogen. Die Daten wurden in Abhängigkeit von phaken, pseudophaken und aphaken Augen ausgewertet. Außerdem wurde untersucht, ob das Geschlecht, die Indikation zur Operation, vorausgegangene Operationen am betroffenen Auge, die Art der durchgeführten Operation (Silikonöl-Tamponade oder Silikonöl-Entfernung), das Alter der Patienten, die Länge der stationären Verweildauer, der Visus, der Augeninnendruck und der systolische und diastolische Blutdruckwert Auswirkungen auf die Netzhautgefäße und deren Reaktionsfähigkeit haben.

Mit Hilfe des Dynamic Vessel Analyzer wurde damit nicht invasiv und in vivo die retinalen Gefäßreaktionen von Patientenaugen mit Silikonölotamponade im Vergleich zum Zustand desselben Auges ohne Silikonöl untersucht und somit erstmals Schlussfolgerungen bezüglich möglicher veränderter Reaktionen der Netzhautgefäße auf Grund des Silikonöls gezogen.

3. Patienten und Methoden

3.1 Patientencharakteristik

In die Untersuchungen wurden insgesamt 55 Patienten, welche sich in der Zeit von Mai 2007 bis Januar 2008 einer Operation an der Klinik für Augenheilkunde in Jena unterziehen mussten, eingeschlossen. Dabei wurde das erkrankte Auge jedes Patienten zweimal mit dem DVA gemessen, einmal prä- und einmal postoperativ. Von jedem Patienten wurden somit die Gefäßreaktionswerte der retinalen Arterien und Venen sowohl mit als auch ohne Silikonöl im Auge gemessen.

Von den insgesamt 55 Patienten hatten 25 bereits Silikonöl im Auge und kamen mit der Operationsindikation Silikonölentfernung in die Augenklinik. Von diesen 25 Patienten wurde das Öl tatsächlich nur bei 21 Patienten entfernt, bei den übrigen vier wurde nach Ölentfernung sofort wieder neues Öl in das Auge eingegeben, was man als Silikonöl-Wechsel bezeichnet, so dass diese vier Patienten für meine Auswertung wegfallen mussten. Die übrigen 30 Patienten hatten bei Aufnahme in die Augenklinik kein Silikonöl im Auge und sollten in der Operation Silikonöl bekommen, das heißt eine Silikonölentamponade. Tatsächlich bekamen aber elf dieser Patienten kein Silikonöl, sondern stattdessen beispielsweise Gas oder Elektrolytlösung und konnten deshalb ebenfalls nicht in die Auswertung mit einbezogen werden. Die übrigen 19 Patienten erhielten eine Silikonölentamponade. Insgesamt kamen von den 55 untersuchten Patienten 40 zur Auswertung.

Einschlusskriterium war die stationäre Aufnahme in die Klinik für Augenheilkunde in Jena im oben genannten Zeitraum zum Zweck einer Silikonölentamponade oder einer Silikonölentfernung. Ausgeschlossen wurden diejenigen Patienten, bei denen auf Grund der Trübung optischer Medien (Hornhaut, Linse oder Glaskörper) keine Fundusuntersuchung möglich war. Ausschlusskriterien bezüglich bestimmter Nebenerkrankungen, vorausgegangener Operationen oder Medikamenteneinnahme gab es nicht.

In der Universitätsaugenklinik Jena wird für die Silikonölentamponade ausschließlich 5000'er Silikonöl verwendet, das heißt ein Silikonöl mit dem höchsten Viskositätsgrad von 5000 mPas.

3.1.1 Geschlechts- und Altersverteilung

Das Patientengut bestand aus 29 Männern und 26 Frauen. Das Alter der untersuchten Patienten betrug zwischen 42 und 93 Jahren, wobei der Großteil zwischen 50 und 85 Jahren alt war. Von den 40 ausgewerteten Patienten waren 21 jünger als 70 und die übrigen 19 Patienten 70 Jahre oder älter. Das durchschnittliche Alter (Mittelwert) betrug 67,8 Jahre. In Abbildung 3 ist die Altersverteilung der untersuchten Patienten dargestellt.

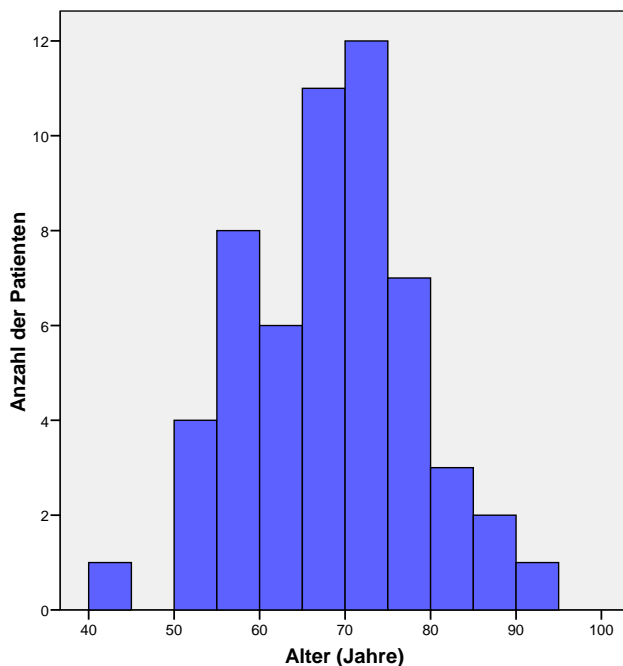


Abb.3 Altersverteilung der untersuchten Patienten

3.1.2 Operationsindikation und stationäre Verweildauer

Die Indikation zur Operation stellte bei den 25 Patienten, die mit Silikonöl im Auge kamen, das Silikonöl selber dar, welches nach einer Verweildauer von drei bis sechs Monaten bei jetzt bestehenden stabilen Netzhautverhältnissen im Auge wieder entfernt werden sollte. Bei den anderen Patienten, die ohne Silikonöl im Auge kamen unterschieden sich die Indikationen zur Durchführung einer PPV mit anschließender Silikonölendotamponade. Von den 30 Patienten war bei elf Patienten die Indikation eine Ablatio retinae, bei fünf ein bestehendes Makulaforamen, bei weiteren neun eine proliferative diabetische Retinopathie und bei den übrigen fünf andere Indikationen. In Abbildung 4 ist die Häufigkeitsverteilung der Indikationen zur

Operation aller 55 untersuchten Patienten dargestellt. Betrachtet man nur die 40 ausgewerteten Patienten, ergibt sich die in Abbildung 5 dargestellte Verteilung.

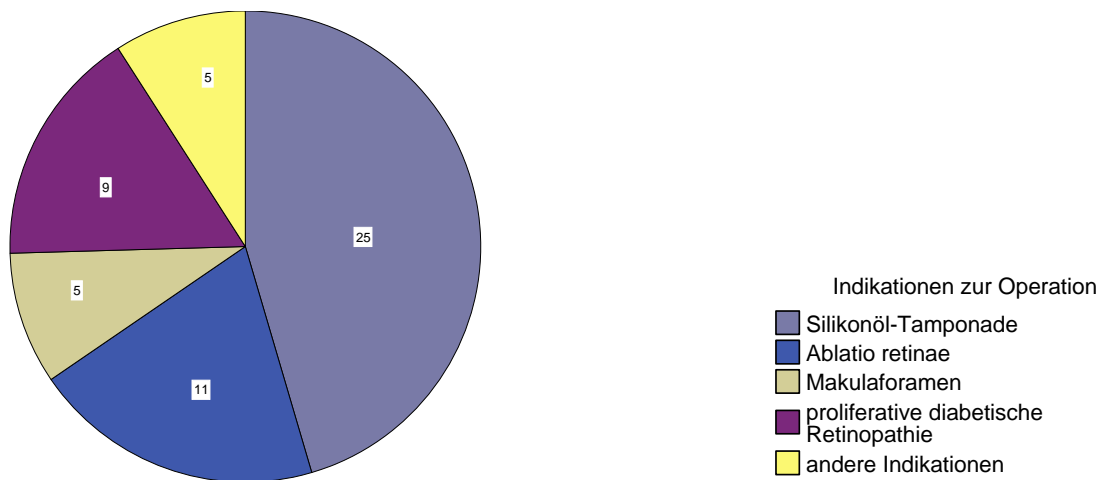


Abb.4 Häufigkeitsverteilung der Indikationen zur Operation aller 55 untersuchten Patienten

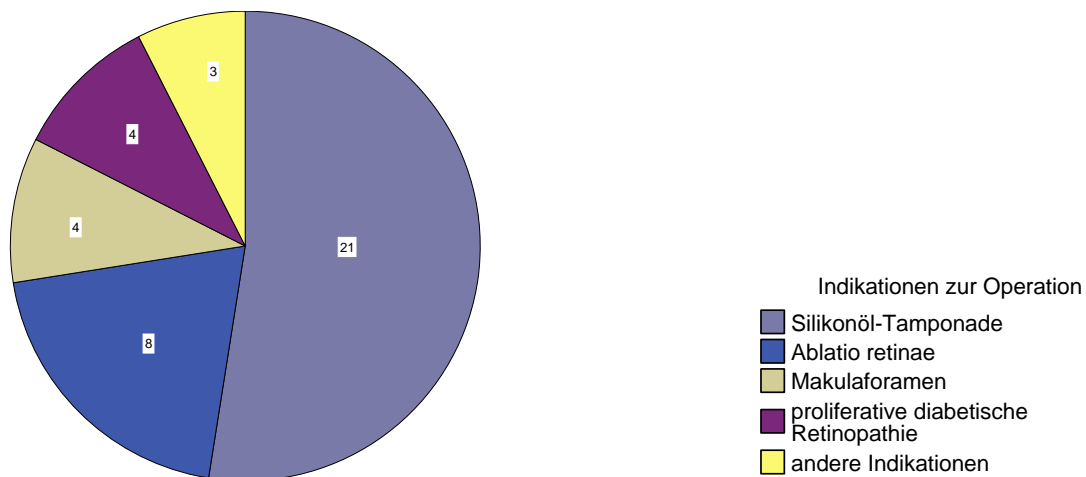


Abb.5 Häufigkeitsverteilung der Indikationen zur Operation der 40 ausgewerteten Patienten

Die stationäre Verweildauer der Patienten in der Augenklinik Jena lag insgesamt zwischen 3 und 24 Tagen, wobei der Großteil der Patienten zwischen 5 und 15 Tagen im Krankenhaus blieb. Der Mittelwert der stationären Verweildauer betrug 9,1 Tage.

3.1.3 Nebenerkrankungen

Unter den untersuchten Patienten befanden sich (bezogen auf die 40 auswertbaren Patienten) 10 Patienten mit Typ II Diabetes mellitus und 30 Nicht-Diabetiker. 25 der

40 Patienten hatten als Nebenerkrankung eine arterielle Hypertonie. Bei 10 der 40 Patienten konnte eine KHK (koronare Herzkrankheit) verzeichnet werden. Unter Herzrhythmusstörungen litten 8 der 40 Patienten. Die Cholesterinwerte waren bei 10 der 40 Patienten deutlich erhöht (Hypercholesterinämie). Neurologische Erkrankungen lagen bei zwei und Erkrankungen der Schilddrüse bei vier der ausgewerteten Patienten vor. Ein Glaukom fand sich bei 14 der 40 Patienten. In Abbildung 6 sind die Nebenerkrankungen der 40 ausgewerteten Patienten dargestellt.

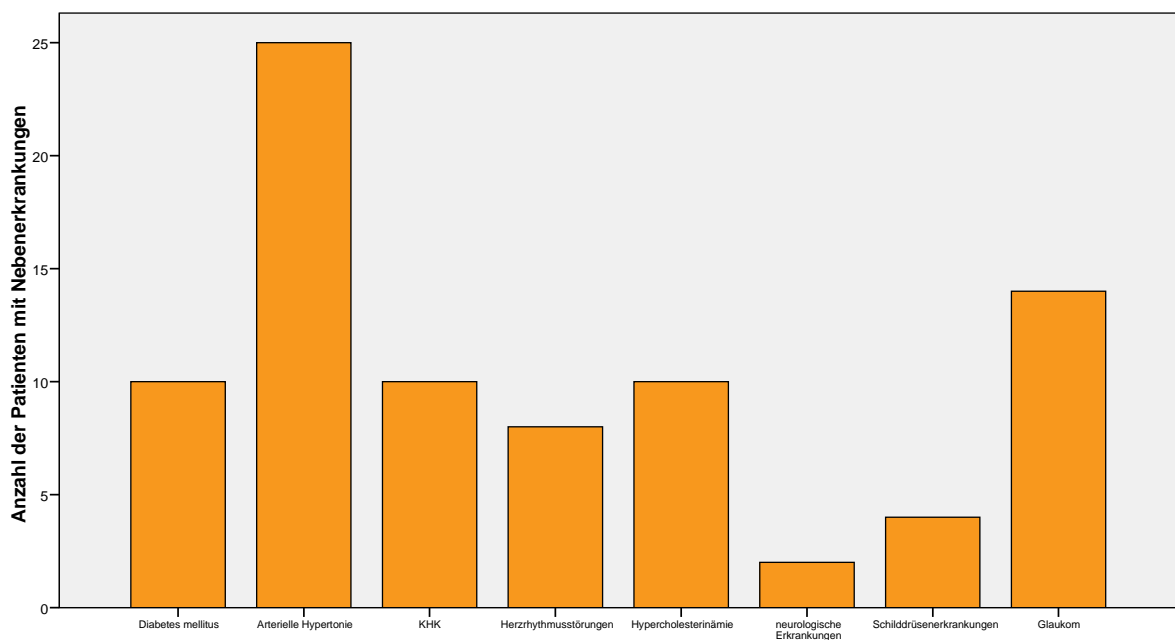


Abb.6 Nebenerkrankungen der ausgewerteten Patienten

3.1.4 Blutdruck, Visus, Augeninnendruck

Im Rahmen der Untersuchungen wurden der systolische und der diastolische Blutdruckwert unter standardisierten Bedingungen jeweils ohne und mit Silikonöl im Auge erfasst. Dabei lagen die Werte systolisch ohne Öl zwischen 100 und 170 mmHg (Mittelwert: 136,6 mmHg) und mit Öl zwischen 90 und 200 mmHg (Mittelwert: 138,3 mmHg). Die diastolischen Werte lagen ohne Öl zwischen 50 und 100 mmHg (Mittelwert: 78,0 mmHg), mit Öl zwischen 60 und 110 mmHg (Mittelwert: 79,3 mmHg). Bei der Berechnung der mittleren arteriellen Blutdruckwerte (MAP) ergab sich für den MAP ohne Öl im Auge ein Mittelwert von 96,8 mmHg und für den MAP mit Öl ein höherer Wert von 98,5 mmHg.

Weitere Parameter, die bei jedem Patienten erfasst wurden, waren der Visus (Sehschärfe) des betroffenen Auges, einmal während das Silikonöl im Auge war und

einmal ohne das Öl. Dabei betrug der Visus ohne Öl Werte zwischen 0,01 und 1,0, wobei der Großteil zwischen 0,01 und 0,2 lag und der Mittelwert bei 0,134 lag. Der Visus mit Öl lag zwischen 0,01 und 0,8, der Großteil der Werte zwischen 0,01 und 0,2 und der Mittelwert bei 0,131. Die Häufigkeitsverteilungen des Visus ohne und mit Silikonöl-Tamponade sind in Abbildung 7 und 8 dargestellt.

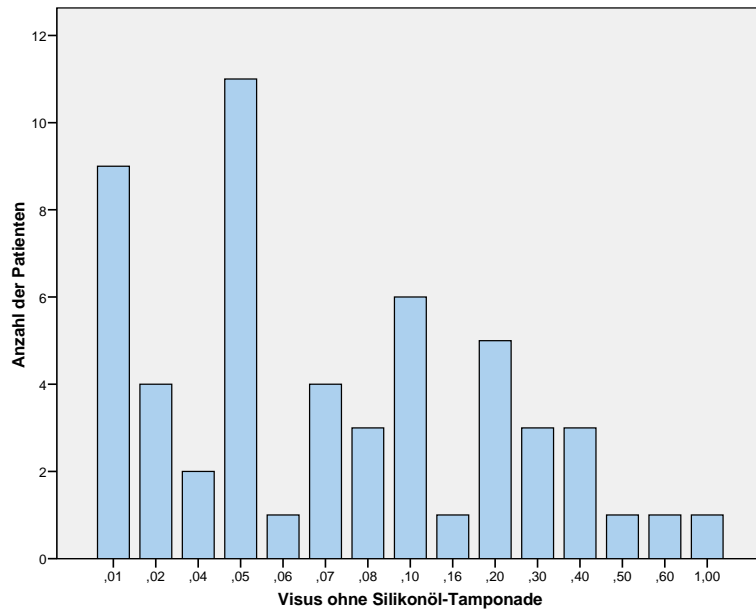


Abb.7 Häufigkeitsverteilung des Visus ohne Silikonöl-Tamponade

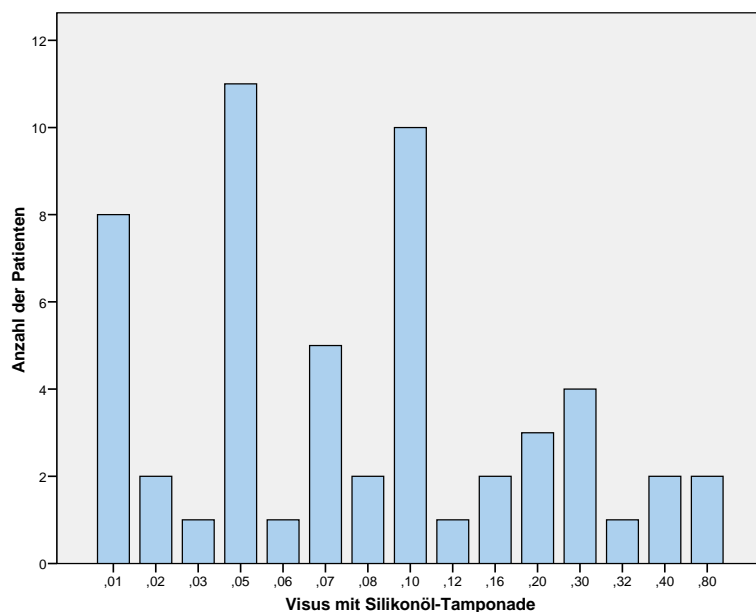


Abb.8 Häufigkeitsverteilung des Visus mit Silikonöl-Tamponade

Außerdem wurde bei jedem Patienten noch der Augeninnendruck mit und ohne Silikonöl erfasst. Der Augeninnendruck ohne Öl betrug Werte zwischen 8 und 30 mmHg, der Augeninnendruck mit Öl Werte zwischen 10 und 36 mmHg. Die

Mittelwerte lagen bei 15,9 mmHg ohne Öl und bei 16,7 mmHg mit Öl. Die Häufigkeitsverteilungen des Augeninnendrucks ohne und mit Silikonöl-Tamponade sind in Abbildung 9 und 10 dargestellt.

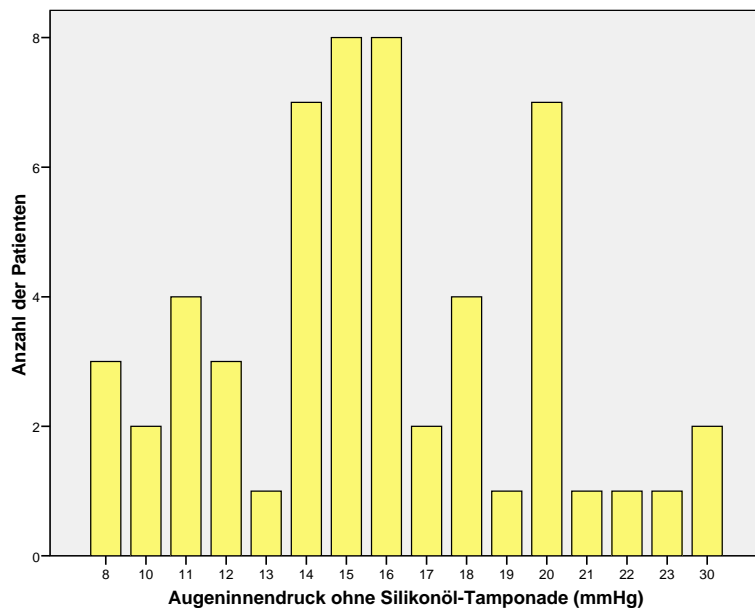


Abb.9 Häufigkeitsverteilung des Augeninnendrucks ohne Silikonöl-Tamponade

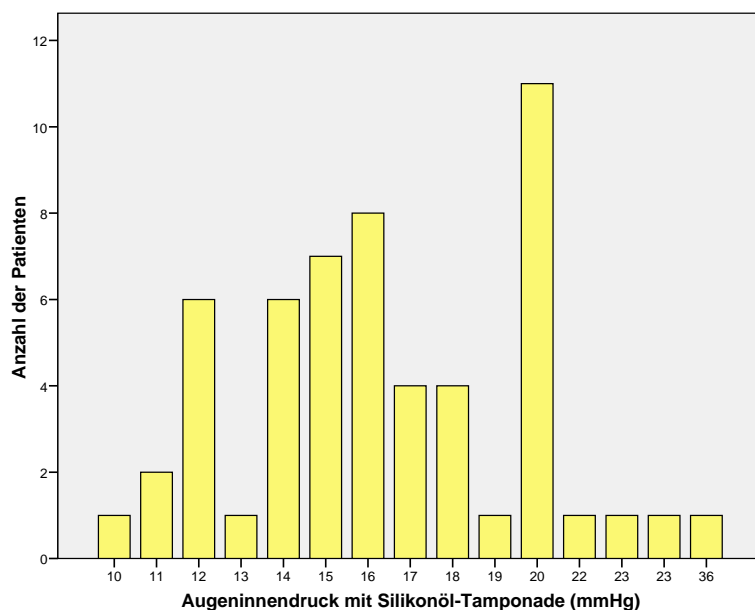


Abb.10 Häufigkeitsverteilung des Augeninnendrucks mit Silikonöl-Tamponade

3.1.5 Weitere Augenerkrankungen und Voroperationen am Auge

Bei jedem Patienten wurde weiterhin erfasst, ob am betroffenen Auge noch andere Erkrankungen vorlagen, als die, die die unmittelbare Indikation zur erfolgten Operation darstellten.

Eine Klassifizierung des Patientengutes erfolgte außerdem in Abhängigkeit vom Zustand der Linse im betroffenen Auge. So bestand bei zwei Patienten ein Linsenlosigkeit (Aphakie), elf Patienten hatten eine künstliche Linse (Pseudophakie) und die anderen 27 Patienten hatten noch die natürliche Linse im betroffenen Auge (Phakie).

Darüber hinaus wurden eventuelle Voroperationen am betroffenen Auge erfasst. Von den 40 Patienten hatten vier an dem betroffenen Auge noch keine Voroperationen, 14 hatten bereits eine PPV, vier eine Katarakt-Operation und weitere 14 schon beide Operationen (PPV und Katarakt-Operation). Bei vier Patienten war das betroffene Auge bereits einer Argonlaser-Koagulation (ALC) im Rahmen der Behandlung der diabetischen Retinopathie unterzogen worden. In Abbildung 11 ist die Häufigkeitsverteilung der anamnestisch erfassten Voroperationen dargestellt.

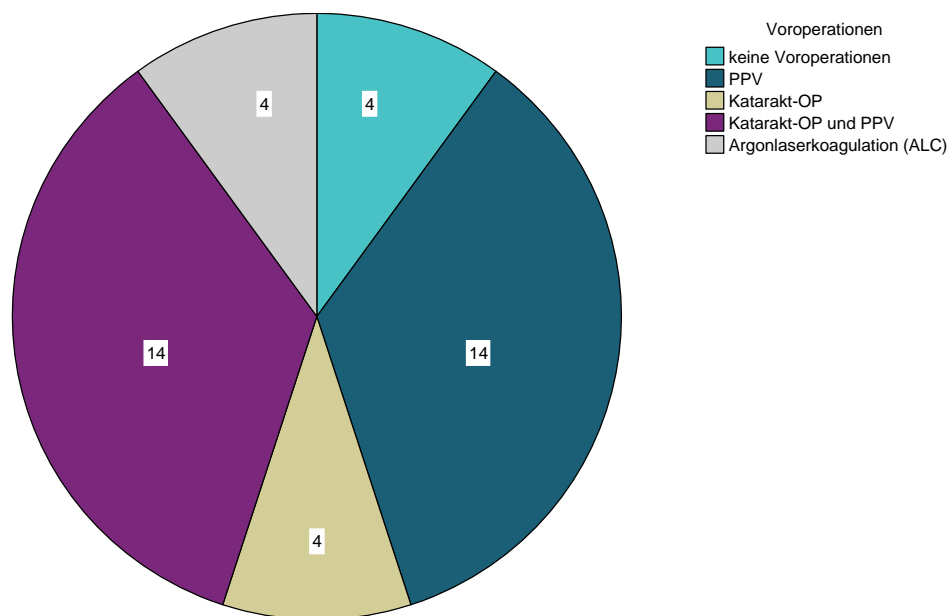


Abb.11 Häufigkeitsverteilung der anamnestisch erfassten Voroperationen am betroffenen Auge

3.1.6 Sonstige Patientencharakteristika

Außerdem wurden die intra- und postoperativ aufgetretenen Besonderheiten, die eingenommenen Medikamente mit besonderem Schwerpunkt auf die Glaukommedikamente und eventuell vorhandene Allergien in Betracht gezogen.

3.2 Untersuchungsmethoden

Ablauf der Messung mit dem DVA:

Das zu untersuchende Patientenaugewurde zunächst mit einem pupillenerweiternden Mittel (Mydriaticum) weitgestellt. Dabei wurde ausschließlich Tropicamid 1 % (Mydriaticum-Stulln-Augentropfen) verwendet und, nachdem die Pupille maximal weit gestellt war (nach ca. 20 Minuten), mit der Untersuchung begonnen. Ein Problem dabei ist, dass alle pupillenerweiternden Pharmaka zumindest potentiell vasoaktiv sind und somit die Messgröße „Gefäßdurchmesser“ beeinflussen; Tropicamid ist dabei ein Mydriaticum mit vernachlässigbar geringen vasoaktiven Wirkungen [Nagel 2005, Pache 2002].

Während der Messung war es wichtig, die Blickposition des Patienten mit Hilfe der inneren Fixation der Funduskamera ständig konstant zu halten. Zur besseren Fixation des zu messenden Auges, wurde das andere Auge mit Hilfe einer Augenklappe abgedeckt.

Nach dem Starten des DVA-Programmes und Eingabe der Patientendaten wurde der Augenhintergrund mit der Funduskamera anhand des Fundusmonitor-Bildes reflexfrei und kontrastreich eingestellt. Der zu analysierende Gefäßbereich wurde in die Bildmitte gebracht. Dabei wurde vorzugsweise ein temporales retinales Arteriensegment und ein korrespondierender Venenabschnitt ausgewählt, welche zur Papille einen Abstand von maximal drei Papillendurchmessern aufwiesen. Zu beachten war, dass der empfohlene Durchmesser der zu messenden Gefäßabschnitte 100 µm oder mehr betragen sollte [Pache 2002]. Nach erfolgter Einstellung des Bildausschnittes wurde ein rechteckiges Messfenster über den interessierenden Gefäßbereich gelegt, per Maus die Länge der zu messenden Arterien- und Venenabschnitte nachgezeichnet und gleichzeitig die Messung gestartet (siehe Abbildung 12). Dabei wurden Gefäße von 1 bis 1,5 mm Länge gemessen, weil bei zu kurz gewählten Gefäßabschnitten die Augenbewegungen zu einem stärkeren Fehlereinfluss führen. Es folgte automatisch und online die Festlegung der Lage der Gefäßkanten, die Berechnung der Schräglage und des Durchmessers der Gefäße sowie eine Korrektur von Augenbewegungen. In Unkenntnis des Abbildungsmaßstabes des individuellen Auges wurden die Messwerte als relative Einheiten (RU) ausgegeben. 1 RU entspricht 1 µm, wenn das untersuchte Auge die Maße des Gullstrand'schen Normalauges aufweist. Die

Messgenauigkeit senkrecht zum Gefäßverlauf betrug $< 1 \mu\text{m}$. Der markierte Gefäßabschnitt wurde vom Gerät in einzelne Gefäßsegmente mit einer Länge von $30 \mu\text{m}$ aufgeteilt. Von jedem einzelnen Segment wurden separate Messwerte registriert. Die Auswertung bezog sich auf den Mittelwert aller Gefäßsegmente des markierten Gefäßabschnitts während einer Sekunde.

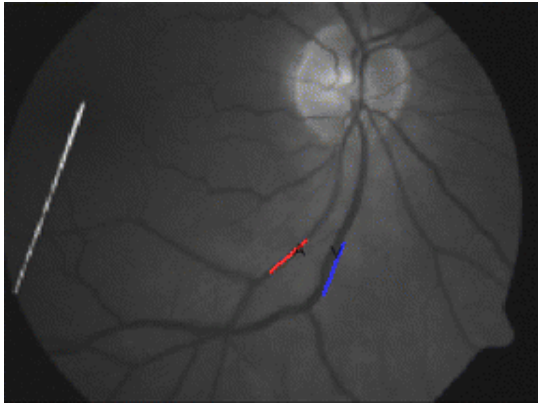


Abb.12 Fundusbild mit markierten Gefäßabschnitten (rot = arterieller Gefäßabschnitt, blau = venöser Gefäßabschnitt)

Die Messdauer von 350 Sekunden (5 Minuten) setzte sich zusammen aus zunächst 50 Sekunden Basismessung, das heißt Messung des unbeeinflussten Ausgangsgefäßdurchmessers. Anschließend erfolgten 20 Sekunden Flickerperiode und 80 Sekunden nachfolgende Kontrollbeobachtung der Gefäßreaktion. Dieser Ablauf (Flickerlicht- und Kontrollperiode) erfolgte pro Patient dreimal hintereinander. Das Flickerlicht wurde durch eine rechteckige Unterbrechung des grünen Messlichtes als Hell-Dunkel-Flicker mit 12,5 Hz über das gesamte Bildfeld der Funduskamera erzeugt. In Abbildung 13 ist eine Originalmesskurve einer Patientenuntersuchung mit dem DVA dargestellt.



Abb.13 Originalmesskurve einer Patientenuntersuchung mit dem DVA

Unter optimalen Bedingungen waren bis zu 25 Messungen pro Sekunde möglich. Das Bildfeld der Funduskamera betrug 30°.

Wichtig ist noch zu erwähnen, dass Messungen, die miteinander verglichen werden sollen, immer zu der gleichen Tageszeit durchgeführt werden sollten, da die retinalen Gefäßdurchmesser zirkadianen Schwankungen unterliegen. Bei dieser Studie lag der Tageszeitraum für die Untersuchungen zwischen 16 und 18 Uhr. Außerdem durfte der Helligkeitsregler während der laufenden Messung nicht verstellt werden und musste bei einer Vergleichs-Messung wieder genauso eingestellt werden.

3.3 Statistische Auswertung

Die statistische Auswertung erfolgte mittels des SPSS-Programmes Version 15.0. Die von jedem Patienten mittels des DVA erhobenen Werte umfassten für die fünf Parameter (arterieller Ausgangswert, arterielle Dilatation, arterielle Konstriktion, venöser Ausgangswert, venöse Dilatation) jeweils zwei Werte, ein Wert aus der Messung während Silikonöl im Auge war und ein Wert aus der Messung während kein Silikonöl im Auge war. Mittels des SPSS-Programmes wurden nun die zwei Werte, die pro Parameter gemessen wurden gegenüber gestellt und miteinander verglichen. Das hieß beispielsweise für den Parameter arterieller Ausgangswert, dass die arteriellen Ausgangswerte ohne Öl aller Patienten den arteriellen Ausgangswerten mit Öl aller Patienten gegenübergestellt wurden. Dafür wurde ein Differenzwert der beiden gemessenen Werte gebildet und anschließend analysiert, ob dieser von Null verschieden bzw. signifikant ist. Außerdem wurde der Mittelwert für die Werte ohne Öl und mit Öl berechnet und anschließend beide Mittelwerte miteinander verglichen, auf Verschiedenheit geprüft und die Signifikanz der Verschiedenheit berechnet. Diese Analysen wurden mittels des T-Testes für gepaarte Stichproben durchgeführt. Die grafische Darstellung erfolgte mit Boxplot-Diagrammen. Weiterführend wurde die Gegenüberstellung der mit- und ohne-Öl Werte aller fünf Parameter noch in Bezug auf das Alter der Patienten, das Geschlecht, die Indikation zur Operation, die Art der durchgeführten Operation, vorhandene Glaukom-, Diabetes mellitus-, arterielle Hypertonie-, KHK-, Herzrhythmusstörungen-, Hypercholesterinämie-, neurologische und Schilddrüsen-Erkrankungen, die Sehschärfe (Visus) mit und ohne Öl, den Augeninnendruck (Tensio) mit und ohne Öl, den systolischen und diastolischen Blutdruck mit und ohne

Öl sowie in Abhängigkeit von dem Zustand der Linse, von vorausgegangenen Operationen und von der stationären Verweildauer verglichen. Diese Analysen erfolgten mit T-Tests für unabhängige Stichproben und die grafische Darstellung ebenfalls mit Boxplots bzw. für das Alter, die stationäre Verweildauer, den Visus, die Tensio und die Blutdruckwerte mit Punkt- bzw. Streudiagrammen. Als Grenzwert für die Signifikanzwerte wurde für die Tests bei gepaarten Stichproben 0,05 festgelegt, das heißt alle Signifikanzwerte, die kleiner als 0,05 waren galten als signifikant. Für die Tests bei unabhängigen Stichproben lag die Signifikanzgrenze ebenfalls bei 0,05.

4. Ergebnisse

4.1 Gemessene Parameter mit und ohne Silikonöl im Vergleich

Arterielle Ausgangswerte:

Der Mittelwert der arteriellen Ausgangswerte ohne Silikonöl im Auge der 40 ausgewerteten Patienten betrug 131,8 RU (μm) und mit Silikonöl im Auge lag er bei 128,2 RU, das heißt um 3,6 RU niedriger. Um einen Unterschied der arteriellen Ausgangswerte in Abhängigkeit vom Silikonöl aufzuzeigen, wurde von jedem Patient die Differenz der beiden arteriellen Ausgangswerte (Wert ohne Silikonöl minus Wert mit Silikonöl) gebildet. Von diesen 40 Differenzen wurde wiederum der Mittelwert gebildet und anschließend bewertet, ob dieser von Null verschieden ist und ob diese Verschiedenheit von Null signifikant ist. Der Mittelwert der Differenzen zwischen den arteriellen Ausgangswerten mit und ohne Silikonöl betrug 3,6 RU. Da dieser größer als Null war bedeutete dies, dass die arteriellen Ausgangswerte ohne Silikonöl im Mittel höher waren, als die Werte mit Silikonöl, was auch an den oben aufgezeigten Mittelwerten der arteriellen Ausgangswerte ohne im Vergleich zu mit Öl sichtbar ist. Insgesamt war aber diese Verschiedenheit von Null nicht signifikant, da die Signifikanz bei 0,719 lag und damit nicht unter der erforderlichen Grenze von 0,05 lag. In Tabelle 1 sind die Zahlenwerte noch einmal in der Übersicht dargestellt und Abbildung 14 und 15 zeigen die arteriellen Ausgangswerte bzw. deren Differenzwerte grafisch.

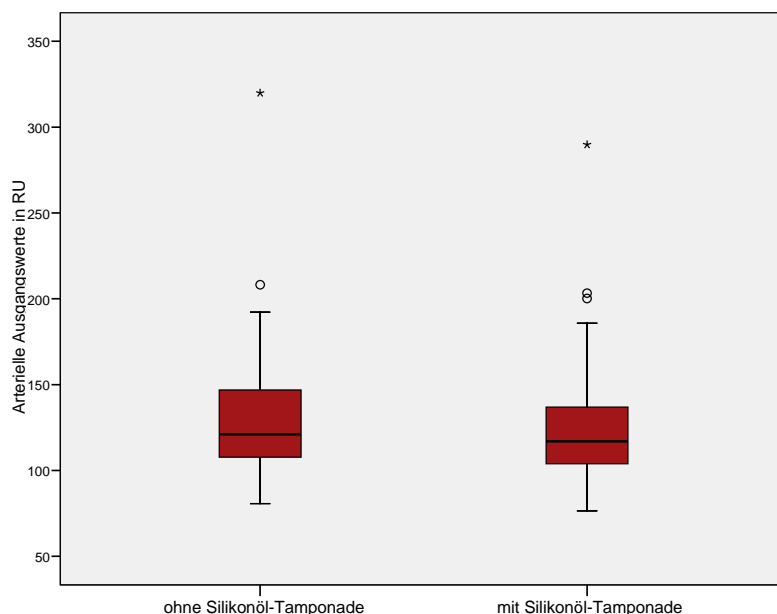


Abb.14 Arterielle Ausgangswerte ohne und mit Silikonöl-Tamponade

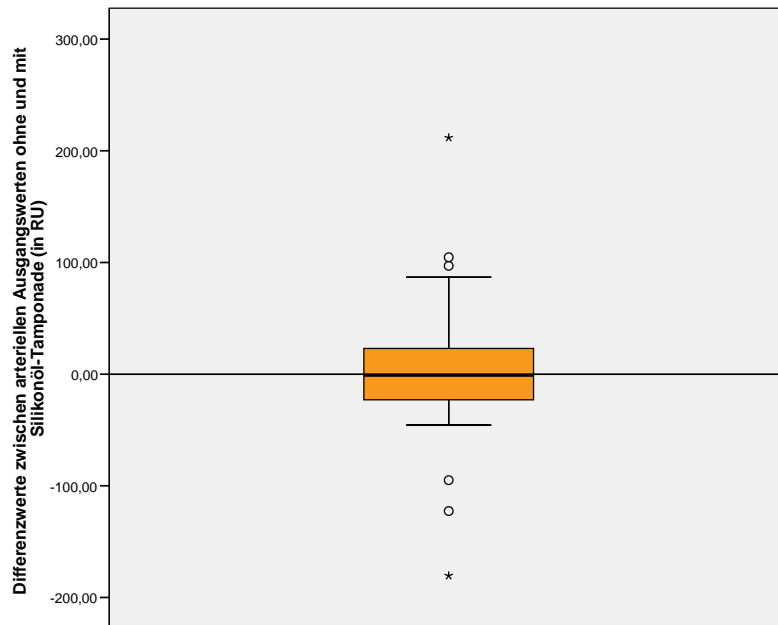


Abb.15 Differenzwerte zwischen arteriellen Ausgangswerten ohne und mit Silikonöl-Tamponade

	Arterielle Ausgangswerte ohne Silikonöl	Arterielle Ausgangswerte mit Silikonöl	Differenzen zwischen arteriellen Ausgangswerten ohne und mit Silikonöl
n	40		
Mittelwert in RU	131,8	128,2	3,6
Standardabweichung in RU	41,6	39,3	62,7
Signifikanz			0,719

Tab.1 Arterielle Ausgangswerte ohne und mit Silikonöl-Tamponade

Arteriellen Dilatationswerte:

Der Mittelwert der arteriellen Dilatation ohne Silikonöl lag bei 2,7 RU und mit Silikonöl bei 3,5 RU. Die Gefäße erweiterten sich durch die Flickerlichtprovokation bei den untersuchten Patienten also im Schnitt um 2,7 RU während kein Öl im Auge war und um 3,5 RU bei gleichzeitiger Silikonöltamponade. Bei den Differenzen zwischen den Werten ohne Öl und mit Öl wurde ein Mittelwert von -0,8 RU errechnet. Hier war der Wert kleiner als Null, was bedeutete, dass die arteriellen Dilatationswerte ohne Silikonöl durchschnittlich um 0,8 RU kleiner waren als die entsprechenden Werte mit Silikonöl. Die Signifikanz dieses Mittelwertes der Differenzen lag bei 0,245. Damit war die Verschiedenheit des Mittelwertes der Differenzen von Null nicht signifikant. Insgesamt bedeutet dies, dass die Unterschiede im Ausmaß der Gefäßerweiterung bei diesen Patienten ohne im Vergleich zu mit Öl zwar vorhanden, aber nicht signifikant waren. In Tabelle 2 ist eine Übersicht zur Auswertung der arteriellen

Dilatationswerte dargestellt. Die Abbildungen 16 und 17 dienen der grafischen Veranschaulichung.

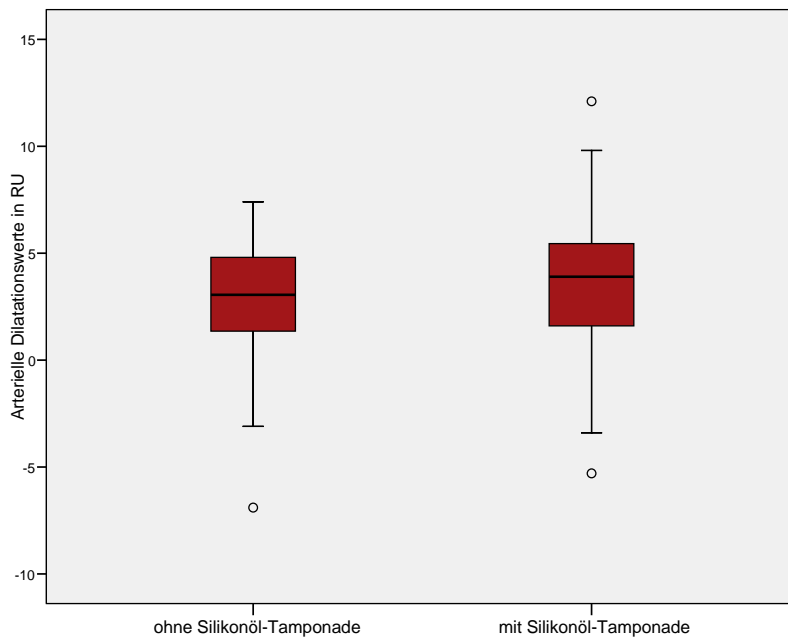


Abb.16 Arterielle Dilatationswerte ohne und mit Silikonöl-Tamponade

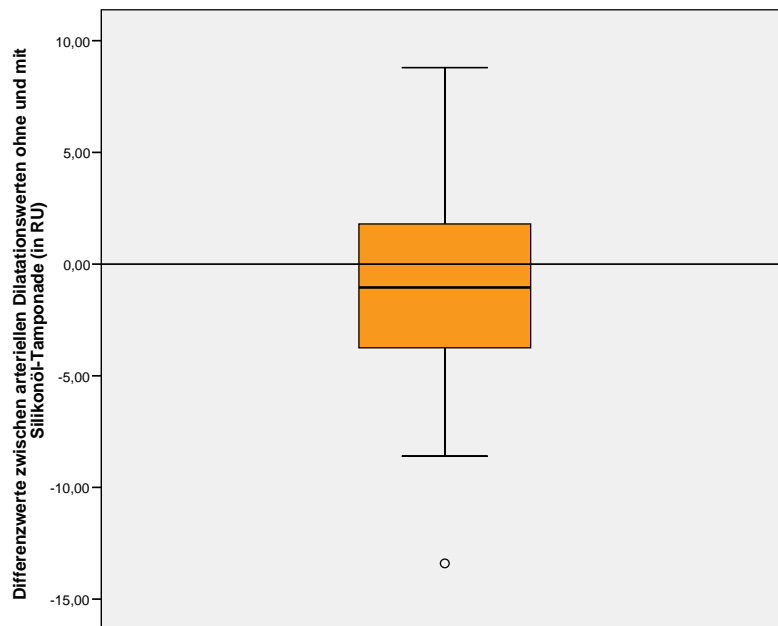


Abb.17 Differenzwerte zwischen arteriellen Dilatationswerten ohne und mit Silikonöl-Tamponade

	Arterielle Dilatation ohne Silikonöl	Arterielle Dilatation mit Silikonöl	Differenzen zwischen arterieller Dilatation ohne und mit Silikonöl
n	40		
Mittelwert in RU	2,7	3,5	-0,8
Standardabweichung in RU	2,9	3,5	4,4
Signifikanz	0,245		

Tab.2 Arterielle Dilatationswerte ohne und mit Silikonöl-Tamponade

Arterielle Konstriktionswerte:

Der Mittelwert der arteriellen Konstriktion ohne Silikonöl betrug -0,4 RU und mit Silikonöl im Auge -0,3 RU. Es ergaben sich hier negative Werte, da die Konstriktion eine Verengung des Gefäßes und damit eine Abnahme des Gefäßdurchmessers bedeutete. Das hieß, dass sich im Schnitt der arterielle Gefäßdurchmesser ohne Öl um 0,4 RU verringert hat und mit Öl um 0,3 RU. Der Mittelwert der Differenzen (arterielle Konstriktionswerte ohne Öl minus Werte mit Öl) lag bei -0,1 RU und war mit einem Signifikanzwert von 0,955 nicht signifikant. Zusammenfassend kann man sagen, dass die arterielle Konstriktion ohne Silikonöl geringfügig stärker war als mit Silikonöl, dass dieser Unterschied aber nicht signifikant war. Die Tabelle 3 zeigt eine Übersicht zur Auswertung der arteriellen Konstriktion und die Abbildungen 18 und 19 die entsprechenden Grafiken.

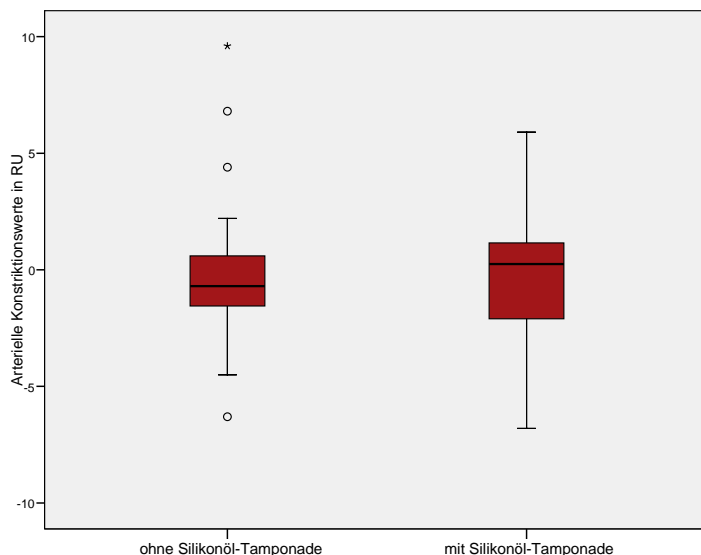


Abb.18 Arterielle Konstriktionswerte ohne und mit Silikonöl-Tamponade

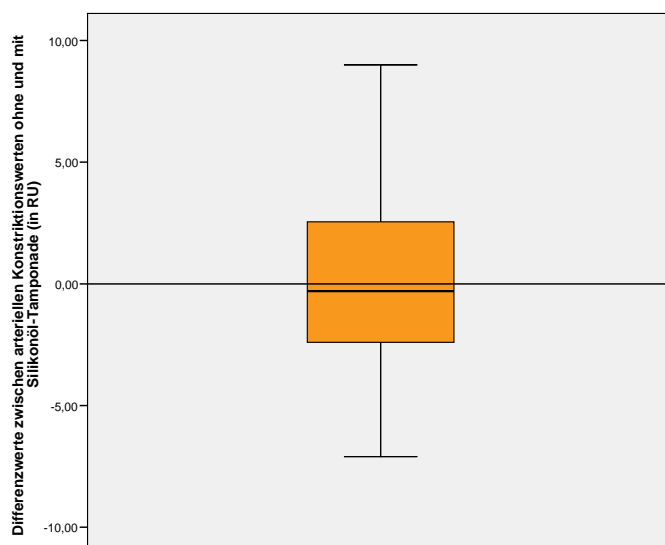


Abb.19 Differenzwerte zwischen arteriellen Konstriktionswerten ohne und mit Silikonöl-Tamponade

	Arterielle Konstriktion ohne Silikonöl	Arterielle Konstriktion mit Silikonöl	Differenzen zwischen arterieller Konstriktion ohne und mit Silikonöl
n	40		
Mittelwert in RU	-0,4	-0,3	-0,1
Standardabweichung in RU	2,8	2,7	3,6
Signifikanz			0,955

Tab.3 Arterielle Konstriktionswerte ohne und mit Silikonöl-Tamponade

Venöse Ausgangswerte:

Die Ausgangswerte der venösen Gefäße lagen im Mittel bei 131,8 RU ohne Silikonöl im Auge und bei 134,5 RU mit gleichzeitiger Silikonöltamponade. Das hieß, dass die venösen Gefäße der Retina zu Beginn der Messung mit Öl im Schnitt weiter waren als ohne Öl. Der Mittelwert der Differenzen zwischen den beiden pro Patient gemessenen Werten betrug -2,7 RU, war also kleiner als Null und bestätigte damit die oben gemachte Aussage, dass die venösen Ausgangswerte mit Öl höher als ohne Öl waren. Signifikant war dieser Unterschied der Differenz von Null, das heißt der Unterschied zwischen der Höhe der venösen Ausgangswerte ohne im Vergleich zu mit Öl, jedoch nicht. Der Signifikanzwert lag hier bei 0,690. Eine Übersicht hierzu zeigt Tabelle 4. Die Verteilung der venösen Ausgangswerte und derer Differenzwerte sind in den Abbildungen 20 und 21 dargestellt.

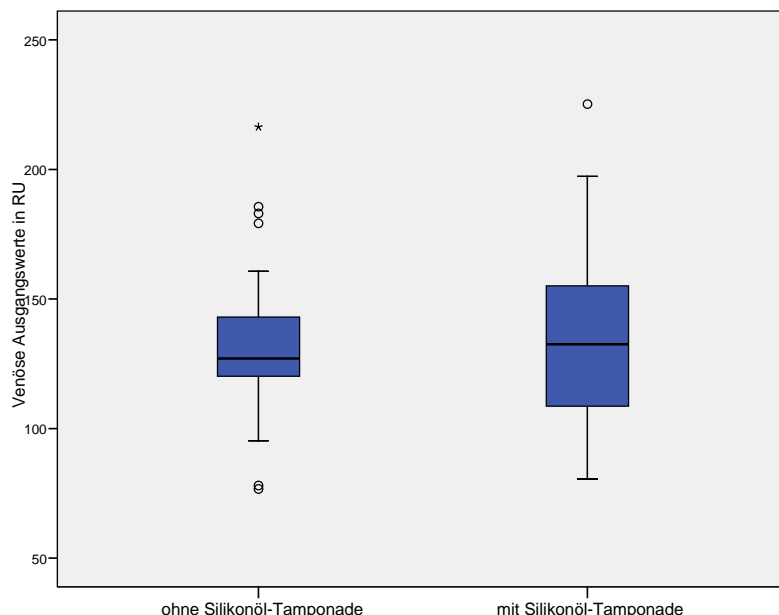


Abb.20 Venöse Ausgangswerte ohne und mit Silikonöl-Tamponade

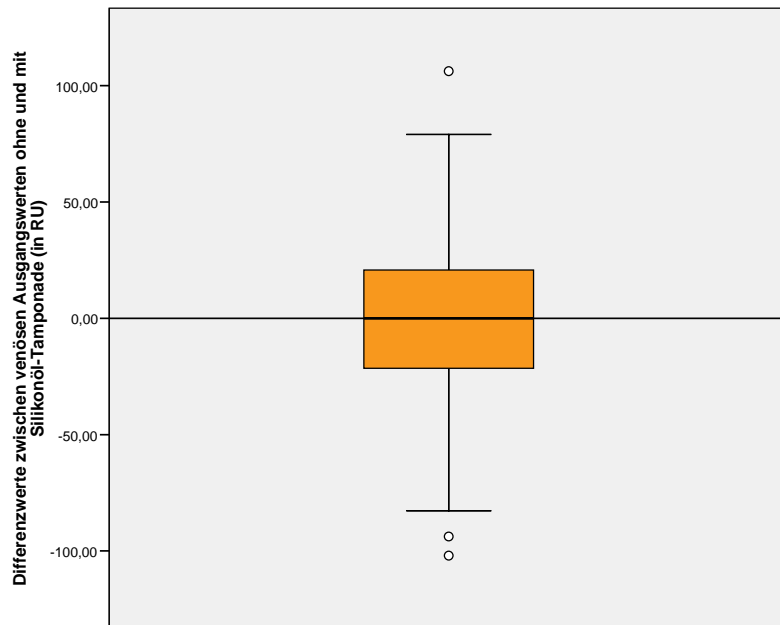


Abb.21 Differenzwerte zwischen venösen Ausgangswerten ohne und mit Silikonöl-Tamponade

	Venöse Ausgangswerte ohne Silikonöl	Venöse Ausgangswerte mit Silikonöl	Differenzen zwischen venösen Ausgangswerten ohne und mit Silikonöl
n	40		
Mittelwert in RU	131,8	134,5	-2,7
Standardabweichung in RU	27,5	32,7	42,3
Signifikanz	0,690		

Tab.4 Venöse Ausgangswerte ohne und mit Silikonöl-Tamponade

Venöse Dilatationswerte:

Die venösen Gefäße erweiterten sich durch die Flickerlichtprovokation im Mittel um 0,6 RU ohne Öl im Auge und um 1,0 RU mit Silikonöltamponade. Dies bedeutete, dass die Dilatation bei gleichzeitiger Silikonöltamponade stärker als ohne Öl war. Die Differenzen der venösen Dilatationswerte lagen im Mittel bei -0,4 RU, das hieß sie waren nur wenig von Null verschieden. Dies wiederum bedeutete, dass der Unterschied zwischen den Werten ohne und mit Öl nicht sehr groß war. Das spiegelt sich auch in der Signifikanz wieder, die bei 0,905 lag, was bedeutete, dass der Unterschied des mittleren Differenzwertes von Null nicht signifikant war. In Tabelle 5 ist die Auswertung der venösen Dilatationswerte noch einmal in der Übersicht dargestellt. Die Abbildungen 22 und 23 zeigen die Verteilung der gemessenen venösen Dilatationswerte bzw. der entsprechenden Differenzwerte.

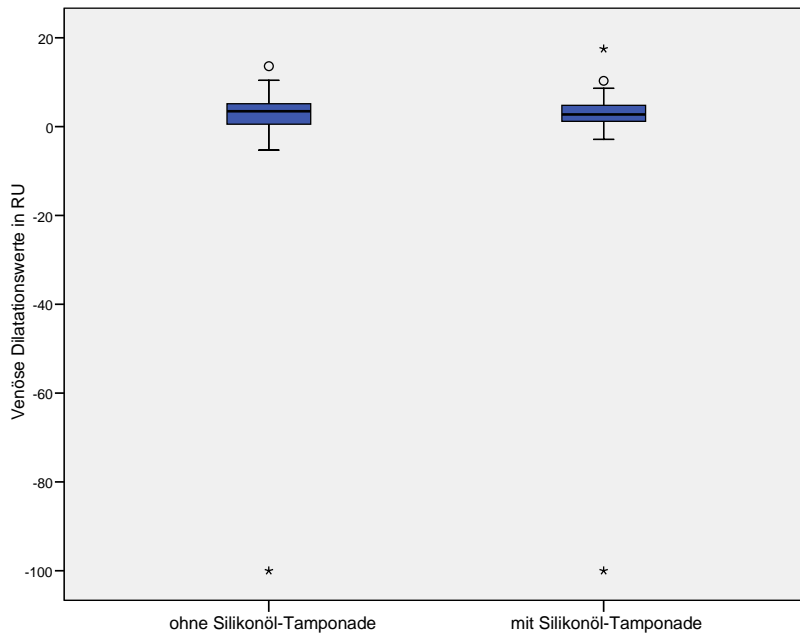


Abb.22 Venöse Dilatationswerte ohne und mit Silikonöl-Tamponade

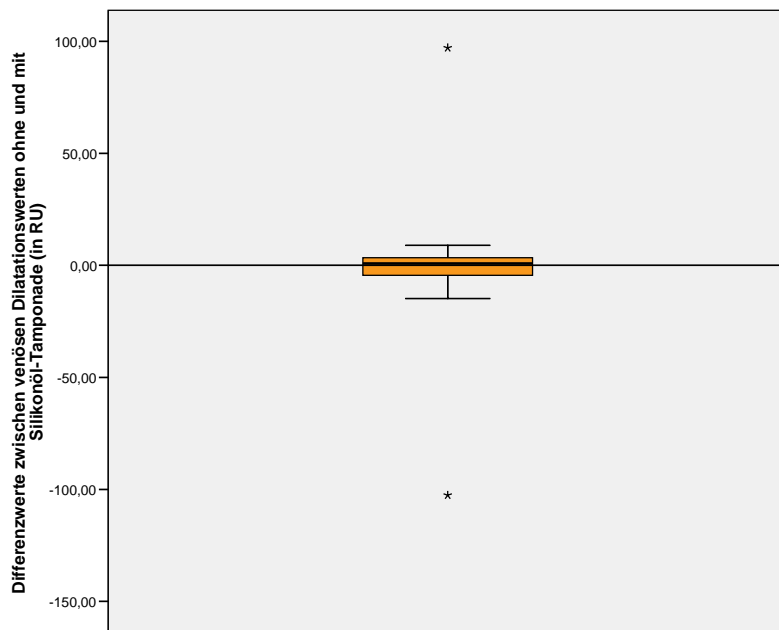


Abb.23 Differenzwerte zwischen venösen Dilatationswerten ohne und mit Silikonöl-Tamponade

	Venöse Dilatation ohne Silikonöl	Venöse Dilatation mit Silikonöl	Differenzen zwischen venöser Dilatation ohne und mit Silikonöl
n	40		
Mittelwert in RU	0,6	1,0	-0,4
Standardabweichung in RU	16,7	16,8	23,2
Signifikanz	0,905		

Tab.5 Venöse Dilatationswerte ohne und mit Silikonöl-Tamponade

4.2 Gemessene Parameter in Abhängigkeit vom Geschlecht

Unter den 40 ausgewerteten Patienten befanden sich 24 Männer und 16 Frauen. Um zu beurteilen, ob sich die retinalen Gefäßreaktionen beider Geschlechter unterscheiden, wurden die gemessenen Parameter für Männer und Frauen getrennt ausgewertet.

Arterielle Ausgangswerte:

Der Mittelwert der gemessenen arteriellen Ausgangswerte ohne Silikonöl betrug bei den Männern 131,4 RU und bei den Frauen 132,5 RU. Mit Silikonöltamponade im Auge betrug der Ausgangswert der arteriellen Gefäße im Mittel bei den Männern 123,3 RU. Er war leicht geringer als ohne Öl. Bei den Frauen betrug er 135,7 RU, war also leicht höher als ohne Öl. Insgesamt betrug der Mittelwert mit Öl 128,2 RU im Vergleich zu 131,8 RU ohne Öl. Die Differenz zwischen arteriellem Ausgangswert ohne und mit Öl betrug im Mittel bei den Männern 8,1 RU und bei den Frauen -3,2 RU. Dabei zeigte ein Differenzwert, der größer Null war, wiederum an, dass die Werte ohne Öl im Schnitt höher waren als die mit Öl und ein Wert kleiner Null das Gegenteil. Der Signifikanzwert für den Unterschied zwischen dem mittleren Differenzwert von Männern und Frauen betrug 0,583; das hieß der Unterschied war nicht signifikant. Weitere Signifikanzberechnungen bezogen sich auf den Unterschied des Differenzwertes von Null jeweils nur für die Männer bzw. Frauen berechnet, auf den Unterschied der arteriellen Ausgangswerte ohne Silikonöl zwischen Männer und Frauen und auf den Unterschied der arteriellen Ausgangswerte mit Silikonöl zwischen Männer und Frauen (siehe Tabelle 6). Die Abbildung 24 veranschaulicht die Unterschiede in den arteriellen Ausgangswerten zwischen Männern und Frauen noch einmal grafisch.

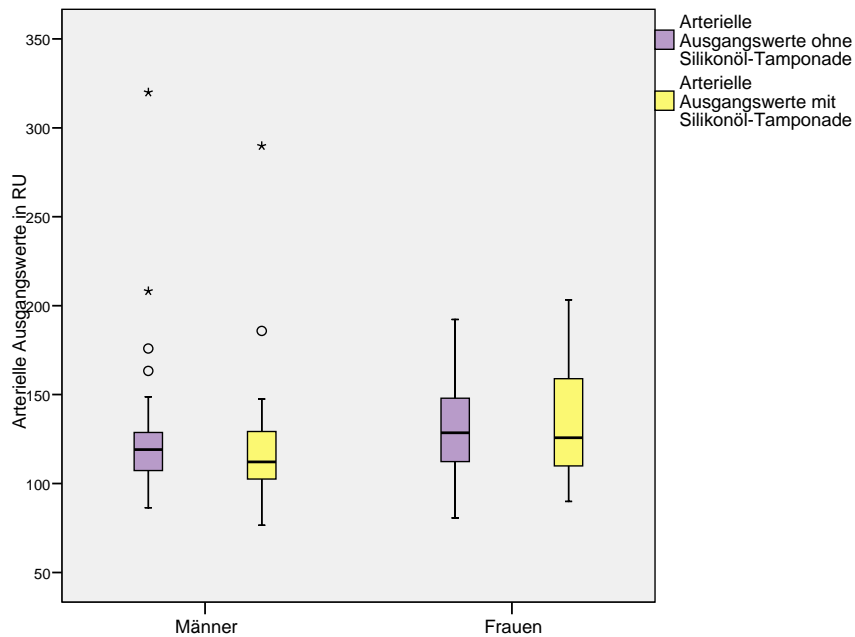


Abb.24 Arterielle Ausgangswerte ohne und mit Silikonöl-Tamponade bei Männern und Frauen

	Arterielle Ausgangswerte ohne Silikonöl	Arterielle Ausgangswerte mit Silikonöl	Differenzen zwischen arteriellen Ausgangswerten ohne und mit Silikonöl
n Männer	24		
n Frauen	16		
Mittelwert Männer (in RU)	131,4	123,3	8,1
Mittelwert Frauen (in RU)	132,5	135,7	-3,2
Standardabweichung Männer (in RU)	48,5	41,8	67,4
Standardabweichung Frauen (in RU)	30,0	35,3	56,2
Signifikanz Männer-Frauen	0,939	0,337	0,583
Signifikanz Männer			0,561
Signifikanz Frauen			0,824

Tab.6 Arterielle Ausgangswerte ohne und mit Silikonöl-Tamponade in Abhängigkeit vom Geschlecht

Arterielle Dilatationswerte:

Im Mittel erweiterten sich die arteriellen Gefäße ohne Öl im Auge bei Männern um 2,9 RU und bei Frauen um 2,4 RU (insgesamt 2,7 RU). Mit Silikonöltamponade betragen die Werte bei den Männern im Mittel 4,0 RU und bei den Frauen 2,8 RU (insgesamt 3,5 RU). Die Differenz lag für die Männer bei -1,1 RU und für die Frauen bei -0,4 RU. Damit ließ sich aussagen, dass bei beiden Geschlechtern die mit-Öl-Werte im Schnitt höher waren als die arteriellen Dilatationswerte ohne Öl. Der Unterschied zwischen den Differenzen von Männern und Frauen war nicht signifikant (Signifikanzwert: 0,619). Auch die anderen berechneten Signifikanzwerte lagen nicht unter der Signifikanzgrenze von 0,05 (siehe Tabelle 7). Die Abbildung 25 zeigt die Verteilung der gemessenen arteriellen Dilatationswerte für Männer und Frauen.

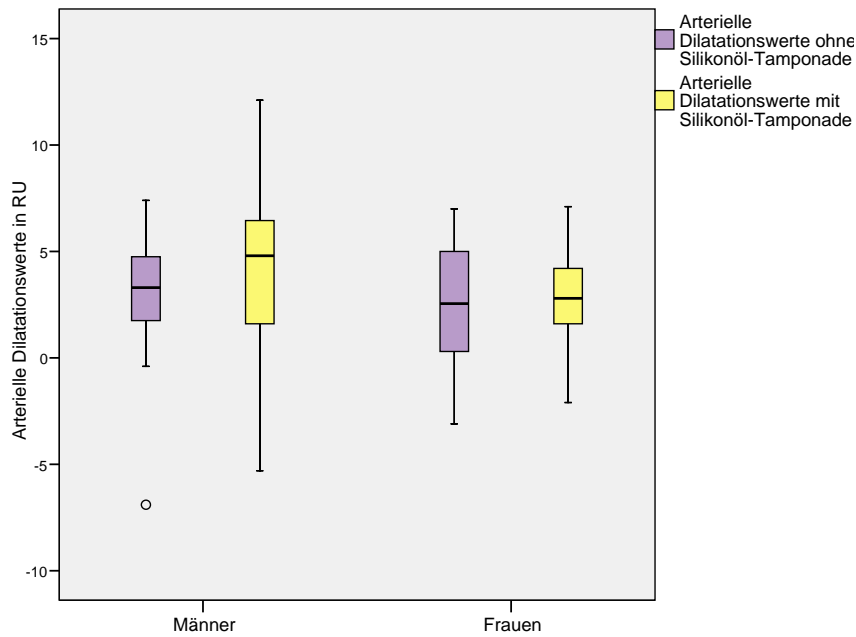


Abb.25 Arterielle Dilatationswerte ohne und mit Silikonöl-Tamponade bei Männern und Frauen

	Arterielle Dilatation ohne Silikonöl	Arterielle Dilatation mit Silikonöl	Differenzen zwischen arterieller Dilatation ohne und mit Silikonöl
n Männer	24		
n Frauen	16		
Mittelwert Männer (in RU)	2,9	4,0	-1,1
Mittelwert Frauen (in RU)	2,4	2,8	-0,4
Standardabweichung Männer (in RU)	2,9	4,0	4,8
Standardabweichung Frauen (in RU)	3,0	2,2	3,7
Signifikanz Männer-Frauen	0,612	0,287	0,619
Signifikanz Männer			0,274
Signifikanz Frauen			0,684

Tab.7 Arterielle Dilatationswerte ohne und mit Silikonöl-Tamponade in Abhängigkeit vom Geschlecht

Arterielle Konstriktionswerte:

Die arteriellen Gefäße verengten sich ohne Öl im Auge im Mittel um -0,2 RU bei den Männern und um -0,6 RU bei den Frauen (insgesamt -0,4 RU). Mit Öl im Auge vergrößerte sich der Wert bei den Männern auf -0,5 RU und verkleinerte sich bei den Frauen auf -0,1 RU (insgesamt -0,3 RU). Die Differenz betrug im Mittel bei den Männern 0,3 RU und bei den Frauen -0,5 RU. Der Unterschied der Differenzen war mit einem Signifikanzwert von 0,492 nicht signifikant. Auch die anderen berechneten Signifikanzwerte wiesen keine Signifikanz auf (siehe Tabelle 8). Abbildung 26 dient der Veranschaulichung der gemessenen arteriellen Konstriktionswerte.

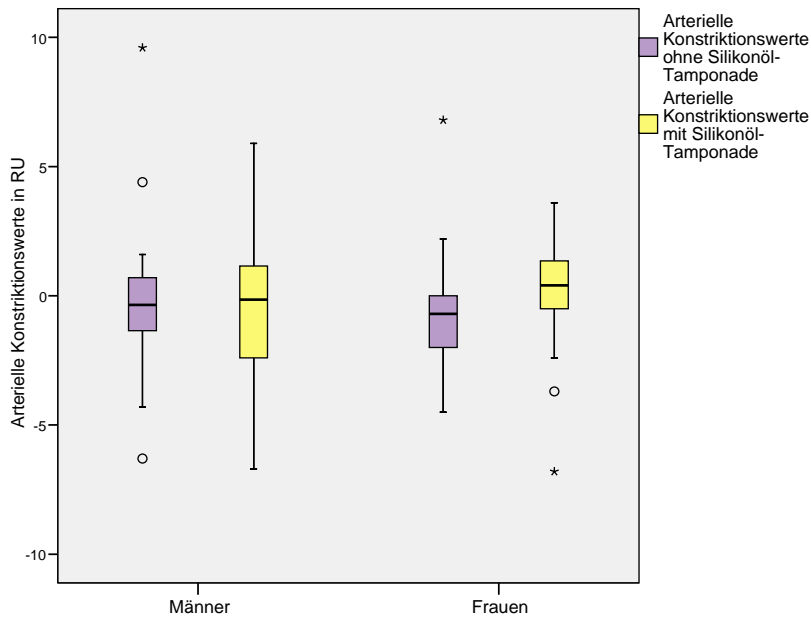


Abb.26 Arterielle Konstriktionswerte ohne und mit Silikonöl-Tamponade bei Männern und Frauen

	Arterielle Konstriktion ohne Silikonöl	Arterielle Konstriktion mit Silikonöl	Differenzen zwischen arterieller Konstriktion ohne und mit Silikonöl
n Männer	24		
n Frauen	16		
Mittelwert Männer (in RU)	-0,2	-0,5	0,3
Mittelwert Frauen (in RU)	-0,6	-0,1	-0,5
Standardabweichung Männer (in RU)	3,0	2,9	3,7
Standardabweichung Frauen (in RU)	2,5	2,6	3,6
Signifikanz Männer-Frauen	0,707	0,594	0,492
Signifikanz Männer			0,700
Signifikanz Frauen			0,568

Tab.8 Arterielle Konstriktionswerte ohne und mit Silikonöl-Tamponade in Abhängigkeit vom Geschlecht

Venöse Ausgangswerte:

Die venösen Ausgangswerte betragen im Mittel ohne Öl 134,8 RU bei den Männern und 127,4 RU bei den Frauen (insgesamt 131,8 RU). Mit gleichzeitiger Silikonöltamponade lagen die Werte für die Männer höher als ohne Öl bei 143,5 RU und für die Frauen niedriger als ohne Öl bei 121,1 RU (insgesamt 134,5 RU). Die Differenzwerte lagen bei den Männern bei -8,7 RU, was einen relativ großen Anstieg des mit-Öl-Wertes im Vergleich zum Wert ohne Öl bedeutete. Bei den Frauen lag eine mittlere Differenz von 6,3 RU vor. Der Signifikanzwert lag bei 0,227, das hieß der Unterschied in den Differenzwerten zwischen beiden Geschlechtern war nicht signifikant. Bei den anderen berechneten Signifikanzwerten zeigte sich ein signifikanter Unterschied der venösen Ausgangswerte mit Silikonöl zwischen

Männern und Frauen (Signifikanzwert: 0,016). Die venösen Ausgangswerte mit Öl waren bei den Männern signifikant größer als bei den Frauen. Als Übersicht zur Auswertung der venösen Ausgangswerte in Abhängigkeit vom Geschlecht dient Tabelle 9; in Abbildung 27 ist der Unterschied zwischen Männern und Frauen grafisch dargestellt.

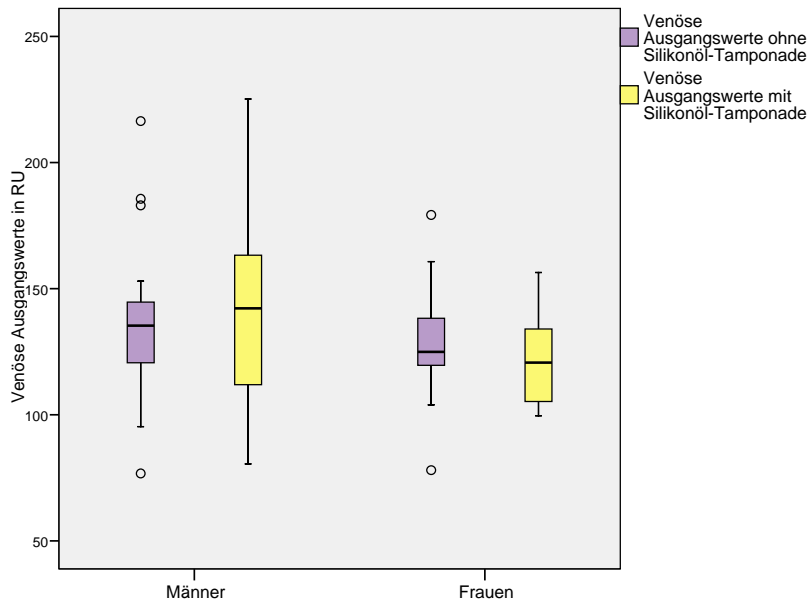


Abb.27 Venöse Ausgangswerte ohne und mit Silikonöl-Tamponade bei Männern und Frauen

	Venöse Ausgangswerte ohne Silikonöl	Venöse Ausgangswerte mit Silikonöl	Differenzen zwischen venösen Ausgangswerten ohne und mit Silikonöl
n Männer	24		
n Frauen	16		
Mittelwert Männer (in RU)	134,8	143,5	-8,7
Mittelwert Frauen (in RU)	127,4	121,1	6,3
Standardabweichung Männer (in RU)	30,2	37,4	49,1
Standardabweichung Frauen (in RU)	23,1	17,7	28,5
Signifikanz Männer-Frauen	0,417	0,016	0,227
Signifikanz Männer			0,392
Signifikanz Frauen			0,385

Tab.9 Venöse Ausgangswerte ohne und mit Silikonöl-Tamponade in Abhängigkeit vom Geschlecht

Venöse Dilatationswerte:

Im Mittel erweiterten sich die venösen Gefäße ohne Öl im Auge bei Männern um -0,9 RU und bei Frauen um 2,8 RU (insgesamt 0,6 RU). Mit Silikonöltamponade vergrößerte sich die Dilatation bei den Männern auf 3,8 RU und verringerte sich bei den Frauen auf -3,2 RU (insgesamt 1,0 RU). Damit lagen die Differenzwerte im Mittel bei den Männern bei -4,7 RU und bei den Frauen bei 6,0 RU. Der Unterschied

zwischen den Differenzwerten lag mit 0,157 oberhalb der Signifikanzgrenze. Auch die anderen Signifikanzwerte lagen oberhalb der erforderlichen Grenze, das heißt, sie waren nicht signifikant (siehe Tabelle 10). In Abbildung 28 ist die Verteilung der gemessenen venösen Dilatationswerte dargestellt.

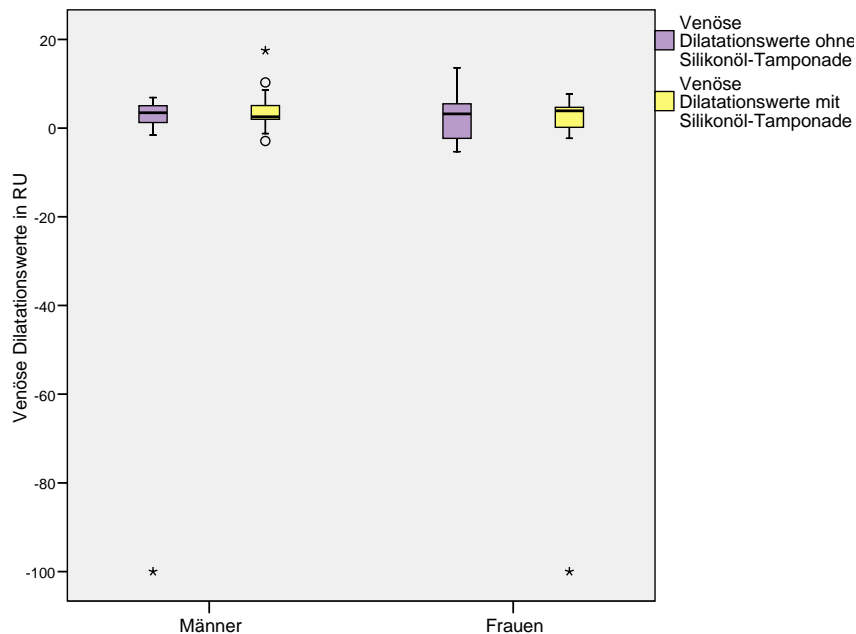


Abb.28 Venöse Dilatationswerte ohne und mit Silikonöl-Tamponade bei Männern und Frauen

	Venöse Dilatation ohne Silikonöl	Venöse Dilatation mit Silikonöl	Differenzen zwischen venöser Dilatation ohne und mit Silikonöl
n Männer	24		
n Frauen	16		
Mittelwert Männer (in RU)	-0,9	3,8	-4,7
Mittelwert Frauen (in RU)	2,8	-3,2	6,0
Standardabweichung Männer (in RU)	21,2	4,3	21,4
Standardabweichung Frauen (in RU)	5,3	26,0	24,9
Signifikanz Männer-Frauen	0,502	0,203	0,157
Signifikanz Männer			0,294
Signifikanz Frauen			0,354

Tab.10 Venöse Dilatationswerte ohne und mit Silikonöl-Tamponade in Abhängigkeit vom Geschlecht

4.3 Gemessene Parameter in Abhängigkeit von der Indikation zu Operation

Auf Grund der Indikation zur Operation wurden die Patienten in fünf Gruppen aufgeteilt, die gemessenen Parameter für jede Gruppe separat ausgewertet und die Signifikanzwerte aufgestellt. Die Indikation Silikonöl-Tamponade umfasste 21 Patienten, die Indikation Ablatio retinae acht Patienten, die Indikation Makulaforamen

vier Patienten, die Indikation proliferative diabetische Retinopathie ebenfalls vier Patienten und sonstige Indikationen drei Patienten.

Bei der Auswertung der gemessenen Parameter in Abhängigkeit von der Indikation zur Operation ergaben sich keine signifikanten Unterschiede zwischen den Werten ohne Öl und bei vorhandener Silikonöl-Tamponade im untersuchten Auge.

Zur Übersicht über die Auswertung der gemessenen Parameter dienen die Tabellen 11 bis 15 und zur Veranschaulichung die Abbildungen 29 bis 33.

Arterielle Ausgangswerte:

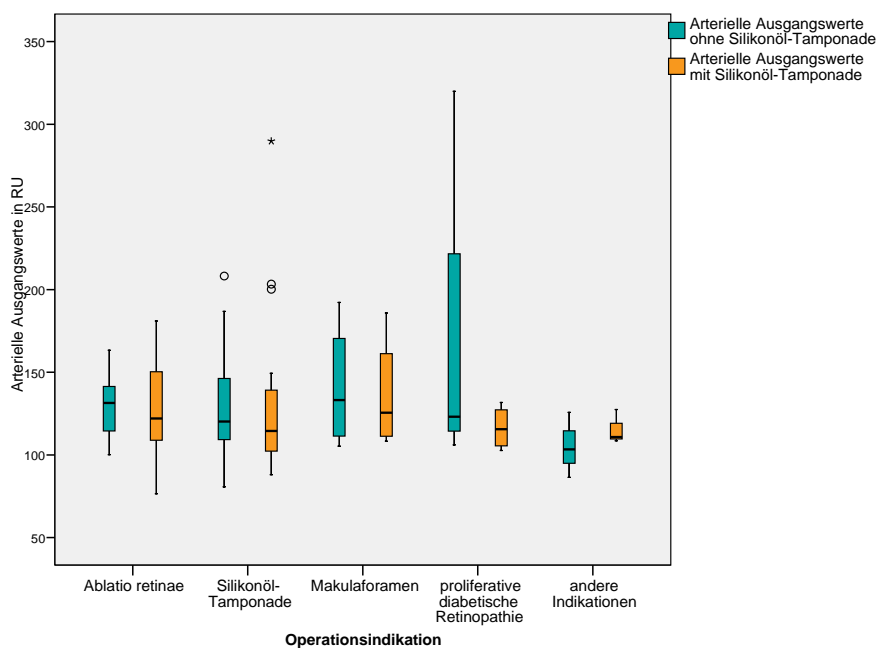


Abb.29 Arterielle Ausgangswerte ohne und mit Silikonöl-Tamponade bei verschiedenen Operationsindikationen

Indikation zur Operation	Silikonöl-Tamponade	Ablatio retinae	Makulaforamen	Proliferative diabetische Retinopathie	Andere Indikationen
n	21	8	4	4	3
<u>arterielle Ausgangswerte ohne Silikonöl</u>					
- Mittelwert	127,8	129,8	141,0	168,1	105,2
- Standardabweichung	31,9	20,2	38,8	101,6	19,7
<u>arterielle Ausgangswerte mit Silikonöl</u>					
- Mittelwert	131,1	127,5	136,3	116,4	115,6
- Standardabweichung	48,1	34,0	35,2	13,3	10,3
<u>Differenzen zwischen arteriellen Ausgangswerten ohne und mit Silikonöl</u>					
- Mittelwert	-3,3	2,3	4,7	51,7	-10,4
- Standardabweichung	65,8	42,6	50,8	108,4	10,5
Signifikanz der Differenzen	0,823	0,884	0,866	0,411	0,228

Tab.11 Arterielle Ausgangswerte ohne und mit Silikonöl-Tamponade bei verschiedenen Operationsindikationen

Arterielle Dilatationswerte:

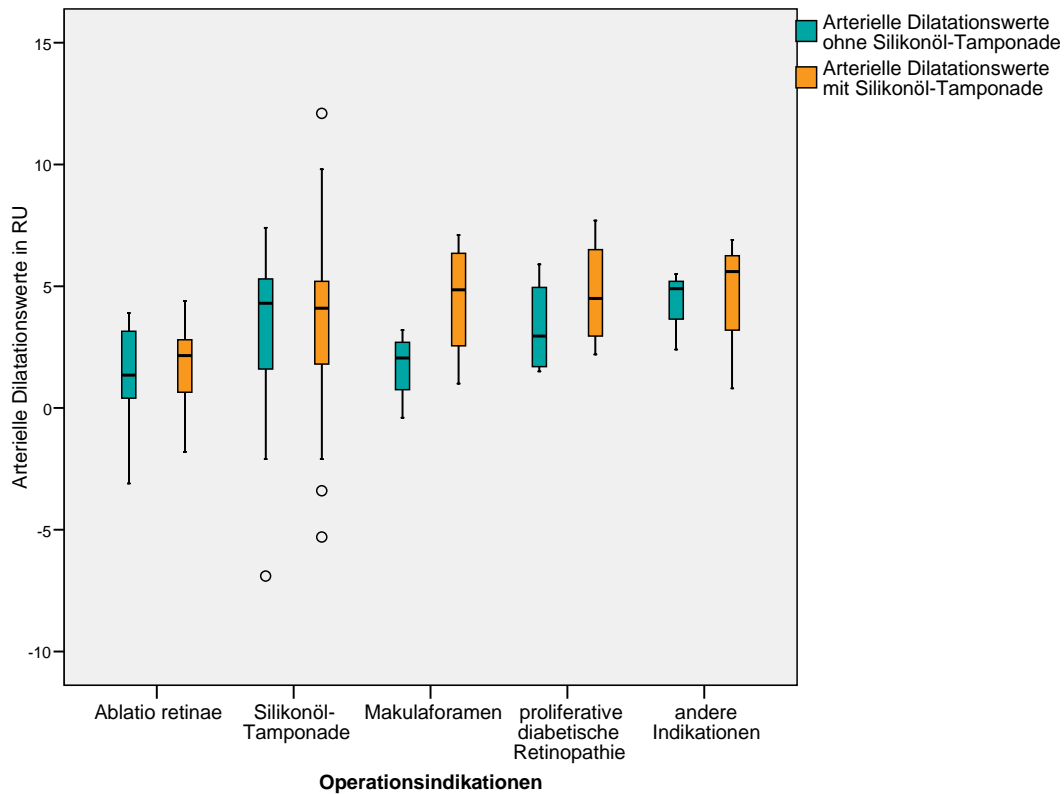


Abb.30 Arterielle Dilatationswerte ohne und mit Silikonöl-Tamponade bei verschiedenen Operationsindikationen

Indikation zur Operation	Silikonöl-Tamponade	Ablatio retinae	Makulaforamen	Proliferative diabetische Retinopathie	Andere Indikationen
n	21	8	4	4	3
<u>arterielle Dilatation ohne Silikonöl</u>					
- Mittelwert	3,1	1,3	1,7	3,3	4,3
- Standardabweichung	3,5	2,2	1,5	2,0	1,6
<u>arterielle Dilatation mit Silikonöl</u>					
- Mittelwert	3,7	1,7	4,5	4,7	4,4
- Standardabweichung	4,1	1,9	2,6	2,4	3,2
<u>Differenzen zwischen arterieller Dilatation ohne und mit Silikonöl</u>					
- Mittelwert	-0,6	-0,4	-2,8	-1,4	-0,1
- Standardabweichung	5,5	2,3	3,3	4,0	1,8
Signifikanz der Differenzen	0,625	0,637	0,199	0,536	0,887

Tab.12 Arterielle Dilatationswerte ohne und mit Silikonöl-Tamponade bei verschiedenen Operationsindikationen

Arterielle Konstriktionswerte:

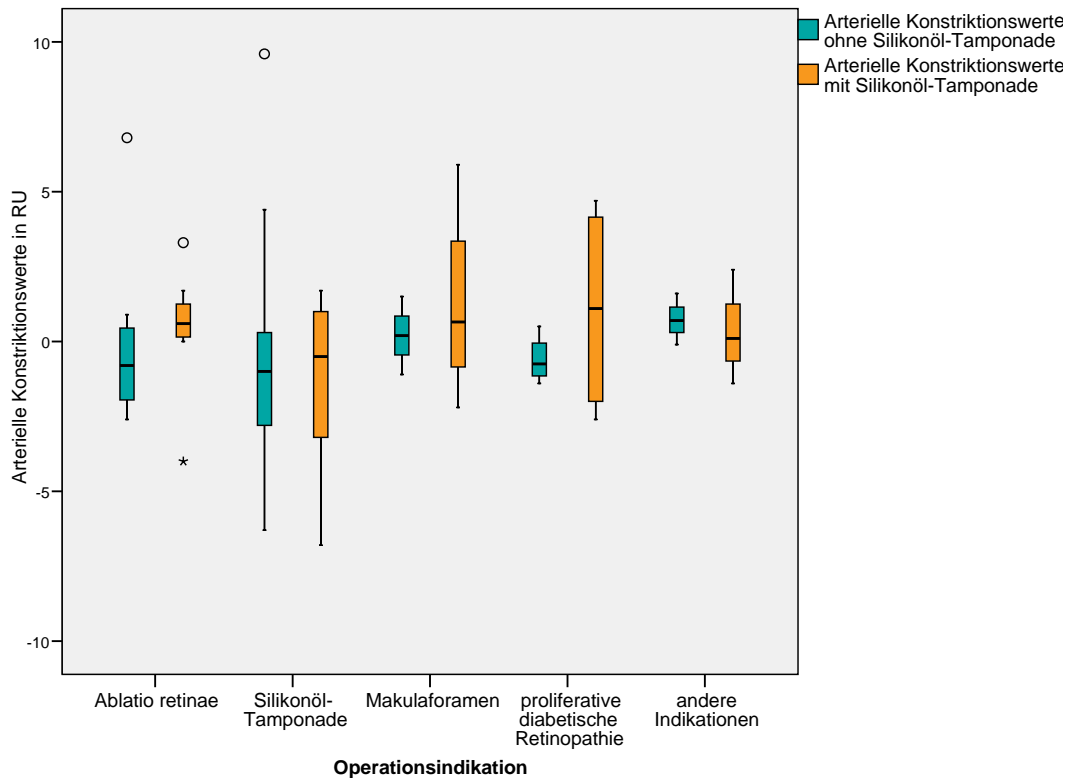


Abb.31 Arterielle Konstriktionswerte ohne und mit Silikonöl-Tamponade bei verschiedenen Operationsindikationen

Indikation zur Operation	Silikonöl-Tamponade	Ablatio retinae	Makulaforamen	Proliferative diabetische Retinopathie	Andere Indikationen
n	21	8	4	4	3
<u>arterielle Konstriktion ohne Silikonöl</u>					
- Mittelwert	-0,7	-0,1	0,2	-0,6	0,7
- Standardabweichung	3,4	3,0	1,1	0,8	0,9
<u>arterielle Konstriktion mit Silikonöl</u>					
- Mittelwert	-1,3	0,4	1,3	1,1	0,4
- Standardabweichung	2,6	2,1	3,4	3,6	1,9
<u>Differenzen zwischen arterieller Konstriktion ohne und mit Silikonöl</u>					
- Mittelwert	0,6	-0,5	-1,1	-1,7	0,3
- Standardabweichung	3,9	3,5	3,9	4,0	2,4
Signifikanz der Differenzen	0,502	0,720	0,627	0,461	0,816

Tab.13 Arterielle Konstriktionswerte ohne und mit Silikonöl-Tamponade bei verschiedenen Operationsindikationen

Venöse Ausgangswerte:

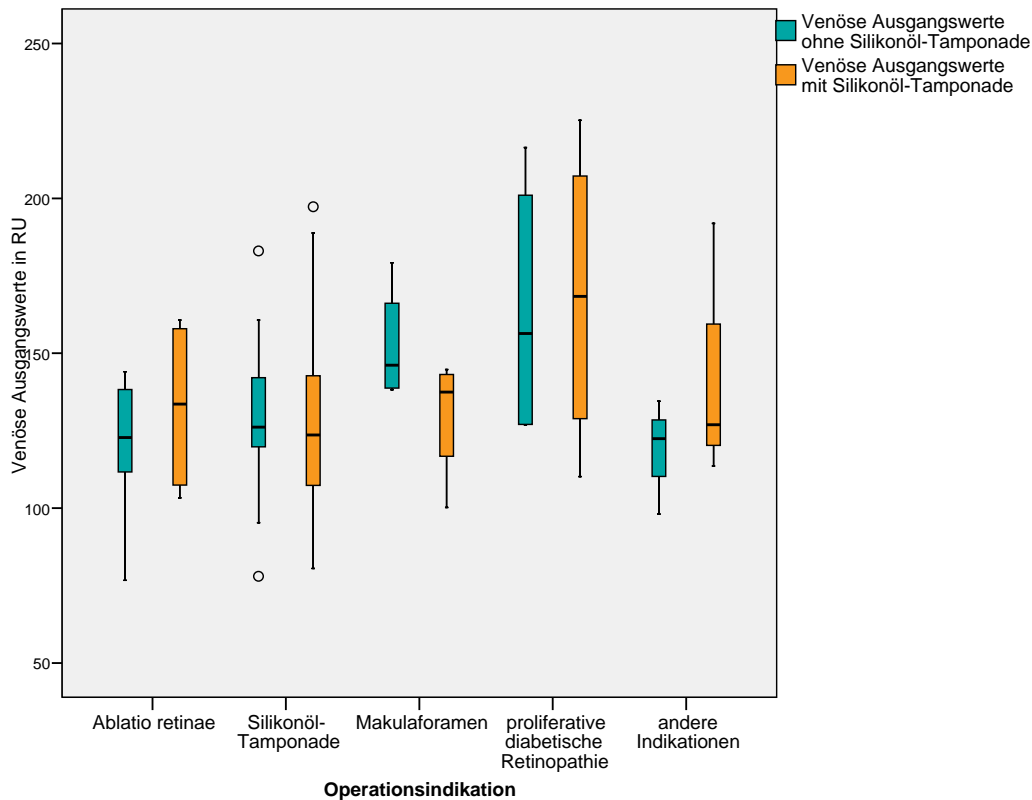


Abb.32 Venöse Ausgangswerte ohne und mit Silikonöl-Tamponade bei verschiedenen Operationsindikationen

Indikation zur Operation	Silikonöl-Tamponade	Ablatio retinae	Makulaforamen	Proliferative diabetische Retinopathie	Andere Indikationen
n	21	8	4	4	3
<u>venöse Ausgangswerte ohne Silikonöl</u>					
- Mittelwert	127,9	120,8	152,4	164,0	118,3
- Standardabweichung	23,1	22,1	19,1	44,5	18,5
<u>venöse Ausgangswerte mit Silikonöl</u>					
- Mittelwert	128,3	132,7	130,0	168,0	144,1
- Standardabweichung	31,3	24,6	20,4	49,9	41,9
<u>Differenzen zwischen venösen Ausgangswerten ohne und mit Silikonöl</u>					
- Mittelwert	-0,4	-11,9	22,4	-4,0	-25,8
- Standardabweichung	36,8	35,9	38,4	75,4	60,2
Signifikanz der Differenzen	0,962	0,377	0,327	0,922	0,536

Tab.14 Venöse Ausgangswerte ohne und mit Silikonöl-Tamponade bei verschiedenen Operationsindikationen

Venöse Dilatationswerte:

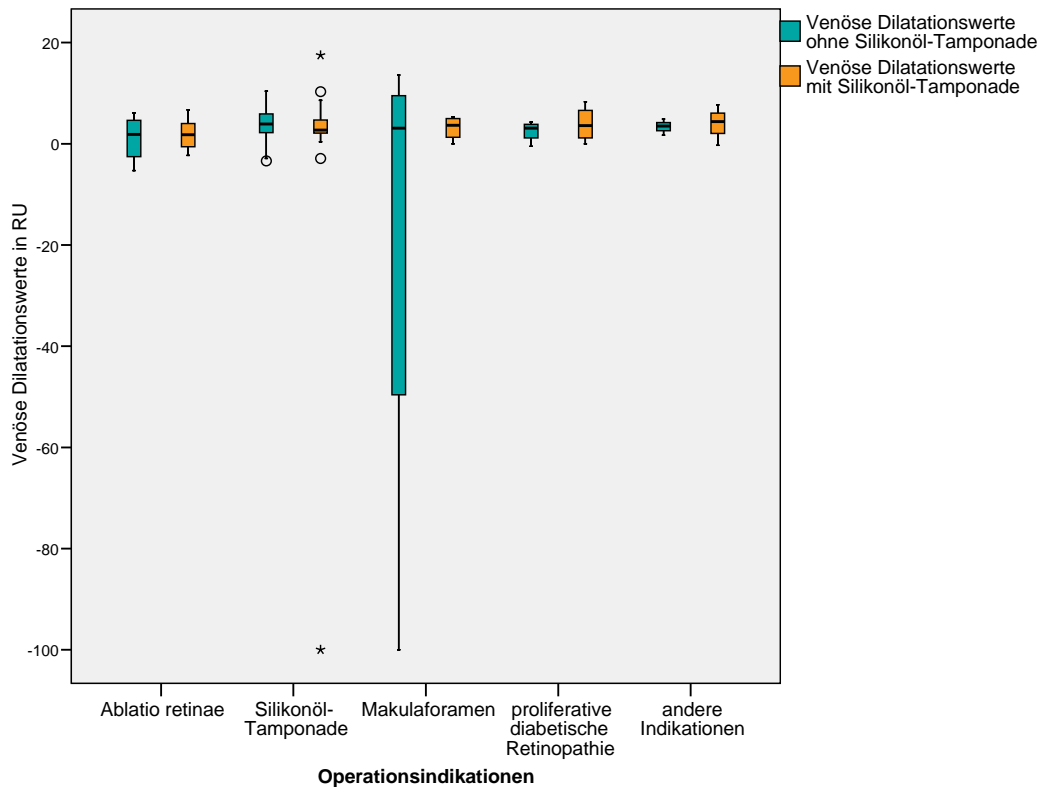


Abb.33 Venöse Dilatationswerte ohne und mit Silikonöl-Tamponade bei verschiedenen Operationsindikationen

Indikation zur Operation	Silikonöl-Tamponade	Ablatio retinae	Makulaforamen	Proliferative diabetische Retinopathie	Andere Indikationen
n	21	8	4	4	3
<u>venöse Dilatation ohne Silikonöl</u>					
- Mittelwert	3,5	1,1	-20,1	2,5	3,4
- Standardabweichung	3,5	4,2	53,6	2,1	1,6
<u>venöse Dilatation mit Silikonöl</u>					
- Mittelwert	-0,7	1,9	3,2	3,9	3,9
- Standardabweichung	23,1	3,0	2,4	3,6	4,0
<u>Differenzen zwischen venöser Dilatation ohne und mit Silikonöl</u>					
- Mittelwert	4,2	-0,8	-23,3	-1,4	-0,5
- Standardabweichung	22,0	5,3	53,1	3,9	2,4
Signifikanz der Differenzen	0,391	0,694	0,446	0,536	0,724

Tab.15 Venöse Dilatationswerte ohne und mit Silikonöl-Tamponade bei verschiedenen Operationsindikationen

4.4 Gemessene Parameter in Abhängigkeit von vorausgegangenen Operationen am betroffenen Auge

Unter den 40 ausgewerteten Patienten hatten vier Patienten keine Voroperation am betroffenen Auge. In 14 Fällen war eine PPV, in vier Fällen eine Katarakt-Operation, in 14 Fällen sowohl eine PPV als auch eine Katarakt-Operation und in weiteren vier Fällen eine Argonlaser-Koagulation (ALC) am betroffenen Auge vorausgegangen. In den Tabellen 16 bis 20 sind die ausgewerteten Parameter und ihre Signifikanzwerte dargestellt. Nach Auswertung der gemessenen Parameter bezüglich der Voroperationen am betroffenen Auge ergaben sich keine signifikanten Unterschiede der Differenzwerte von Null, das heißt es gab keine signifikanten Unterschiede zwischen den Werten ohne Öl und den Werten bei vorhandener Silikonöl-Tamponade im untersuchten Auge.

Voroperationen	keine	PPV	Katarakt-OP	Katarakt-OP und PPV	ALC
n	4	14	4	14	4
<u>arterielle Ausgangswerte ohne Silikonöl</u>					
- Mittelwert	146,2	132,4	128,1	116,1	174,3
- Standardabweichung	30,9	34,6	23,8	22,8	98,6
<u>arterielle Ausgangswerte mit Silikonöl</u>					
- Mittelwert	147,8	123,7	100,0	138,9	115,7
- Standardabweichung	32,0	25,5	17,5	55,6	12,9
<u>Differenzen zwischen arteriellen Ausgangswerten ohne und mit Silikonöl</u>					
- Mittelwert	-1,6	8,7	28,1	-22,8	58,6
- Standardabweichung	56,4	44,3	40,8	65,4	104,8
Signifikanz der Differenzen	0,957	0,475	0,262	0,215	0,345

Tab.16 Arterielle Ausgangswerte ohne und mit Silikonöl-Tamponade bei verschiedenen Voroperationen

Voroperationen	keine	PPV	Katarakt-OP	Katarakt-OP und PPV	ALC
n	4	14	4	14	4
<u>arterielle Dilatation ohne Silikonöl</u>					
- Mittelwert	3,6	2,0	1,6	3,8	1,6
- Standardabweichung	1,4	3,9	1,9	1,6	3,7
<u>arterielle Dilatation mit Silikonöl</u>					
- Mittelwert	4,8	4,2	1,1	2,9	4,5
- Standardabweichung	2,1	2,7	2,5	4,6	2,7
<u>Differenzen zwischen arterieller Dilatation ohne und mit Silikonöl</u>					
- Mittelwert	-1,2	-2,2	0,5	0,9	-2,9
- Standardabweichung	2,8	4,7	1,6	4,8	3,5
Signifikanz der Differenzen	0,467	0,101	0,567	0,485	0,192

Tab.17 Arterielle Dilatationswerte ohne und mit Silikonöl-Tamponade bei verschiedenen Voroperationen

Voroperationen	keine	PPV	Katarakt-OP	Katarakt-OP und PPV	ALC
n	4	14	4	14	4
<u>arterielle Konstriktion ohne Silikonöl</u>					
- Mittelwert	-0,4	-0,4	1,7	-0,8	-0,6
- Standardabweichung	0,9	3,7	3,5	2,2	0,8
<u>arterielle Konstriktion mit Silikonöl</u>					
- Mittelwert	1,4	-0,3	-0,3	-1,0	0,1
- Standardabweichung	1,4	3,0	2,6	2,9	2,7
<u>Differenzen zwischen arterieller Konstriktion ohne und mit Silikonöl</u>					
- Mittelwert	-1,8	-0,1	2,0	0,2	-0,7
- Standardabweichung	1,8	4,6	3,6	3,2	3,0
Signifikanz der Differenzen	0,138	0,950	0,362	0,878	0,698

Tab.18 Arterielle Konstriktionswerte ohne und mit Silikonöl-Tamponade bei verschiedenen Voroperationen

Voroperationen	keine	PPV	Katarakt-OP	Katarakt-OP und PPV	ALC
n	4	14	4	14	4
<u>venöse Ausgangswerte ohne Silikonöl</u>					
- Mittelwert	132,6	132,5	122,6	123,8	166,0
- Standardabweichung	32,5	18,6	31,4	24,1	42,5
<u>venöse Ausgangswerte mit Silikonöl</u>					
- Mittelwert	123,6	125,1	132,7	140,4	159,8
- Standardabweichung	16,1	27,8	31,7	35,3	48,0
<u>Differenzen zwischen venösen Ausgangswerten ohne und mit Silikonöl</u>					
- Mittelwert	9,0	7,4	-10,1	-16,6	6,2
- Standardabweichung	47,6	36,8	53,5	37,3	67,3
Signifikanz der Differenzen	0,730	0,463	0,731	0,120	0,866

Tab.19 Venöse Ausgangswerte ohne und mit Silikonöl-Tamponade bei verschiedenen Voroperationen

Voroperationen	keine	PPV	Katarakt-OP	Katarakt-OP und PPV	ALC
n	4	14	4	14	4
<u>venöse Dilatation ohne Silikonöl</u>					
- Mittelwert	7,3	-4,2	-0,9	3,8	0,8
- Standardabweichung	4,2	27,8	4,4	2,6	3,4
<u>venöse Dilatation mit Silikonöl</u>					
- Mittelwert	3,2	-3,0	3,5	2,7	4,3
- Standardabweichung	4,2	28,3	3,6	2,4	3,4
<u>Differenzen zwischen venöser Dilatation ohne und mit Silikonöl</u>					
- Mittelwert	4,1	-1,2	-4,4	1,1	-3,5
- Standardabweichung	5,1	39,5	4,2	4,0	4,4
Signifikanz der Differenzen	0,211	0,908	0,127	0,337	0,212

Tab.20 Venöse Dilatationswerte ohne und mit Silikonöl-Tamponade bei verschiedenen Voroperationen

4.5 Gemessene Parameter in Abhängigkeit von der durchgeführten Operation (Silikonöl-Tamponade oder Silikonöl-Entfernung)

Unter den 40 untersuchten Patienten hatten 19 vor der Operation in der Augenklinik noch kein Öl im Auge und die Operation bestand bei diesen Patienten aus einer PPV mit Silikonöl-Tamponade. Die übrigen 21 Patienten kamen bereits mit Öl im Auge, bei diesen bestand die Operation aus einer PPV mit Silikonöl-Entfernung. In den folgenden Tabellen 21 bis 25 sind die ausgewerteten Daten zusammengefasst.

	Arterielle Ausgangswerte ohne Silikonöl	Arterielle Ausgangswerte mit Silikonöl	Differenzen zwischen arteriellen Ausgangswerten ohne und mit Silikonöl
n Öl-Tamponade	19		
n Öl-Entfernung	21		
Mittelwert Öl-Tamponade (in RU)	136,3	125,1	11,2
Mittelwert Öl-Entfernung (in RU)	127,8	131,1	-3,3
Standardabweichung Öl-Tamponade (in RU)	50,8	27,6	59,9
Standardabweichung Öl-Entfernung (in RU)	31,9	48,1	65,8
Signifikanz Öl-Tamponade - Öl-Entfernung	0,527	0,639	0,474
Signifikanz Öl-Tamponade			0,427
Signifikanz Öl-Entfernung			0,823

Tab.21 Arterielle Ausgangswerte ohne und mit Silikonöl-Tamponade in Abhängigkeit von der durchgeführten Operation

	Arterielle Dilatation ohne Silikonöl	Arterielle Dilatation mit Silikonöl	Differenzen zwischen arterieller Dilatation ohne und mit Silikonöl
n Öl-Tamponade	19		
n Öl-Entfernung	21		
Mittelwert Öl-Tamponade (in RU)	2,3	3,4	-1,1
Mittelwert Öl-Entfernung (in RU)	3,1	3,7	-0,6
Standardabweichung Öl-Tamponade (in RU)	2,2	2,6	2,8
Standardabweichung Öl-Entfernung (in RU)	3,5	4,1	5,5
Signifikanz Öl-Tamponade - Öl-Entfernung	0,403	0,788	0,734
Signifikanz Öl-Tamponade			0,116
Signifikanz Öl-Entfernung			0,625

Tab.22 Arterielle Dilatationswerte ohne und mit Silikonöl-Tamponade in Abhängigkeit von der durchgeführten Operation

	Arterielle Konstriktion ohne Silikonöl	Arterielle Konstriktion mit Silikonöl	Differenzen zwischen arterieller Konstriktion ohne und mit Silikonöl
n Öl-Tamponade	19		
n Öl-Entfernung	21		
Mittelwert Öl-Tamponade (in RU)	0,0	0,7	-0,7
Mittelwert Öl-Entfernung (in RU)	-0,7	-1,3	0,6
Standardabweichung Öl-Tamponade (in RU)	2,0	2,5	3,3
Standardabweichung Öl-Entfernung (in RU)	3,4	2,6	3,9
Signifikanz Öl-Tamponade - Öl-Entfernung	0,443	0,020	0,269
Signifikanz Öl-Tamponade			0,363
Signifikanz Öl-Entfernung			0,502

Tab.23 Arterielle Konstriktionswerte ohne und mit Silikonöl-Tamponade in Abhängigkeit von der durchgeführten Operation

	Venöse Ausgangswerte ohne Silikonöl	Venöse Ausgangswerte mit Silikonöl	Differenzen zwischen venösen Ausgangswerten ohne und mit Silikonöl
n Öl-Tamponade	19		
n Öl-Entfernung	21		
Mittelwert Öl-Tamponade (in RU)	136,1	141,4	-5,3
Mittelwert Öl-Entfernung (in RU)	127,9	128,3	-0,4
Standardabweichung Öl-Tamponade (in RU)	31,8	33,7	48,6
Standardabweichung Öl-Entfernung (in RU)	23,1	31,3	36,8
Signifikanz Öl-Tamponade - Öl-Entfernung	0,353	0,212	0,722
Signifikanz Öl-Tamponade			0,644
Signifikanz Öl-Entfernung			0,962

Tab.24 Venöse Ausgangswerte ohne und mit Silikonöl-Tamponade in Abhängigkeit von der durchgeführten Operation

	Venöse Dilatation ohne Silikonöl	Venöse Dilatation mit Silikonöl	Differenzen zwischen venöser Dilatation ohne und mit Silikonöl
n Öl-Tamponade	19		
n Öl-Entfernung	21		
Mittelwert Öl-Tamponade (in RU)	-2,7	2,9	-5,6
Mittelwert Öl-Entfernung (in RU)	3,5	-0,7	4,2
Standardabweichung Öl-Tamponade (in RU)	23,9	3,1	23,9
Standardabweichung Öl-Entfernung (in RU)	3,5	23,1	22,0
Signifikanz Öl-Tamponade - Öl-Entfernung	0,276	0,507	0,185
Signifikanz Öl-Tamponade			0,322
Signifikanz Öl-Entfernung			0,391

Tab.25 Venöse Dilatationswerte ohne und mit Silikonöl-Tamponade in Abhängigkeit von der durchgeführten Operation

Die Auswertung der Parameter unter Berücksichtigung der durchgeführten Operation ergab einen signifikanten Unterschied des Ausmaßes der arteriellen Konstriktion unter Silikonöl zwischen der Patientengruppe, bei der eine Öl-Tamponade durchgeführt wurde und der anderen Gruppe, bei der die Öl-Entfernung erfolgte. Dabei war die Verengung der retinalen Arterien bei den Patienten mit Öl-Entfernung (-1,3 RU) signifikant stärker ausgeprägt als in der anderen Gruppe (0,7 RU). Der Signifikanzwert betrug 0,020 (siehe Tabelle 23).

4.6 Gemessene Parameter in Abhängigkeit vom Alter

Die untersuchten Patienten wurden in zwei Altersklassen eingeteilt, die anschließend miteinander verglichen wurden. In die höhere Altersgruppe kamen 19 Patienten, die 70 Jahre oder älter waren; die übrigen 21 Patienten, die jünger als 70 Jahre waren, wurden der anderen Gruppe zugeteilt. In den Tabellen 26 bis 30 sind die ausgewerteten Parameter und deren Signifikanzen für beide Altersklassen dargestellt.

Bei der Auswertung in Abhängigkeit vom Alter der Patienten ergaben sich bei zwei der fünf untersuchten Parameter signifikante Unterschiede zwischen beiden Patientengruppen hinsichtlich der Höhe der gemessenen Werte ohne und mit Silikonöl.

Arterielle Ausgangswerte:

In der Auswertung der arteriellen Ausgangswerte unter besonderer Berücksichtigung des Patientenalters ergaben sich keine signifikanten Unterschiede (siehe Tabelle 26). Abbildung 34 veranschaulicht die Verteilung der gemessenen Werte beider Altersklassen.

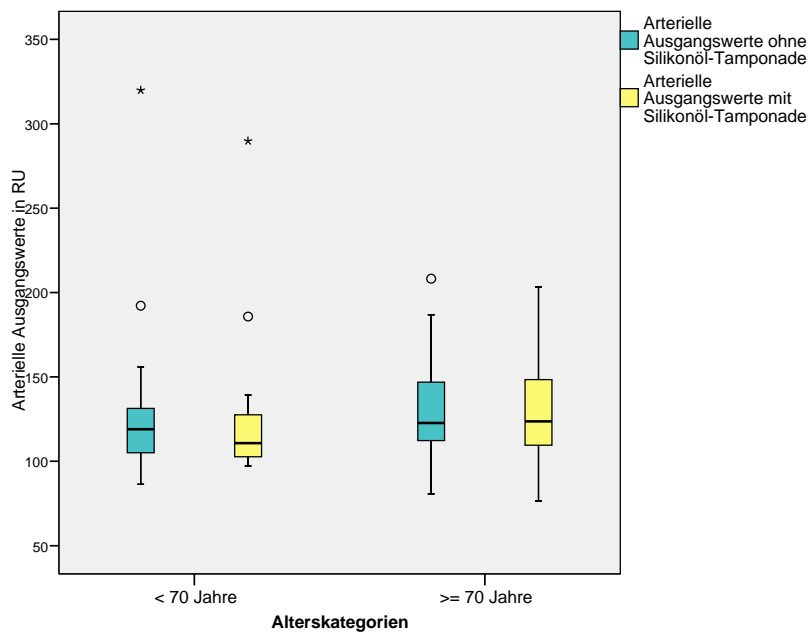


Abb.34 Arterielle Ausgangswerte ohne und mit Silikonöl-Tamponade in Abhängigkeit vom Alter

	Arterielle Ausgangswerte ohne Silikonöl	Arterielle Ausgangswerte mit Silikonöl	Differenzen zwischen arteriellen Ausgangswerten ohne und mit Silikonöl
n Alter >= 70	19		
n Alter < 70	21		
Mittelwert Alter >= 70 (in RU)	133,0	131,9	1,1
Mittelwert Alter < 70 (in RU)	130,8	124,9	5,9
Standardabweichung Alter >= 70 (in RU)	31,7	35,9	58,9
Standardabweichung Alter < 70 (in RU)	49,7	42,8	67,3
Signifikanz Alter >= 70 – Alter < 70	0,871	0,579	0,810
Signifikanz Alter >= 70			0,939
Signifikanz Alter < 70			0,692

Tab.26 Arterielle Ausgangswerte ohne und mit Silikonöl-Tamponade in Abhängigkeit vom Alter

Arterielle Dilatationswerte:

Die arteriellen Dilatationswerte unter Silikonöl waren zwischen beiden Patientengruppen signifikant unterschiedlich (Signifikanzwert: 0,001). In der jüngeren Patientengruppe war die Dilatation signifikant stärker als in der älteren Patientengruppe. Weitere Signifikanzen ergaben sich für die Differenzwerte zwischen arterieller Dilatation ohne und mit Öl. Dabei unterschieden sich die Differenzwerte der jüngeren Gruppe signifikant von denen der älteren Gruppe (Signifikanzwert: 0,004). Der Differenzwert der jüngeren Patientengruppe lag bei -2,6 RU und der der älteren Gruppe bei 1,2 RU. Dies bedeutete, dass in der jüngeren Gruppe die arteriellen Dilatationswerte ohne Öl im Mittel um 2,6 RU unter den Werten mit Öl lagen. In der älteren Gruppe lagen die arteriellen Dilatationswerte hingegen im Mittel um 1,2 RU über den entsprechenden Werten mit Öl. Außerdem unterschied sich der

Differenzwert in der jüngeren Gruppe signifikant von Null (Signifikanzwert: 0,008). Dies bedeutete, dass die arterielle Dilatation ohne Öl signifikant geringer als mit Öl war. In Tabelle 27 ist eine Übersicht hierzu dargestellt; Abbildung 35 veranschaulicht die Unterschiede der beiden Gruppen grafisch.

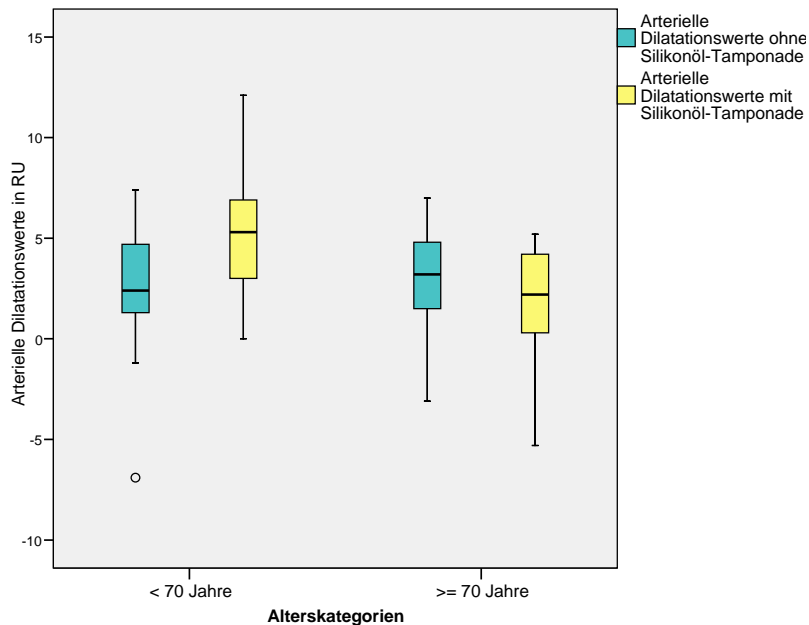


Abb.35 Arterielle Dilatationswerte ohne und mit Silikonöl-Tamponade in Abhängigkeit vom Alter

	Arterielle Dilatation ohne Silikonöl	Arterielle Dilatation mit Silikonöl	Differenzen zwischen arterieller Dilatation ohne und mit Silikonöl
n Alter >= 70	19		
n Alter < 70	21		
Mittelwert Alter >= 70 (in RU)	2,9	1,7	1,2
Mittelwert Alter < 70 (in RU)	2,5	5,1	-2,6
Standardabweichung Alter >= 70 (in RU)	2,7	3,1	3,6
Standardabweichung Alter < 70 (in RU)	3,1	3,0	4,1
Signifikanz Alter >= 70 – Alter < 70	0,643	0,001	0,004
Signifikanz Alter >= 70			0,190
Signifikanz Alter < 70			0,008

Tab.27 Arterielle Dilatationswerte ohne und mit Silikonöl-Tamponade in Abhängigkeit vom Alter

Arterielle Konstriktionswerte:

In der Tabelle 28 sind die arteriellen Konstriktionswerte bezogen auf das Alter aufgezeigt und in der Abbildung 36 grafisch dargestellt. Signifikante Unterschiede ergaben sich hier nicht.

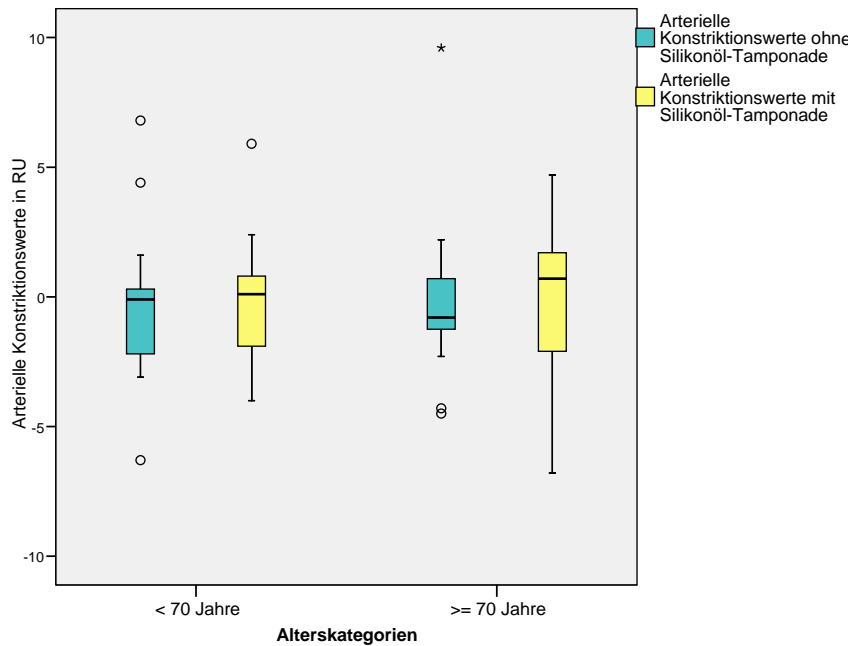


Abb.36 Arterielle Konstriktionswerte ohne und mit Silikonöl-Tamponade in Abhängigkeit vom Alter

	Arterielle Konstriktion ohne Silikonöl	Arterielle Konstriktion mit Silikonöl	Differenzen zwischen arterieller Konstriktion ohne und mit Silikonöl
n Alter >= 70	19		
n Alter < 70	21		
Mittelwert Alter >= 70 (in RU)	-0,2	-0,3	0,1
Mittelwert Alter < 70 (in RU)	-0,5	-0,3	-0,1
Standardabweichung Alter >= 70 (in RU)	2,9	3,2	3,9
Standardabweichung Alter < 70 (in RU)	2,7	2,3	3,5
Signifikanz Alter >= 70 – Alter < 70	0,759	0,952	0,850
Signifikanz Alter >= 70			0,926
Signifikanz Alter < 70			0,858

Tab.28 Arterielle Konstriktionswerte ohne und mit Silikonöl-Tamponade in Abhängigkeit vom Alter

Venöse Ausgangswerte:

Zwischen den beiden Patientengruppen ergaben sich signifikante Unterschiede bezüglich der venösen Ausgangswerte ohne Öl. In der jüngeren Gruppe waren die venösen Gefäße der Retina mit einem Durchmesser von 140,2 RU im Vergleich zur älteren Gruppe mit einem Durchmesser von 122,6 RU im Mittel signifikant weiter. Der Signifikanzwert betrug 0,042. Bei den Differenzwerten zwischen den venösen Ausgangswerten ohne und mit Öl ergaben sich folgende Signifikanzen: Die Differenzwerte der jüngeren Gruppe waren signifikant verschieden von denen der älteren Gruppe (Signifikanzwert: 0,025). Dabei betrug der Differenzwert in der jüngeren Gruppe 11,4 RU, das hieß die venösen Ausgangswerte ohne Öl waren im Mittel um 11,4 RU größer als mit Öl. In der älteren Gruppe betrug der Differenzwert -18,3 RU, was bedeutete, dass die venösen Ausgangswerte ohne Öl in dieser

Gruppe im Mittel um 18,3 RU kleiner waren, als die Werte mit Öl. Des Weiteren ergab sich ein signifikanter Unterschied des Differenzwertes von Null in der älteren Patientengruppe mit einem Signifikanzwert von 0,042, was bedeutete, dass bei den älteren Patienten die venösen Ausgangswerte unter Öl signifikant größer waren als ohne Öl. In Tabelle 29 ist die Auswertung der venösen Ausgangswerte bezogen auf beide Altersklassen noch einmal zusammenfassend dargestellt. Die Abbildung 37 zeigt die grafische Verteilung der gemessenen venösen Ausgangswerte.

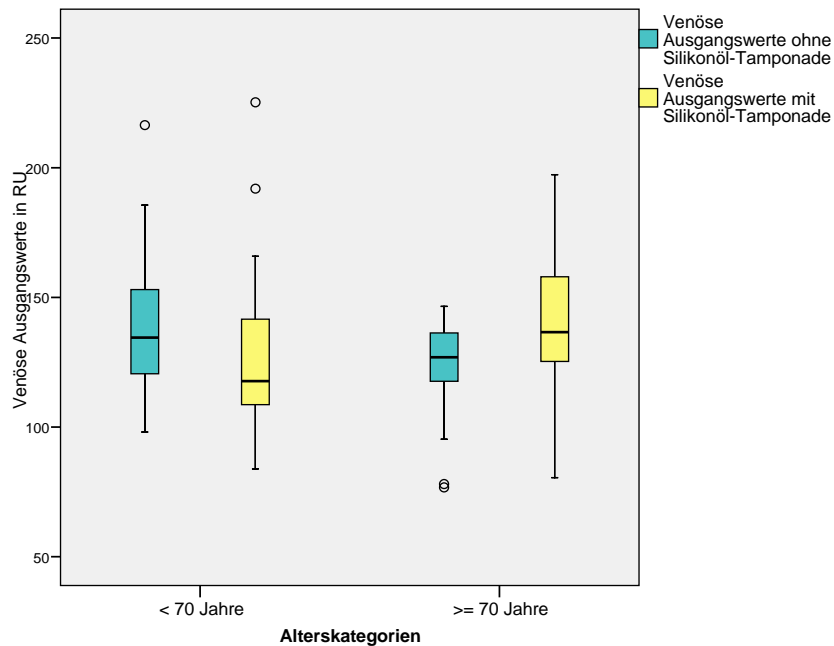


Abb.37 Venöse Ausgangswerte ohne und mit Silikonöl-Tamponade in Abhängigkeit vom Alter

	Venöse Ausgangswerte ohne Silikonöl	Venöse Ausgangswerte mit Silikonöl	Differenzen zwischen venösen Ausgangswerten ohne und mit Silikonöl
n Alter >= 70	19		
n Alter < 70	21		
Mittelwert Alter >= 70 (in RU)	122,6	140,9	-18,3
Mittelwert Alter < 70 (in RU)	140,2	128,8	11,4
Standardabweichung Alter >= 70 (in RU)	20,7	31,2	36,4
Standardabweichung Alter < 70 (in RU)	30,6	33,7	43,2
Signifikanz Alter >= 70 – Alter < 70	0,042	0,248	0,025
Signifikanz Alter >= 70			0,042
Signifikanz Alter < 70			0,240

Tab.29 Venöse Ausgangswerte ohne und mit Silikonöl-Tamponade in Abhängigkeit vom Alter

Venöse Dilatationswerte:

Bei der Auswertung dieses Parameters ergaben sich keine Signifikanzen. Die gemessenen venösen Dilatationswerte sind in Tabelle 30 aufgezeigt; eine grafische Darstellung dazu zeigt die Abbildung 38.

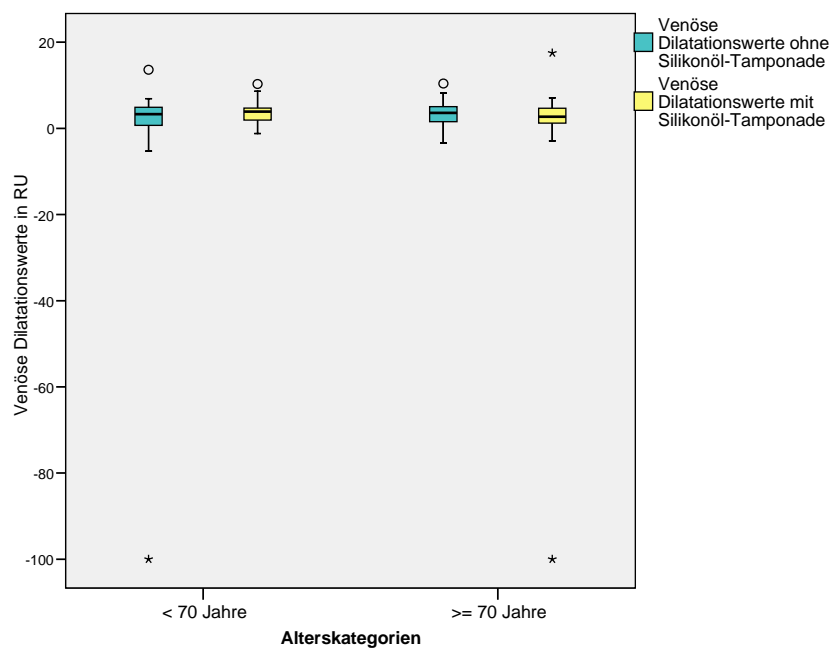


Abb.38 Venöse Dilatationswerte ohne und mit Silikonöl-Tamponade in Abhängigkeit vom Alter

	Venöse Dilatation ohne Silikonöl	Venöse Dilatation mit Silikonöl	Differenzen zwischen venöser Dilatation ohne und mit Silikonöl
n Alter >= 70	19		
n Alter < 70	21		
Mittelwert Alter >= 70 (in RU)	3,1	-1,9	5,0
Mittelwert Alter < 70 (in RU)	-1,8	3,6	-5,4
Standardabweichung Alter >= 70 (in RU)	3,8	24,1	23,0
Standardabweichung Alter < 70 (in RU)	22,8	3,1	22,7
Signifikanz Alter >= 70 – Alter < 70	0,362	0,303	0,157
Signifikanz Alter >= 70			0,352
Signifikanz Alter < 70			0,289

Tab.30 Venöse Dilatationswerte ohne und mit Silikonöl-Tamponade in Abhängigkeit vom Alter

4.7 Gemessene Parameter in Abhängigkeit von der stationären Verweildauer

Unter den 40 untersuchten Patienten blieben 10 Patienten mindestens 10 Tage oder länger stationär in der Augenklinik. Die übrigen 30 Patienten hatten eine stationäre Verweildauer (SVD) von weniger als 10 Tagen. In Abhängigkeit von der Verweildauer im Krankenhaus wurden die untersuchten Patienten in zwei Gruppen aufgeteilt und anschließend analysiert, ob sich die SVD auf die Höhe der gemessenen Parameter auswirkt. Die berechneten Signifikanzwerte für die untersuchten Parameter sind in den Tabellen 31 bis 35 dargestellt. Es ergaben sich keine signifikanten Unterschiede der gemessenen Parameter in Abhängigkeit von der stationären Verweildauer.

	Arterielle Ausgangswerte ohne Silikonöl	Arterielle Ausgangswerte mit Silikonöl	Differenzen zwischen arteriellen Ausgangswerten ohne und mit Silikonöl
n SVD \geq 10	10		
n SVD $<$ 10	30		
Mittelwert SVD \geq 10 (in RU)	122,3	122,8	-0,5
Mittelwert SVD $<$ 10 (in RU)	135,0	130,1	4,9
Standardabweichung SVD \geq 10 (in RU)	18,6	18,5	25,1
Standardabweichung SVD $<$ 10 (in RU)	46,7	44,3	71,3
Signifikanz SVD \geq 10 – SVD $<$ 10	0,409	0,474	0,813
Signifikanz SVD \geq 10			0,947
Signifikanz SVD $<$ 10			0,705

Tab.31 Arterielle Ausgangswerte ohne und mit Silikonöl-Tamponade in Abhängigkeit von der SVD

	Arterielle Dilatation ohne Silikonöl	Arterielle Dilatation mit Silikonöl	Differenzen zwischen arterieller Dilatation ohne und mit Silikonöl
n SVD \geq 10	10		
n SVD $<$ 10	30		
Mittelwert SVD \geq 10 (in RU)	2,9	2,0	0,9
Mittelwert SVD $<$ 10 (in RU)	2,6	4,0	-1,4
Standardabweichung SVD \geq 10 (in RU)	3,0	3,1	3,8
Standardabweichung SVD $<$ 10 (in RU)	2,9	3,5	4,5
Signifikanz SVD \geq 10 – SVD $<$ 10	0,775	0,113	0,150
Signifikanz SVD \geq 10			0,467
Signifikanz SVD $<$ 10			0,097

Tab.32 Arterielle Dilatationswerte ohne und mit Silikonöl-Tamponade in Abhängigkeit von der SVD

	Arterielle Konstriktion ohne Silikonöl	Arterielle Konstriktion mit Silikonöl	Differenzen zwischen arterieller Konstriktion ohne und mit Silikonöl
n SVD \geq 10	10		
n SVD $<$ 10	30		
Mittelwert SVD \geq 10 (in RU)	0,3	0,2	0,1
Mittelwert SVD $<$ 10 (in RU)	-0,6	-0,5	-0,1
Standardabweichung SVD \geq 10 (in RU)	2,6	2,0	3,3
Standardabweichung SVD $<$ 10 (in RU)	2,9	3,0	3,8
Signifikanz SVD \geq 10 – SVD $<$ 10	0,439	0,521	0,912
Signifikanz SVD \geq 10			0,940
Signifikanz SVD $<$ 10			0,920

Tab.33 Arterielle Konstriktionswerte ohne und mit Silikonöl-Tamponade in Abhängigkeit von der SVD

	Venöse Ausgangswerte ohne Silikonöl	Venöse Ausgangswerte mit Silikonöl	Differenzen zwischen venösen Ausgangswerten ohne und mit Silikonöl
n SVD \geq 10	10		
n SVD $<$ 10	30		
Mittelwert SVD \geq 10 (in RU)	128,2	135,8	-7,6
Mittelwert SVD $<$ 10 (in RU)	133,1	134,1	-1,0
Standardabweichung SVD \geq 10 (in RU)	11,1	27,6	27,5
Standardabweichung SVD $<$ 10 (in RU)	31,2	34,7	46,5
Signifikanz SVD \geq 10 – SVD $<$ 10	0,469	0,892	0,678
Signifikanz SVD \geq 10			0,405
Signifikanz SVD $<$ 10			0,902

Tab.34 Venöse Ausgangswerte ohne und mit Silikonöl-Tamponade in Abhängigkeit von der SVD

	Venöse Dilatation ohne Silikonöl	Venöse Dilatation mit Silikonöl	Differenzen zwischen venöser Dilatation ohne und mit Silikonöl
n SVD \geq 10	10		
n SVD $<$ 10	30		
Mittelwert SVD \geq 10 (in RU)	1,4	2,6	-1,2
Mittelwert SVD $<$ 10 (in RU)	0,3	0,5	-0,2
Standardabweichung SVD \geq 10 (in RU)	3,8	2,5	3,9
Standardabweichung SVD $<$ 10 (in RU)	19,3	19,4	26,8
Signifikanz SVD \geq 10 – SVD $<$ 10	0,855	0,728	0,904
Signifikanz SVD \geq 10			0,348
Signifikanz SVD $<$ 10			0,971

Tab.35 Venöse Dilatationswerte ohne und mit Silikonöl-Tamponade in Abhängigkeit von der SVD

4.8 Gemessene Parameter in Abhängigkeit vom Visus

Für jeden Patienten wurden zwei Visuswerte bestimmt. Dabei wurde die Sehschärfe sowohl ohne Öl als auch mit Öl im Auge bestimmt. Um die Abhängigkeit der gemessenen Parameter vom Visus zu beurteilen, wurden jeweils für die Visuswerte ohne und mit Öl im Auge zwei Patientengruppen gebildet. Der Gruppe mit geringem Visus wurden die Patienten mit Werten der Sehschärfe unter 0,1 zugeteilt. In der Gruppe mit besserem Visus wurden alle Patienten mit Visuswerten von mindestens 0,1 erfasst. Bei der Visusbestimmung ohne Öl konnten 25 Patienten der Gruppe mit geringem Visus und 15 Patienten der Gruppe mit besserem Visus zugeordnet werden. Bei der Visusbestimmung mit Öl veränderte sich die Gruppenzugehörigkeit dahingehend, dass sich die Gruppe mit geringem Visus auf 19 Patienten verkleinerte und die Gruppe mit besserem Visus auf 21 Patienten vergrößerte.

Bei der Beurteilung der gemessenen Parameter in Abhängigkeit vom Visuswert ohne als auch mit Öl ergaben sich keine signifikanten Unterschiede zwischen den Patienten mit höherem und denen mit niedrigerem Visus.

4.9 Gemessene Parameter in Abhängigkeit vom Augeninnendruck

An jedem Patienten wurden zwei Werte des Augeninnendrucks (Tensio) bestimmt, ein Wert ohne Öl und einer bei gleichzeitiger Öl-Tamponade im betroffenen Auge. Um zu bewerten, ob die Höhe des Augeninnendrucks einen Einfluss auf die mit dem DVA gemessenen Parameter hat, wurden für beide Werte jeweils zwei Gruppen gebildet und diese miteinander verglichen. Als Trennwert wurde jeweils ein Augendruck von 16 mmHg festgesetzt, das hieß es entstand jeweils eine Gruppe mit

niedrigeren Tensiwerten (unter 16 mmHg) und eine Gruppe mit höheren Tensiwerten (mindestens 16 mmHg). Ohne Öl im Auge ergab sich so eine Aufteilung von 18 Patienten mit niedrigeren Werten und 22 Patienten mit höheren Werten. Diese Verteilung veränderte sich mit Öl im betroffenen Auge dahingehend, dass sich die Gruppe mit den niedrigeren Werten auf 14 Patienten verkleinerte und die Gruppe mit den höheren Werten entsprechend auf 26 vergrößerte. Die Auswertung ergab, dass sich zwar Unterschiede zwischen beiden Gruppen zeigten, diese aber nicht hinreichend signifikant waren.

4.10 Gemessene Parameter in Abhängigkeit vom systolischen und diastolischen Blutdruck

Von allen Patienten wurde jeweils ein systolischer und ein diastolischer Blutdruckwert bestimmt, einmal ohne und einmal mit Öl im Auge. Anschließend wurde aus beiden Werten jeweils der mittlere arterielle Druck (MAP) mit Hilfe der Formel $MAP = \text{diastolischer Blutdruckwert} + \frac{1}{3} \times (\text{systolischer Blutdruckwert} - \text{diastolischer Blutdruckwert})$ berechnet. Auf Grund der MAP-Werte wurden die Patienten in jeweils zwei Gruppen geteilt. Die Gruppe mit den niedrigeren MAP-Werten umfasste alle Patienten mit Werten unter 95 mmHg und die Gruppe mit den höheren MAP-Werten alle Patienten mit Werten ab 95 mmHg. Damit entstand eine Gruppeneinteilung für die MAP-Werte ohne Öl von 17 Patienten mit niedrigeren Werten und 23 Patienten mit höheren MAP-Werten. Die Verteilung bei gleichzeitig vorhandenem Öl im Auge veränderte sich dahingehend, dass es zu einer Abnahme der Patientenzahl mit den niedrigeren Werten auf 13 und einer Zunahme der Patientenzahl mit den höheren Werten auf 27 Patienten kam.

In Abhängigkeit von den mittleren arteriellen Blutdruckwerten ohne Öl waren die arteriellen Ausgangswerte, sowohl ohne als auch mit Öl, beider betrachteter Gruppen signifikant unterschiedlich. Die arteriellen Ausgangswerte ohne Öl waren in der Gruppe mit den höheren mittleren arteriellen Blutdruckwerten signifikant größer als in der Gruppe mit den niedrigeren Blutdruckwerten (Signifikanzwert 0,014). Die Patienten mit den höheren Blutdruckwerten hatten einen arteriellen Ausgangswert ohne Öl von 144,3 RU, die Patienten mit den niedrigeren Blutdruckwerten einen arteriellen Ausgangswert ohne Öl von nur 115,1 RU. Gleiches galt für die arteriellen Ausgangswerte mit Öl (Signifikanzwert: 0,023). Hier betragen die arteriellen

Ausgangswerte mit Öl bei den Patienten mit den höheren Blutdruckwerten 139,1 RU und bei den Patienten mit den niedrigeren Blutdruckwerten nur 113,6 RU.

Bei der Auswertung der gemessenen Parameter bezüglich der MAP-Werte bei vorhandener Öltamponade im betroffenen Auge ergaben sich keine signifikanten Unterschiede zwischen den beiden Patientengruppen.

4.11 Gemessene Parameter in Abhängigkeit von Nebenerkrankungen

4.11.1 Gemessene Parameter bei Glaukom

Unter den 40 ausgewerteten Patienten war das betroffene Auge bei 14 Patienten zusätzlich an einem Glaukom erkrankt. Die anderen 26 Patienten waren diesbezüglich gesund. In den Tabellen 36 bis 40 sind die ausgewerteten Parameter und deren Signifikanzen für die Patienten mit und die ohne Glaukom dargestellt. Bei der Auswertung ergaben sich keine signifikanten Unterschiede zwischen den Patienten mit und denen ohne Glaukomerkrankung.

	Arterielle Ausgangswerte ohne Silikonöl	Arterielle Ausgangswerte mit Silikonöl	Differenzen zwischen arteriellen Ausgangswerten ohne und mit Silikonöl
n Glaukom	14		
n kein Glaukom	26		
Mittelwert Glaukom (in RU)	132,2	130,7	1,5
Mittelwert kein Glaukom (in RU)	131,7	126,9	4,8
Standardabweichung Glaukom (in RU)	30,0	53,0	67,1
Standardabweichung kein Glaukom (in RU)	47,3	30,8	61,5
Signifikanz Glaukom - kein Glaukom	0,973	0,777	0,877
Signifikanz Glaukom			0,936
Signifikanz kein Glaukom			0,697

Tab.36 Arterielle Ausgangswerte ohne und mit Silikonöl-Tamponade in Abhängigkeit vom Glaukom

	Arterielle Dilatation ohne Silikonöl	Arterielle Dilatation mit Silikonöl	Differenzen zwischen arterieller Dilatation ohne und mit Silikonöl
n Glaukom	14		
n kein Glaukom	26		
Mittelwert Glaukom (in RU)	3,0	4,0	-1,0
Mittelwert kein Glaukom (in RU)	2,6	3,3	-0,7
Standardabweichung Glaukom (in RU)	2,1	4,3	4,1
Standardabweichung kein Glaukom (in RU)	3,3	3,0	4,6
Signifikanz Glaukom - kein Glaukom	0,676	0,566	0,861
Signifikanz Glaukom			0,387
Signifikanz kein Glaukom			0,428

Tab.37 Arterielle Dilatationswerte ohne und mit Silikonöl-Tamponade in Abhängigkeit vom Glaukom

	Arterielle Konstriktion ohne Silikonöl	Arterielle Konstriktion mit Silikonöl	Differenzen zwischen arterieller Konstriktion ohne und mit Silikonöl
n Glaukom	14		
n kein Glaukom	26		
Mittelwert Glaukom (in RU)	0,5	-1,1	1,6
Mittelwert kein Glaukom (in RU)	-0,8	0,1	-0,9
Standardabweichung Glaukom (in RU)	4,1	3,6	4,5
Standardabweichung kein Glaukom (in RU)	1,7	2,1	2,8
Signifikanz Glaukom - kein Glaukom	0,293	0,261	0,081
Signifikanz Glaukom			0,220
Signifikanz kein Glaukom			0,120

Tab.38 Arterielle Konstriktionswerte ohne und mit Silikonöl-Tamponade in Abhängigkeit vom Glaukom

	Venöse Ausgangswerte ohne Silikonöl	Venöse Ausgangswerte mit Silikonöl	Differenzen zwischen venösen Ausgangswerten ohne und mit Silikonöl
n Glaukom	14		
n kein Glaukom	26		
Mittelwert Glaukom (in RU)	129,4	136,2	-6,8
Mittelwert kein Glaukom (in RU)	133,2	133,6	-0,4
Standardabweichung Glaukom (in RU)	22,6	34,0	40,2
Standardabweichung kein Glaukom (in RU)	30,2	32,7	44,0
Signifikanz Glaukom - kein Glaukom	0,684	0,819	0,659
Signifikanz Glaukom			0,539
Signifikanz kein Glaukom			0,956

Tab.39 Venöse Ausgangswerte ohne und mit Silikonöl-Tamponade in Abhängigkeit vom Glaukom

	Venöse Dilatation ohne Silikonöl	Venöse Dilatation mit Silikonöl	Differenzen zwischen venöser Dilatation ohne und mit Silikonöl
n Glaukom	14		
n kein Glaukom	26		
Mittelwert Glaukom (in RU)	2,4	-3,9	6,3
Mittelwert kein Glaukom (in RU)	-0,4	3,6	-4,0
Standardabweichung Glaukom (in RU)	4,4	28,2	27,0
Standardabweichung kein Glaukom (in RU)	20,6	2,6	20,5
Signifikanz Glaukom - kein Glaukom	0,617	0,337	0,182
Signifikanz Glaukom			0,400
Signifikanz kein Glaukom			0,322

Tab.40 Venöse Dilatationswerte ohne und mit Silikonöl-Tamponade in Abhängigkeit vom Glaukom

4.11.2 Gemessene Parameter bei Diabetes mellitus

Unter den 40 ausgewerteten Patienten befanden sich 10 Patienten mit einer Diabetes mellitus-Erkrankung im Vergleich zu 30 Nicht-Diabetikern. Die Auswertung ergab bei zwei der fünf gemessenen Parameter signifikante Unterschiede zwischen den an Diabetes mellitus erkrankten Patienten und den Nicht-Diabetikern. Die

ausgewerteten Parameter und deren Signifikanzen sind als Übersicht in den Tabellen 41 bis 45 dargestellt.

Arterielle Ausgangswerte:

Bei der Auswertung dieses Parameters (siehe Tabelle 41) ergaben sich keine Signifikanzen. Abbildung 39 zeigt die Verteilung der gemessenen Werte.

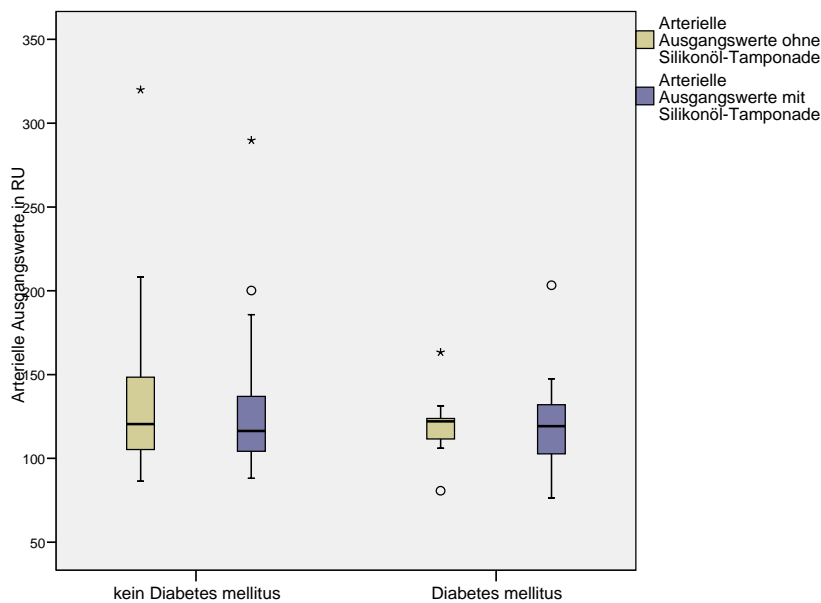


Abb.39 Arterielle Ausgangswerte ohne und mit Silikonöl-Tamponade in Abhängigkeit vom Diabetes mellitus

	Arterielle Ausgangswerte ohne Silikonöl	Arterielle Ausgangswerte mit Silikonöl	Differenzen zwischen arteriellen Ausgangswerten ohne und mit Silikonöl
n Diabetiker	10		
n nicht Diabetiker	30		
Mittelwert Diabetiker (in RU)	119,8	124,5	-4,7
Mittelwert nicht Diabetiker (in RU)	135,9	129,5	6,4
Standardabweichung Diabetiker (in RU)	20,8	34,1	53,0
Standardabweichung nicht Diabetiker (in RU)	46,1	41,4	66,2
Signifikanz Diabetiker – nicht Diabetiker	0,295	0,734	0,633
Signifikanz Diabetiker			0,783
Signifikanz nicht Diabetiker			0,602

Tab.41 Arterielle Ausgangswerte ohne und mit Silikonöl-Tamponade in Abhängigkeit vom Diabetes mellitus

Arterielle Dilatationswerte:

Bezüglich der arteriellen Dilatationswerte ohne Öl ergab sich ein signifikanter Unterschied zwischen den Patienten mit und denen ohne Diabetes mellitus. Die arterielle Dilatation der Diabetiker lag im Mittel bei nur 2,1 RU und die der Nicht-

Diabetiker signifikant höher bei 4,5 RU (Signifikanzwert: 0,022) (siehe Tabelle 42). Abbildung 40 zeigt die grafische Darstellung der arteriellen Dilatationswerte der an Diabetes mellitus erkrankten Patienten und der Nicht-Diabetiker.

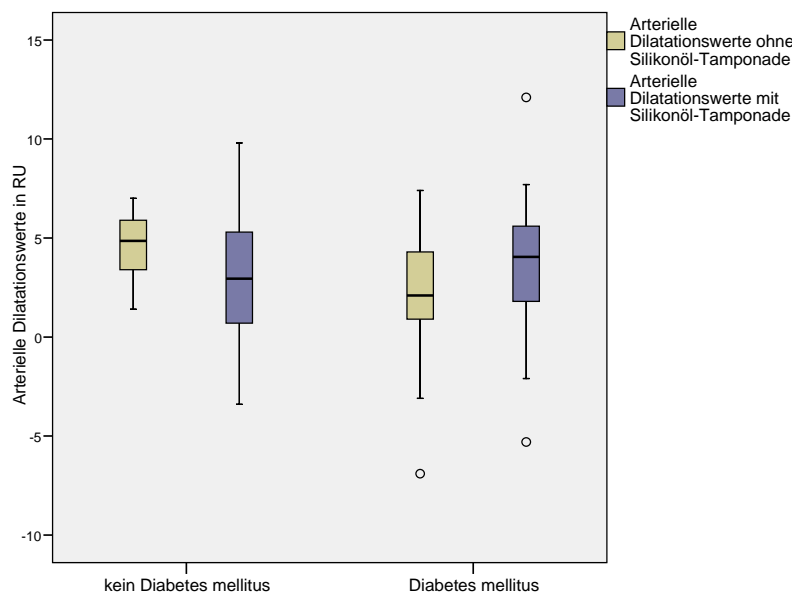


Abb.40 Arterielle Dilatationswerte ohne und mit Silikonöl-Tamponade in Abhängigkeit vom Diabetes mellitus

	Arterielle Dilatation ohne Silikonöl	Arterielle Dilatation mit Silikonöl	Differenzen zwischen arterieller Dilatation ohne und mit Silikonöl
n Diabetiker	10		
n nicht Diabetiker	30		
Mittelwert Diabetiker (in RU)	2,1	3,6	-1,5
Mittelwert nicht Diabetiker (in RU)	4,5	3,4	1,1
Standardabweichung Diabetiker (in RU)	3,0	3,4	4,3
Standardabweichung nicht Diabetiker (in RU)	2,0	3,9	4,3
Signifikanz Diabetiker – nicht Diabetiker	0,022	0,889	0,107
Signifikanz Diabetiker			0,071
Signifikanz nicht Diabetiker			0,435

Tab.42 Arterielle Dilatationswerte ohne und mit Silikonöl-Tamponade in Abhängigkeit vom Diabetes mellitus

Arterielle Konstriktionswerte:

Zwischen den Diabetikern und den Nicht-Diabetikern ergaben sich bei der Betrachtung der arteriellen Konstriktionswerte keine signifikanten Unterschiede (siehe Tabelle 43). Abbildung 41 zeigt die grafische Veranschaulichung der gemessenen Werte in beiden Patientengruppen.

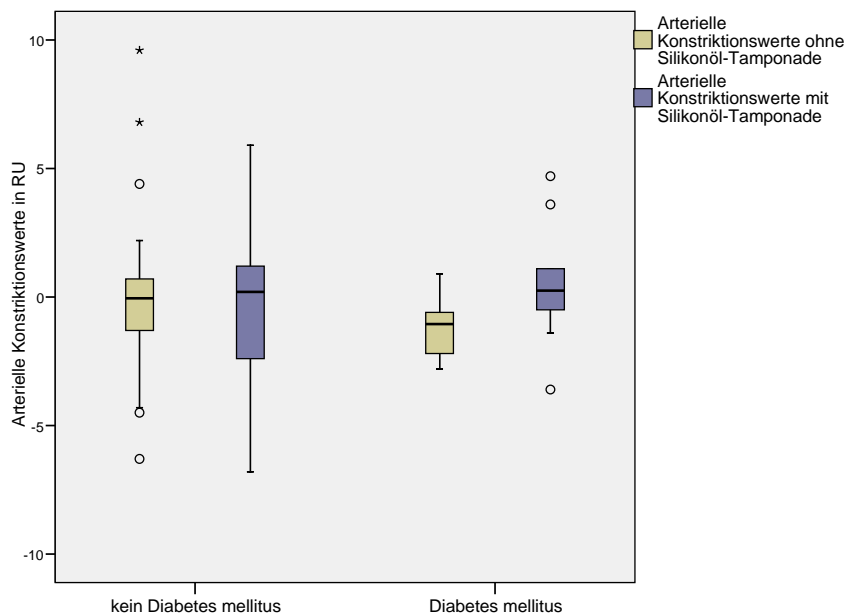


Abb.41 Arterielle Konstriktionswerte ohne und mit Silikonöl-Tamponade in Abhängigkeit vom Diabetes mellitus

	Arterielle Konstriktion ohne Silikonöl	Arterielle Konstriktion mit Silikonöl	Differenzen zwischen arterieller Konstriktion ohne und mit Silikonöl
n Diabetiker	10		
n nicht Diabetiker	30		
Mittelwert Diabetiker (in RU)	-1,1	0,5	-1,6
Mittelwert nicht Diabetiker (in RU)	-0,1	-0,6	0,5
Standardabweichung Diabetiker (in RU)	1,2	2,3	2,4
Standardabweichung nicht Diabetiker (in RU)	3,1	2,8	3,9
Signifikanz Diabetiker – nicht Diabetiker	0,352	0,268	0,120
Signifikanz Diabetiker			0,063
Signifikanz nicht Diabetiker			0,497

Tab.43 Arterielle Konstriktionswerte ohne und mit Silikonöl-Tamponade in Abhängigkeit vom Diabetes mellitus

Venöse Ausgangswerte:

Hier ergab sich ein signifikanter Unterschied zwischen dem mittleren Differenzwert der Diabetiker und der Nicht-Diabetiker mit einem Signifikanzwert von 0,001. Der mittlere Differenzwert der Diabetiker betrug -38,1 RU, das heißt die venösen Ausgangswerte ohne Öl waren im Mittel um 38,1 RU kleiner als die venösen Ausgangswerte mit Öl. Bei den Nicht-Diabetikern lag der Differenzwert bei 9,1 RU, was bedeutet, dass hier die venösen Ausgangswerte ohne Öl im Mittel um 9,1 RU größer waren als die venösen Ausgangswerte mit Öl. Außerdem war der Differenzwert der Patienten mit Diabetes mellitus signifikant verschieden von Null (Signifikanzwert: 0,014), was bedeutete, dass der oben beschriebene Unterschied

zwischen den venösen Ausgangswerten ohne und mit Öl bei den Diabetikern von 38,1 RU signifikant war (siehe Tabelle 44 und Abbildung 42).

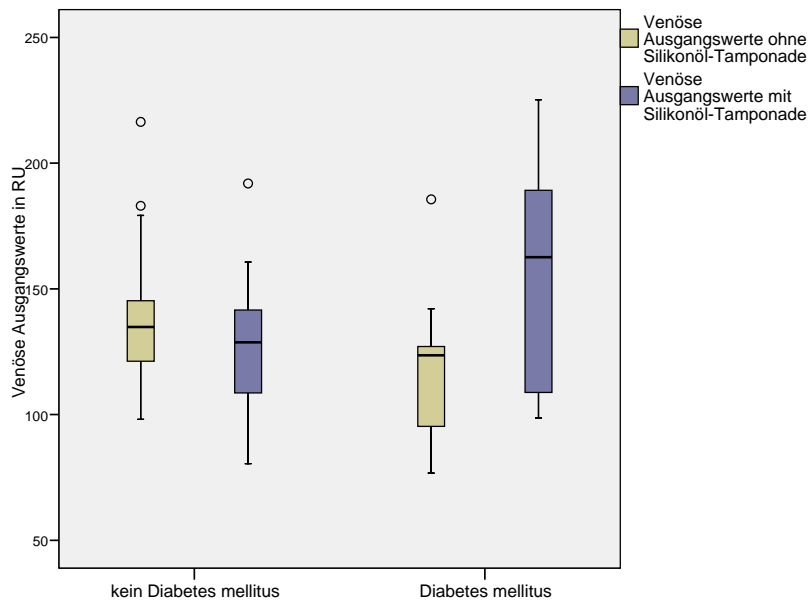


Abb.42 Venöse Ausgangswerte ohne und mit Silikonöl-Tamponade in Abhängigkeit vom Diabetes mellitus

	Venöse Ausgangswerte ohne Silikonöl	Venöse Ausgangswerte mit Silikonöl	Differenzen zwischen venösen Ausgangswerten ohne und mit Silikonöl
n Diabetiker	10		
n nicht Diabetiker	30		
Mittelwert Diabetiker (in RU)	119,9	158,0	-38,1
Mittelwert nicht Diabetiker (in RU)	135,8	126,7	9,1
Standardabweichung Diabetiker (in RU)	31,9	44,1	39,6
Standardabweichung nicht Diabetiker (in RU)	25,2	24,1	36,7
Signifikanz Diabetiker – nicht Diabetiker	0,116	0,056	0,001
Signifikanz Diabetiker			0,014
Signifikanz nicht Diabetiker			0,185

Tab.44 Venöse Ausgangswerte ohne und mit Silikonöl-Tamponade in Abhängigkeit vom Diabetes mellitus

Venöse Dilatationswerte:

Bei dem Vergleich der venösen Dilatationswerte zwischen den Patienten mit Diabetes mellitus und den Nicht-Diabetikern ergaben sich keine signifikanten Unterschiede (siehe Tabelle 45). Abbildung 43 zeigt die grafische Verteilung der gemessenen Werte.

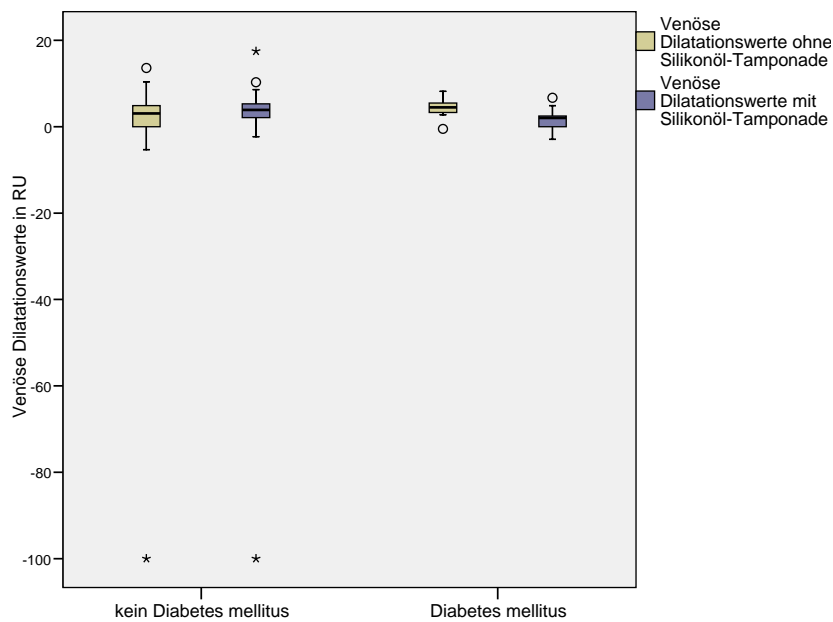


Abb.43 Venöse Dilatationswerte ohne und mit Silikonöl-Tamponade in Abhängigkeit vom Diabetes mellitus

	Venöse Dilatation ohne Silikonöl	Venöse Dilatation mit Silikonöl	Differenzen zwischen venöser Dilatation ohne und mit Silikonöl
n Diabetiker	10		
n nicht Diabetiker	30		
Mittelwert Diabetiker (in RU)	4,3	1,8	2,5
Mittelwert nicht Diabetiker (in RU)	-0,7	0,7	-1,4
Standardabweichung Diabetiker (in RU)	2,4	2,8	3,8
Standardabweichung nicht Diabetiker (in RU)	19,2	19,4	26,7
Signifikanz Diabetiker – nicht Diabetiker	0,417	0,864	0,646
Signifikanz Diabetiker			0,067
Signifikanz nicht Diabetiker			0,771

Tab.45 Venöse Dilatationswerte ohne und mit Silikonöl-Tamponade in Abhängigkeit vom Diabetes mellitus

4.11.3 Gemessene Parameter bei arterieller Hypertonie

Bei 25 der 40 ausgewerteten Patienten lag als Nebenerkrankung eine arterielle Hypertonie vor und die anderen 15 Patienten waren Nicht-Hypertoniker. Die Auswertung der Ergebnisse ergab keine signifikanten Unterschiede der gemessenen Parameter zwischen Hypertonikern und Nicht-Hypertonikern. In den Tabellen 46 bis 50 ist eine Zusammenfassung der ausgewerteten Parameter und derer Signifikanzen dargestellt.

	Arterielle Ausgangswerte ohne Silikonöl	Arterielle Ausgangswerte mit Silikonöl	Differenzen zwischen arteriellen Ausgangswerten ohne und mit Silikonöl
n Hypertoniker	25		
n nicht Hypertoniker	15		
Mittelwert Hypertoniker (in RU)	135,5	125,2	10,3
Mittelwert nicht Hypertoniker (in RU)	125,8	133,3	-7,5
Standardabweichung Hypertoniker (in RU)	47,6	32,2	65,1
Standardabweichung nicht Hypertoniker (in RU)	29,6	49,8	58,9
Signifikanz Hypertoniker – nicht Hypertoniker	0,484	0,540	0,395
Signifikanz Hypertoniker			0,440
Signifikanz nicht Hypertoniker			0,632

Tab.46 Arterielle Ausgangswerte ohne und mit Silikonöl-Tamponade in Abhängigkeit vom arteriellen Hypertonus

	Arterielle Dilatation ohne Silikonöl	Arterielle Dilatation mit Silikonöl	Differenzen zwischen arterieller Dilatation ohne und mit Silikonöl
n Hypertoniker	25		
n nicht Hypertoniker	15		
Mittelwert Hypertoniker (in RU)	2,6	2,8	-0,2
Mittelwert nicht Hypertoniker (in RU)	2,8	4,6	-1,8
Standardabweichung Hypertoniker (in RU)	2,7	3,6	4,2
Standardabweichung nicht Hypertoniker (in RU)	3,3	2,9	4,7
Signifikanz Hypertoniker – nicht Hypertoniker	0,857	0,116	0,268
Signifikanz Hypertoniker			0,798
Signifikanz nicht Hypertoniker			0,156

Tab.47 Arterielle Dilatationswerte ohne und mit Silikonöl-Tamponade in Abhängigkeit vom arteriellen Hypertonus

	Arterielle Konstriktion ohne Silikonöl	Arterielle Konstriktion mit Silikonöl	Differenzen zwischen arterieller Konstriktion ohne und mit Silikonöl
n Hypertoniker	25		
n nicht Hypertoniker	15		
Mittelwert Hypertoniker (in RU)	-0,9	-0,6	-0,3
Mittelwert nicht Hypertoniker (in RU)	0,6	0,2	0,4
Standardabweichung Hypertoniker (in RU)	1,8	3,0	3,4
Standardabweichung nicht Hypertoniker (in RU)	3,9	2,1	4,1
Signifikanz Hypertoniker – nicht Hypertoniker	0,179	0,398	0,556
Signifikanz Hypertoniker			0,662
Signifikanz nicht Hypertoniker			0,703

Tab.48 Arterielle Konstriktionswerte ohne und mit Silikonöl-Tamponade in Abhängigkeit vom arteriellen Hypertonus

	Venöse Ausgangswerte ohne Silikonöl	Venöse Ausgangswerte mit Silikonöl	Differenzen zwischen venösen Ausgangswerten ohne und mit Silikonöl
n Hypertoniker	25		
n nicht Hypertoniker	15		
Mittelwert Hypertoniker (in RU)	130,8	137,9	-7,1
Mittelwert nicht Hypertoniker (in RU)	133,5	128,9	4,6
Standardabweichung Hypertoniker (in RU)	28,5	36,0	42,2
Standardabweichung nicht Hypertoniker (in RU)	26,7	26,5	43,1
Signifikanz Hypertoniker – nicht Hypertoniker	0,766	0,407	0,404
Signifikanz Hypertoniker			0,409
Signifikanz nicht Hypertoniker			0,683

Tab.49 Venöse Ausgangswerte ohne und mit Silikonöl-Tamponade in Abhängigkeit vom arteriellen Hypertonus

	Venöse Dilatation ohne Silikonöl	Venöse Dilatation mit Silikonöl	Differenzen zwischen venöser Dilatation ohne und mit Silikonöl
n Hypertoniker	25		
n nicht Hypertoniker	15		
Mittelwert Hypertoniker (in RU)	-1,2	-1,0	-0,2
Mittelwert nicht Hypertoniker (in RU)	3,5	4,3	-0,8
Standardabweichung Hypertoniker (in RU)	20,9	20,8	29,2
Standardabweichung nicht Hypertoniker (in RU)	4,0	5,0	6,2
Signifikanz Hypertoniker – nicht Hypertoniker	0,388	0,345	0,952
Signifikanz Hypertoniker			0,964
Signifikanz nicht Hypertoniker			0,653

Tab.50 Venöse Dilatationswerte ohne und mit Silikonöl-Tamponade in Abhängigkeit vom arteriellen Hypertonus

4.11.4 Gemessene Parameter bei koronarer Herzkrankheit (KHK)

Unter den 40 ausgewerteten Patienten befanden sich 10 Patienten mit einer KHK; die übrigen 30 Patienten waren diesbezüglich gesund.

Signifikante Unterschiede ergaben sich bei den arteriellen Dilatations- und Konstriktionswerten. Die arteriellen Dilatationswerte ohne Öl waren bei den Patienten mit KHK im Vergleich zu den Patienten ohne KHK signifikant niedriger (Signifikanzwert: 0,040). Bei den KHK-Patienten weiteten sich die arteriellen Gefäße der Retina im Mittel um nur 2,2 RU, bei den Nicht-KHK-Patienten um immerhin 4,3 RU (siehe Tabelle 52). Ein weiterer signifikanter Unterschied zwischen beiden Patientengruppen bestand hinsichtlich der arteriellen Konstriktionswerte mit Öl, wobei sich ein Signifikanzwert von 0,022 ergab. Die Verengung der arteriellen Gefäße der Retina war bei den Patienten ohne KHK ebenfalls signifikant stärker ausgeprägt als

bei den Patienten mit KHK (siehe Tabelle 53). Die Tabellen 51 bis 55 stellen die Auswertung der gemessenen Parameter zusammenfassend dar.

	Arterielle Ausgangswerte ohne Silikonöl	Arterielle Ausgangswerte mit Silikonöl	Differenzen zwischen arteriellen Ausgangswerten ohne und mit Silikonöl
n KHK	30		
n keine KHK	10		
Mittelwert KHK (in RU)	123,0	128,5	-5,5
Mittelwert keine KHK (in RU)	134,8	128,2	6,6
Standardabweichung KHK (in RU)	28,2	34,9	54,9
Standardabweichung keine KHK (in RU)	45,2	41,2	65,7
Signifikanz KHK – keine KHK	0,444	0,982	0,602
Signifikanz KHK			0,758
Signifikanz keine KHK			0,584

Tab.51 Arterielle Ausgangswerte ohne und mit Silikonöl-Tamponade in Abhängigkeit von einer KHK

	Arterielle Dilatation ohne Silikonöl	Arterielle Dilatation mit Silikonöl	Differenzen zwischen arterieller Dilatation ohne und mit Silikonöl
n KHK	30		
n keine KHK	10		
Mittelwert KHK (in RU)	2,2	3,5	-1,3
Mittelwert keine KHK (in RU)	4,3	3,7	0,6
Standardabweichung KHK (in RU)	3,0	3,7	4,7
Standardabweichung keine KHK (in RU)	1,7	2,6	2,8
Signifikanz KHK – keine KHK	0,040	0,840	0,134
Signifikanz KHK			0,503
Signifikanz keine KHK			0,147

Tab.52 Arterielle Dilatationswerte ohne und mit Silikonöl-Tamponade in Abhängigkeit von einer KHK

	Arterielle Konstriktion ohne Silikonöl	Arterielle Konstriktion mit Silikonöl	Differenzen zwischen arterieller Konstriktion ohne und mit Silikonöl
n KHK	30		
n keine KHK	10		
Mittelwert KHK (in RU)	0,2	1,4	-1,2
Mittelwert keine KHK (in RU)	-0,5	-0,9	0,4
Standardabweichung KHK (in RU)	3,6	1,8	4,0
Standardabweichung keine KHK (in RU)	2,5	2,8	3,5
Signifikanz KHK – keine KHK	0,454	0,022	0,273
Signifikanz KHK			0,385
Signifikanz keine KHK			0,605

Tab.53 Arterielle Konstriktionswerte ohne und mit Silikonöl-Tamponade in Abhängigkeit von einer KHK

	Venöse Ausgangswerte ohne Silikonöl	Venöse Ausgangswerte mit Silikonöl	Differenzen zwischen venösen Ausgangswerten ohne und mit Silikonöl
n KHK	30		
n keine KHK	10		
Mittelwert KHK (in RU)	119,8	132,6	-12,8
Mittelwert keine KHK (in RU)	135,8	135,2	0,6
Standardabweichung KHK (in RU)	23,4	29,8	36,2
Standardabweichung keine KHK (in RU)	27,9	34,1	44,2
Signifikanz KHK – keine KHK	0,112	0,830	0,393
Signifikanz KHK			0,295
Signifikanz keine KHK			0,936

Tab.54 Venöse Ausgangswerte ohne und mit Silikonöl-Tamponade in Abhängigkeit von einer KHK

	Venöse Dilatation ohne Silikonöl	Venöse Dilatation mit Silikonöl	Differenzen zwischen venöser Dilatation ohne und mit Silikonöl
n KHK	30		
n keine KHK	10		
Mittelwert KHK (in RU)	3,8	4,6	-0,8
Mittelwert keine KHK (in RU)	-0,5	-0,2	-0,3
Standardabweichung KHK (in RU)	3,2	5,0	6,6
Standardabweichung keine KHK (in RU)	19,2	19,1	26,6
Signifikanz KHK – keine KHK	0,489	0,435	0,948
Signifikanz KHK			0,692
Signifikanz keine KHK			0,951

Tab.55 Venöse Ausgangswerte ohne und mit Silikonöl-Tamponade in Abhängigkeit von einer KHK

4.11.5 Gemessene Parameter bei Herzrhythmusstörungen

Bei 8 der 40 ausgewerteten Patienten bestanden Herzrhythmusstörungen, die übrigen 32 Patienten hatten keine derartigen Beschwerden.

Signifikante Unterschiede ergaben sich bei der Auswertung der gemessenen Parameter zwischen den Patienten mit und denen ohne Herzrhythmusstörungen nicht (siehe Tabellen 56 bis 60).

	Arterielle Ausgangswerte ohne Silikonöl	Arterielle Ausgangswerte mit Silikonöl	Differenzen zwischen arteriellen Ausgangswerten ohne und mit Silikonöl
n Rhythmusstörungen	8		
n keine Rhythmusstörungen	32		
Mittelwert Rhythmusstörungen (in RU)	133,1	136,5	-3,4
Mittelwert keine Rhythmusstörungen (in RU)	131,5	126,2	5,3
Standardabweichung Rhythmusstörungen (in RU)	40,2	34,7	67,0
Standardabweichung keine Rhythmusstörungen (in RU)	42,6	40,6	62,6
Signifikanz Rhythmusstörungen – keine Rhythmusstörungen	0,926	0,513	0,728
Signifikanz Rhythmusstörungen			0,889
Signifikanz keine Rhythmusstörungen			0,632

Tab.56 Arterielle Ausgangswerte ohne und mit Silikonöl-Tamponade in Abhängigkeit von Rhythmusstörungen des Herzens

	Arterielle Dilatation ohne Silikonöl	Arterielle Dilatation mit Silikonöl	Differenzen zwischen arterieller Dilatation ohne und mit Silikonöl
n Rhythmusstörungen	8		
n keine Rhythmusstörungen	32		
Mittelwert Rhythmusstörungen (in RU)	4,4	2,9	1,5
Mittelwert keine Rhythmusstörungen (in RU)	2,3	3,7	-1,4
Standardabweichung Rhythmusstörungen (in RU)	1,9	3,0	4,2
Standardabweichung keine Rhythmusstörungen (in RU)	3,0	3,6	4,3
Signifikanz Rhythmusstörungen – keine Rhythmusstörungen	0,070	0,572	0,099
Signifikanz Rhythmusstörungen			0,357
Signifikanz keine Rhythmusstörungen			0,077

Tab.57 Arterielle Dilatationswerte ohne und mit Silikonöl-Tamponade in Abhängigkeit von Rhythmusstörungen des Herzens

	Arterielle Konstriktion ohne Silikonöl	Arterielle Konstriktion mit Silikonöl	Differenzen zwischen arterieller Konstriktion ohne und mit Silikonöl
n Rhythmusstörungen	8		
n keine Rhythmusstörungen	32		
Mittelwert Rhythmusstörungen (in RU)	0,6	0,7	-0,1
Mittelwert keine Rhythmusstörungen (in RU)	-0,6	-0,6	0,0
Standardabweichung Rhythmusstörungen (in RU)	3,8	1,3	3,8
Standardabweichung keine Rhythmusstörungen (in RU)	2,5	2,9	3,7
Signifikanz Rhythmusstörungen – keine Rhythmusstörungen	0,300	0,070	0,920
Signifikanz Rhythmusstörungen			0,914
Signifikanz keine Rhythmusstörungen			0,996

Tab.58 Arterielle Konstriktionswerte ohne und mit Silikonöl-Tamponade in Abhängigkeit von Rhythmusstörungen des Herzens

	Venöse Ausgangswerte ohne Silikonöl	Venöse Ausgangswerte mit Silikonöl	Differenzen zwischen venösen Ausgangswerten ohne und mit Silikonöl
n Rhythmusstörungen	8		
n keine Rhythmusstörungen	32		
Mittelwert Rhythmusstörungen (in RU)	121,3	141,9	-20,6
Mittelwert keine Rhythmusstörungen (in RU)	134,5	132,7	1,8
Standardabweichung Rhythmusstörungen (in RU)	22,9	35,9	41,9
Standardabweichung keine Rhythmusstörungen (in RU)	28,3	32,2	41,9
Signifikanz Rhythmusstörungen – keine Rhythmusstörungen	0,232	0,484	0,185
Signifikanz Rhythmusstörungen			0,208
Signifikanz keine Rhythmusstörungen			0,812

Tab.59 Venöse Ausgangswerte ohne und mit Silikonöl-Tamponade in Abhängigkeit von Rhythmusstörungen des Herzens

	Venöse Dilatation ohne Silikonöl	Venöse Dilatation mit Silikonöl	Differenzen zwischen venöser Dilatation ohne und mit Silikonöl
n Rhythmusstörungen	8		
n keine Rhythmusstörungen	32		
Mittelwert Rhythmusstörungen (in RU)	3,0	4,1	-1,1
Mittelwert keine Rhythmusstörungen (in RU)	-0,1	0,2	-0,3
Standardabweichung Rhythmusstörungen (in RU)	3,8	6,0	8,0
Standardabweichung keine Rhythmusstörungen (in RU)	18,6	18,5	25,7
Signifikanz Rhythmusstörungen – keine Rhythmusstörungen	0,652	0,561	0,924
Signifikanz Rhythmusstörungen			0,695
Signifikanz keine Rhythmusstörungen			0,954

Tab.60 Venöse Dilatationswerte ohne und mit Silikonöl-Tamponade in Abhängigkeit von Rhythmusstörungen des Herzens

4.11.6 Gemessene Parameter bei Hypercholesterinämie

Bei 10 der 40 untersuchten Patienten lag eine Hypercholesterinämie vor; die übrigen 30 Patienten waren diesbezüglich gesund.

Zwischen den Patienten mit Hypercholesterinämie und denen ohne Hypercholesterinämie ergaben sich keine signifikanten Unterschiede bezüglich sämtlicher ausgewerteter Parameter.

In den folgenden Tabellen 61 bis 65 sind die Ergebnisse der Auswertung dargestellt.

	Arterielle Ausgangswerte ohne Silikonöl	Arterielle Ausgangswerte mit Silikonöl	Differenzen zwischen arteriellen Ausgangswerten ohne und mit Silikonöl
n Hypercholesterinämie	10		
n keine Hypercholesterinämie	30		
Mittelwert Hypercholesterinämie (in RU)	150,7	139,0	11,7
Mittelwert keine Hypercholesterinämie (in RU)	125,6	124,7	0,9
Standardabweichung Hypercholesterinämie (in RU)	64,2	60,0	99,6
Standardabweichung keine Hypercholesterinämie (in RU)	29,8	30,1	46,6
Signifikanz Hypercholesterinämie – keine Hypercholesterinämie	0,259	0,484	0,747
Signifikanz Hypercholesterinämie			0,719
Signifikanz keine Hypercholesterinämie			0,917

Tab.61 Arterielle Ausgangswerte ohne und mit Silikonöl-Tamponade in Abhängigkeit von der Hypercholesterinämie

	Arterielle Dilatation ohne Silikonöl	Arterielle Dilatation mit Silikonöl	Differenzen zwischen arterieller Dilatation ohne und mit Silikonöl
n Hypercholesterinämie	10		
n keine Hypercholesterinämie	30		
Mittelwert Hypercholesterinämie (in RU)	2,8	4,0	-1,2
Mittelwert keine Hypercholesterinämie (in RU)	2,7	3,4	-0,7
Standardabweichung Hypercholesterinämie (in RU)	2,4	3,4	4,4
Standardabweichung keine Hypercholesterinämie (in RU)	3,1	3,5	4,4
Signifikanz Hypercholesterinämie – keine Hypercholesterinämie	0,871	0,644	0,798
Signifikanz Hypercholesterinämie			0,438
Signifikanz keine Hypercholesterinämie			0,387

Tab.62 Arterielle Dilatationswerte ohne und mit Silikonöl-Tamponade in Abhängigkeit von der Hypercholesterinämie

	Arterielle Konstriktion ohne Silikonöl	Arterielle Konstriktion mit Silikonöl	Differenzen zwischen arterieller Konstriktion ohne und mit Silikonöl
n Hypercholesterinämie	10		
n keine Hypercholesterinämie	30		
Mittelwert Hypercholesterinämie (in RU)	0,0	-0,2	0,2
Mittelwert keine Hypercholesterinämie (in RU)	-0,5	-0,4	-0,1
Standardabweichung Hypercholesterinämie (in RU)	2,3	2,5	3,2
Standardabweichung keine Hypercholesterinämie (in RU)	3,0	2,9	3,8
Signifikanz Hypercholesterinämie – keine Hypercholesterinämie	0,625	0,846	0,819
Signifikanz Hypercholesterinämie			0,850
Signifikanz keine Hypercholesterinämie			0,876

Tab.63 Arterielle Konstriktionswerte ohne und mit Silikonöl-Tamponade in Abhängigkeit von der Hypercholesterinämie

	Venöse Ausgangswerte ohne Silikonöl	Venöse Ausgangswerte mit Silikonöl	Differenzen zwischen venösen Ausgangswerten ohne und mit Silikonöl
n Hypercholesterinämie	10		
n keine Hypercholesterinämie	30		
Mittelwert Hypercholesterinämie (in RU)	135,6	147,2	-11,6
Mittelwert keine Hypercholesterinämie (in RU)	130,6	130,3	0,3
Standardabweichung Hypercholesterinämie (in RU)	40,7	36,0	53,6
Standardabweichung keine Hypercholesterinämie (in RU)	22,3	31,0	38,5
Signifikanz Hypercholesterinämie – keine Hypercholesterinämie	0,718	0,159	0,447
Signifikanz Hypercholesterinämie			0,509
Signifikanz keine Hypercholesterinämie			0,967

Tab.64 Venöse Ausgangswerte ohne und mit Silikonöl-Tamponade in Abhängigkeit von der Hypercholesterinämie

	Venöse Dilatation ohne Silikonöl	Venöse Dilatation mit Silikonöl	Differenzen zwischen venöser Dilatation ohne und mit Silikonöl
n Hypercholesterinämie	10		
n keine Hypercholesterinämie	30		
Mittelwert Hypercholesterinämie (in RU)	3,7	4,2	-0,5
Mittelwert keine Hypercholesterinämie (in RU)	-0,5	-0,1	-0,4
Standardabweichung Hypercholesterinämie (in RU)	3,0	3,6	4,6
Standardabweichung keine Hypercholesterinämie (in RU)	19,2	19,2	26,7
Signifikanz Hypercholesterinämie – keine Hypercholesterinämie	0,496	0,493	0,996
Signifikanz Hypercholesterinämie			0,756
Signifikanz keine Hypercholesterinämie			0,930

Tab.65 Venöse Dilatationswerte ohne und mit Silikonöl-Tamponade in Abhängigkeit von der Hypercholesterinämie

4.11.7 Gemessene Parameter bei neurologischen Erkrankungen

Bei zwei der 40 ausgewerteten Patienten lag eine neurologische Erkrankung vor; 38 Patienten waren diesbezüglich unauffällig. Auf Grund der weit voneinander abweichenden Patientenzahlen beider Gruppen ist die Gegenüberstellung und Auswertung dieser beiden ungleich großen Gruppen nicht aussagekräftig oder sinnvoll.

4.11.8 Gemessene Parameter bei Schilddrüsenerkrankungen

Von den 40 untersuchten Patienten lag bei vier Patienten als Nebenerkrankung eine Schilddrüsenfunktionsstörung vor. Die übrigen 36 Patienten waren diesbezüglich gesund. Bei der Auswertung der gemessenen Daten ergaben sich keine signifikanten Unterschiede zwischen den Patienten mit und denen ohne Schilddrüsenerkrankung.

4.12 Gemessene Parameter in Abhängigkeit vom Zustand der Linse

Von den 40 Patienten war das betroffene Auge bei 27 Patienten phak, das bedeutet noch mit der ursprünglichen Linse versehen. 11 Patienten hatten eine Kunstlinse (pseudophakes Auge), zumeist auf Grund einer vorangegangenen Katarakt-Operation. Bei zwei Patienten fehlte jegliche Linse im betroffenen Auge, was als Aphakie bzw. Linsenlosigkeit bezeichnet wird. Die Auswertung der gemessenen Parameter ist in den Tabellen 66 bis 70 dargestellt.

Arterielle Ausgangswerte:

Zur Auswertung dieses Parameters ist in Tabelle 66 eine Übersicht dargestellt. Signifikanzen fielen bei der Auswertung nicht auf. Die Abbildung 44 zeigt die grafische Verteilung der gemessenen Werte.

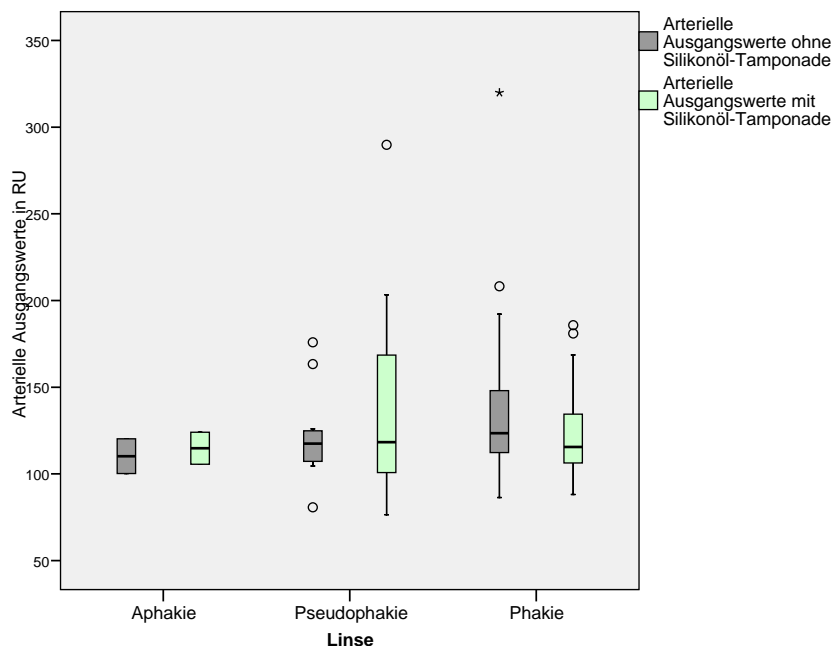


Abb.44 Arterielle Ausgangswerte ohne und mit Silikonöl-Tamponade in Abhängigkeit von der Linse

Zustand der Linse	Phakie	Pseudophakie	Aphakie
n	27	11	2
<u>arterielle Ausgangswerte ohne Silikonöl</u>			
- Mittelwert (in RU)	137,7	121,4	110,2
- Standardabweichung (in RU)	46,8	26,9	14,1
<u>arterielle Ausgangswerte mit Silikonöl</u>			
- Mittelwert (in RU)	123,6	142,1	114,8
- Standardabweichung (in RU)	25,4	63,5	13,0
<u>Differenzen zwischen arteriellen Ausgangswerten ohne und mit Silikonöl</u>			
- Mittelwert (in RU)	14,1	-20,7	-4,6
- Standardabweichung (in RU)	55,3	79,6	27,2
Signifikanz der Differenzen	0,196	0,408	0,850
Signifikanz der Differenzen: Vgl. zw. Phakie u. Pseudophakie	0,131		
Signifikanz der Differenzen: Vgl. zw. Pseudophakie u. Aphakie	0,788		
Signifikanz der Differenzen: Vgl. zw. Aphakie u. Phakie	0,643		

Tab.66 Arterielle Ausgangswerte ohne und mit Silikonöl-Tamponade in Abhängigkeit von der Linse

Arterielle Dilatationswerte:

Bei der Betrachtung der arteriellen Dilatationswerte in Abhängigkeit von der Linse ergaben sich keine signifikanten Unterschiede zwischen den drei Patientengruppen (siehe Tabelle 67). In Abbildung 45 sind die Unterschiede zwischen den Patientengruppen grafisch dargestellt.

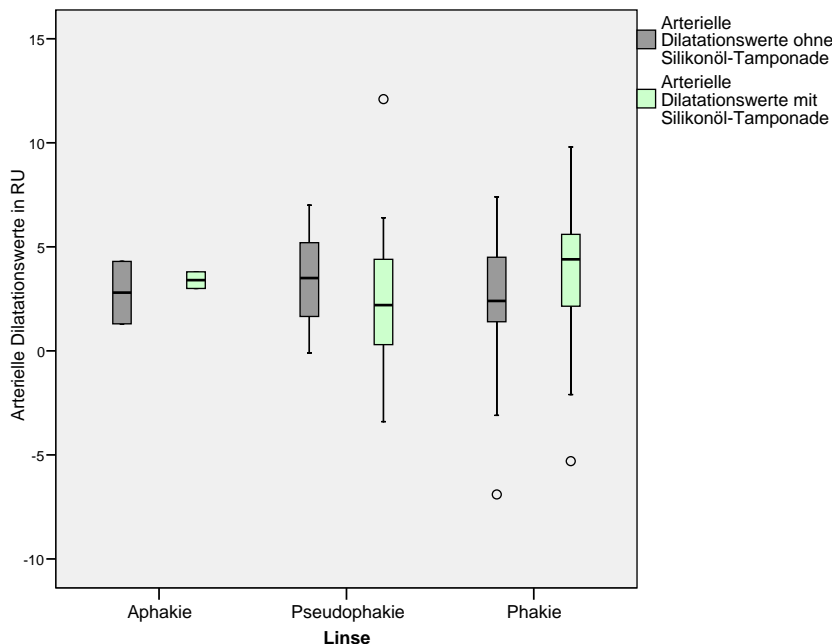


Abb.45 Arterielle Dilatationswerte ohne und mit Silikonöl-Tamponade in Abhängigkeit von der Linse

Zustand der Linse	Phakie	Pseudophakie	Aphakie
n	27	11	2
<u>arterielle Dilatation ohne Silikonöl</u>			
- Mittelwert (in RU)	2,4	3,5	2,8
- Standardabweichung (in RU)	3,2	2,2	2,1
<u>arterielle Dilatation mit Silikonöl</u>			
- Mittelwert (in RU)	3,9	2,6	3,4
- Standardabweichung (in RU)	3,2	4,2	0,6
<u>Differenzen zwischen arterieller Dilatation ohne und mit Silikonöl</u>			
- Mittelwert (in RU)	-1,5	0,9	-0,6
- Standardabweichung (in RU)	4,3	4,7	1,6
Signifikanz der Differenzen	0,078	0,544	0,682
Signifikanz der Differenzen: Vgl. zw. Phakie u. Pseudophakie	0,136		
Signifikanz der Differenzen: Vgl. zw. Pseudophakie u. Aphakie	0,674		
Signifikanz der Differenzen: Vgl. zw. Aphakie u. Phakie	0,768		

Tab.67 Arterielle Dilatationswerte ohne und mit Silikonöl-Tamponade in Abhängigkeit von der Linse

Arterielle Konstriktionswerte:

Auch bei der Auswertung der arteriellen Konstriktion in Abhängigkeit von der Linse waren keine signifikanten Unterschiede zu beobachten (siehe Tabelle 68). Die Verteilung der gemessenen Werte der drei Patientengruppen ist in Abbildung 46 sichtbar.

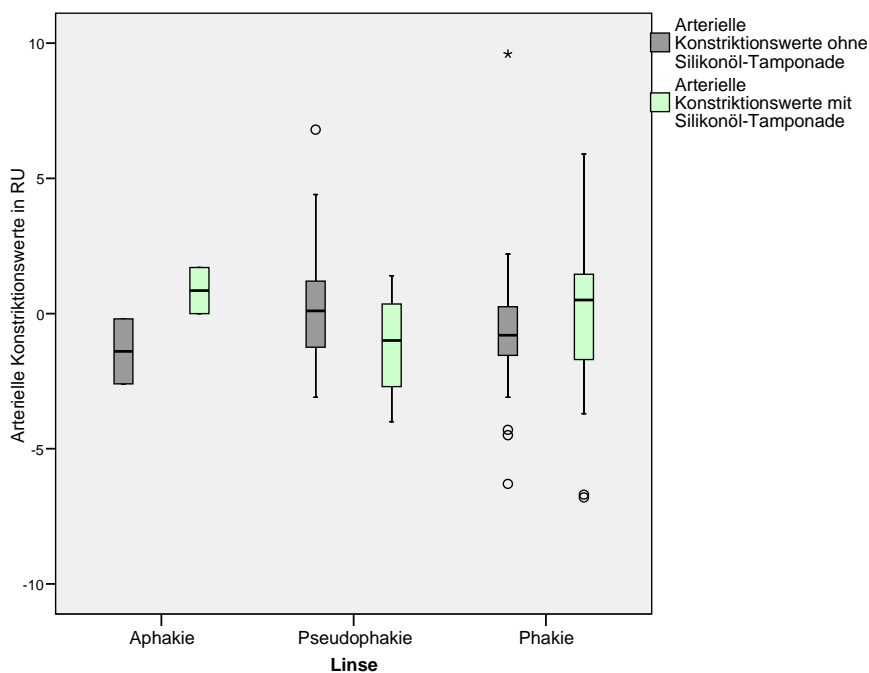


Abb.46 Arterielle Konstriktionswerte ohne und mit Silikonöl-Tamponade in Abhängigkeit von der Linse

Zustand der Linse	Phakie	Pseudophakie	Aphakie
n	27	11	2
<u>arterielle Konstriktion ohne Silikonöl</u>			
- Mittelwert (in RU)	-0,6	0,5	-1,4
- Standardabweichung (in RU)	2,8	2,9	1,7
<u>arterielle Konstriktion mit Silikonöl</u>			
- Mittelwert (in RU)	0,0	-1,2	0,9
- Standardabweichung (in RU)	3,0	2,0	1,2
<u>Differenzen zwischen arterieller Konstriktion ohne und mit Silikonöl</u>			
- Mittelwert (in RU)	-0,6	1,7	-2,3
- Standardabweichung (in RU)	3,8	3,1	0,5
Signifikanz der Differenzen	0,425	0,091	0,098
Signifikanz der Differenzen: Vgl. zw. Phakie u. Pseudophakie	0,079		
Signifikanz der Differenzen: Vgl. zw. Pseudophakie u. Aphakie	0,105		
Signifikanz der Differenzen: Vgl. zw. Aphakie u. Phakie	0,546		

Tab.68 Arterielle Konstriktionswerte ohne und mit Silikonöl-Tamponade in Abhängigkeit von der Linse

Venöse Ausgangswerte:

Die Auswertung ergab bezüglich dieses Parameters keine Signifikanzen. In Tabelle 69 sind die Werte als Übersicht dargestellt; in Abbildung 47 sind die Unterschiede zwischen den Patientengruppen grafisch dargestellt.

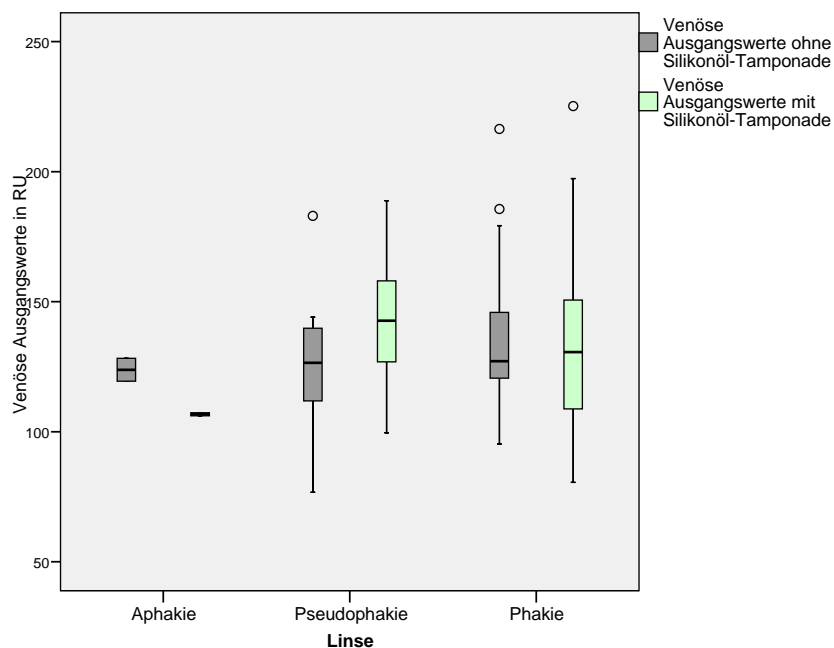


Abb.47 Venöse Ausgangswerte ohne und mit Silikonöl-Tamponade in Abhängigkeit von der Linse

Zustand der Linse	Phakie	Pseudophakie	Aphakie
n	27	11	2
<u>venöse Ausgangswerte ohne Silikonöl</u>			
- Mittelwert (in RU)	135,3	124,9	123,8
- Standardabweichung (in RU)	27,1	30,6	6,2
<u>venöse Ausgangswerte mit Silikonöl</u>			
- Mittelwert (in RU)	134,1	140,6	106,7
- Standardabweichung (in RU)	35,6	26,3	0,8
<u>Differenzen zwischen venösen Ausgangswerten ohne und mit Silikonöl</u>			
- Mittelwert (in RU)	1,2	-15,7	17,1
- Standardabweichung (in RU)	45,5	36,2	5,4
Signifikanz der Differenzen	0,897	0,181	0,139
Signifikanz der Differenzen: Vgl. zw. Phakie u. Pseudophakie	0,282		
Signifikanz der Differenzen: Vgl. zw. Pseudophakie u. Aphakie	0,243		
Signifikanz der Differenzen: Vgl. zw. Aphakie u. Phakie	0,629		

Tab.69 Venöse Ausgangswerte ohne und mit Silikonöl-Tamponade in Abhängigkeit von der Linse

Venöse Dilatationswerte:

Hier ergab sich ein signifikanter Unterschied zwischen den Differenzwerten der pseudophaken und der aphaken Patienten (Signifikanzwert: 0,031). Der Differenzwert der pseudophaken Patienten betrug im Mittel -0,1 RU und der der aphaken Patienten -7,9 RU (siehe Tabelle 70). Abbildung 48 zeigt die grafische Verteilung der gemessenen Werte.

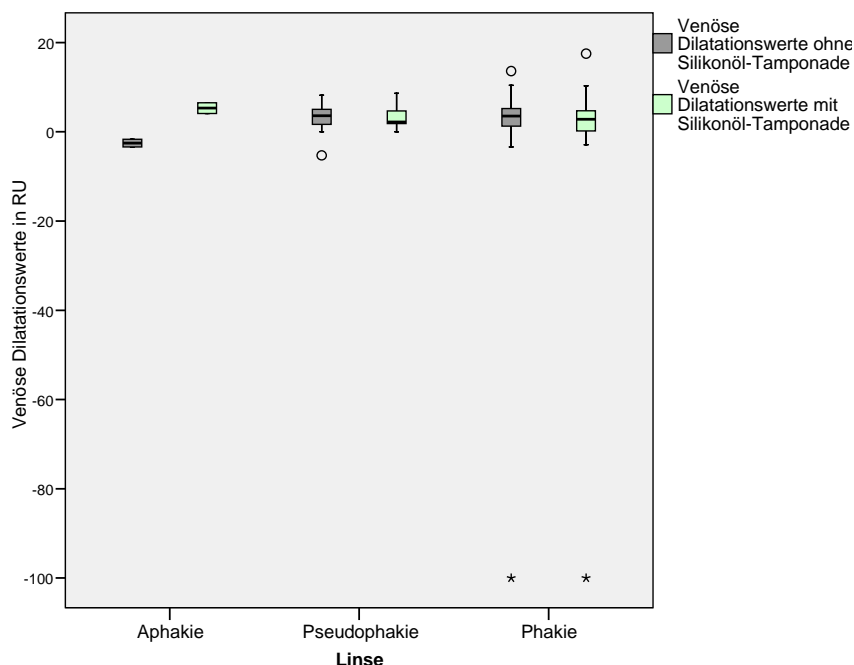


Abb.48 Venöse Dilatationswerte ohne und mit Silikonöl-Tamponade in Abhängigkeit von der Linse

Zustand der Linse	Phakie	Pseudophakie	Aphakie
n	27	11	2
<u>venöse Dilatation ohne Silikonöl</u>			
- Mittelwert (in RU)	-0,2	3,1	-2,6
- Standardabweichung (in RU)	20,3	3,6	1,2
<u>venöse Dilatation mit Silikonöl</u>			
- Mittelwert (in RU)	-0,2	3,2	5,3
- Standardabweichung (in RU)	20,4	2,6	1,7
<u>Differenzen zwischen venöser Dilatation ohne und mit Silikonöl</u>			
- Mittelwert (in RU)	0,0	-0,1	-7,9
- Standardabweichung (in RU)	28,2	4,1	2,9
Signifikanz der Differenzen	1,000	0,893	0,163
Signifikanz der Differenzen: Vgl. zw. Phakie u. Pseudophakie	0,984		
Signifikanz der Differenzen: Vgl. zw. Pseudophakie u. Aphakie	0,031		
Signifikanz der Differenzen: Vgl. zw. Aphakie u. Phakie	0,702		

Tab.70 Venöse Dilatationswerte ohne und mit Silikonöl-Tamponade in Abhängigkeit von der Linse

4.13 Zusammenfassung der Ergebnisse

Beim **einfachen Vergleich** zwischen der Höhe der gemessenen Parameter ohne Öl im Auge und bei gleichzeitig vorhandener Öl-Tamponade ergaben sich keine signifikanten Unterschiede.

Bei der Betrachtung der gemessenen Parameter in Abhängigkeit vom **Geschlecht** ergab sich bei den venösen Ausgangswerten unter Silikonöl ein signifikanter Unterschied zwischen den Männern und den Frauen. Unter Silikonöl waren die venösen Ausgangswerte bei den Männern signifikant höher als bei den Frauen.

Weder die Auswertung der Parameter in Abhängigkeit von der **Operationsindikation** noch in Abhängigkeit von **vorausgegangenen Operationen am betroffenen Auge** ergaben signifikante Unterschiede.

Bei der Auswertung der gemessenen Parameter in Abhängigkeit von der **Art des durchgeführten operativen Eingriffs** ergab sich bei den arteriellen Konstriktionswerten mit Öl ein signifikanter Unterschied zwischen den Patienten, die eine Öl-Tamponade bekommen hatten und denen, bei denen das Öl entfernt worden war. Die Verengung der retinalen Arterien war bei den Patienten mit Öl-Entfernung signifikant stärker ausgeprägt als in der anderen Gruppe.

Bei der Untersuchung der gemessenen Parameter in Bezug auf das **Alter** der untersuchten Patienten ergaben sich mehrere Signifikanzen. In der jüngeren Patientengruppe war die arterielle Dilatation unter Silikonöl signifikant stärker ausgeprägt als in der älteren Patientengruppe. Außerdem war die Differenz zwischen arterieller Dilatation ohne und mit Öl bei beiden Patientengruppen signifikant unterschiedlich. Des Weiteren war in der jüngeren Patientengruppe die arterielle

Dilatation ohne Öl signifikant geringer ausgeprägt als die arterielle Dilatation mit Öl. Die venösen Ausgangswerte ohne Öl waren bei den jüngeren Patienten signifikant größer als bei den älteren Patienten. Außerdem war die Differenz zwischen venösen Ausgangswerten ohne und mit Öl bei beiden Patientengruppen signifikant voneinander verschieden. Des Weiteren waren bei den älteren Patienten die venösen Ausgangswerte unter Silikonöl signifikant größer als ohne Silikonöl.

Die **stationäre Verweildauer** hatte keinen signifikanten Einfluss auf die gemessenen Parameter.

Die Auswertung der Parameter in Abhängigkeit von der **Sehschärfe (Visus)** ergab keine signifikanten Unterschiede zwischen den Patienten mit höherem und denen mit niedrigerem Visus.

Bei der Auswertung der gemessenen Parameter in Abhängigkeit vom **Augeninnendruck (Tensio)** ergaben sich ebenfalls keine signifikanten Unterschiede zwischen den Patienten mit höherem und denen mit niedrigerem Augeninnendruck.

Bezüglich des **Blutdrucks** wurden die gemessenen Parameter in Abhängigkeit vom MAP ohne Öl und vom MAP mit Öl ausgewertet. Bei der Auswertung der arteriellen Ausgangswerte (sowohl ohne als auch mit Öl) unter besonderer Berücksichtigung des MAP ohne Öl ergaben sich signifikante Unterschiede zwischen den Patienten mit höheren und denen mit niedrigeren MAP's. Die arteriellen Ausgangswerte ohne Öl waren in der Gruppe mit den höheren Blutdruckwerten signifikant größer als bei den Patienten mit den niedrigeren Blutdruckwerten. Gleiches gilt für die arteriellen Ausgangswerte mit Öl.

Die Auswertung der gemessenen Parameter in Abhängigkeit vom gleichzeitigen Bestehen einer **Glaukomerkrankung** am betroffenen Auge ergab keine signifikanten Unterschiede.

Beim Vergleich der Patienten mit **Diabetes mellitus** mit denen ohne Diabetes mellitus ergaben sich signifikante Unterschiede bei der Auswertung der arteriellen Dilatationswerte und der venösen Ausgangswerte. Die arterielle Dilatation ohne Öl war bei den Diabetikern signifikant schwächer ausgeprägt als bei den Nicht-Diabetikern. Außerdem war der Differenzwert zwischen den venösen Ausgangswerten ohne und mit Öl beider Gruppen signifikant unterschiedlich. Weiterhin waren bei den Diabetikern die venösen Ausgangswerte ohne Öl signifikant geringer als die venösen Ausgangswerte mit Öl.

Die Zugehörigkeit zur Gruppe der Patienten mit **arterieller Hypertonie** bzw. ohne arterielle Hypertonie ergab bei der Auswertung der Parameter keine signifikanten Unterschiede.

Die Auswertung der gemessenen Parameter in Abhängigkeit vom Vorhandensein einer **KHK** ergab signifikante Unterschiede zwischen beiden Patientengruppen bei den arteriellen Dilatationswerten ohne Öl und den arteriellen Konstriktionswerten mit Öl. Die arterielle Dilatation ohne Öl war bei den Patienten mit KHK signifikant geringer ausgeprägt als bei den Patienten ohne KHK. Die arterielle Konstriktion mit Öl war bei den Patienten mit KHK ebenfalls signifikant geringer als bei den Patienten ohne KHK.

Bei der Auswertung der Parameter unter Berücksichtigung des Vorhandenseins von **Herzrhythmusstörungen** ergaben sich keine signifikanten Unterschiede zwischen den Patienten mit und denen ohne Rhythmusstörungen.

Die Patienten mit und die ohne **Hypercholesterinämie** zeigten keine signifikanten Unterschiede bezüglich der gemessenen Parameter.

Das Vorhandensein von **Erkrankungen der Schilddrüse** hatte ebenfalls keine signifikanten Unterschiede in der Auswertung der Parameter zur Folge.

Die Unterteilung der Patienten nach dem **Zustand der Linse** brachte signifikante Unterschiede zwischen den drei Patientengruppen bei der Auswertung der venösen Dilatationswerte. Die Differenz zwischen den venösen Dilatationswerten ohne und mit Öl war bei den aphaken Augen signifikant größer als bei den pseudophaken Augen.

5. Diskussion

Geschlecht

Ein Einfluss des Geschlechts auf die retinale Mikrozirkulation konnte bisher in keinen Studien belegt werden.

In der vorliegenden Arbeit konnten bei den Männern signifikant höhere venöse Ausgangswerte unter Silikonöl nachgewiesen werden als bei den Frauen.

Alter

Im Alter kommt es zu einer zunehmenden Beeinträchtigung der Funktionsfähigkeit des Auges. Diese äußert sich morphologisch im Bereich der Netzhaut in einer fortschreitenden Degeneration des Pigmentepithels, in einer Hyalinisierung der Bruchschichten-Membran mit Zunahme der Membrandicke und in einer Abnahme der Dichte des choriokapillären Gefäßnetzes der Choroidea [Ramrattan 1994]. Die Choriokapillaris ist ein feines Kapillarnetz in der Tiefe der Choroidea, welches der Ernährung der äußeren Schichten der Netzhaut dient. Auch die Gefäße der Netzhaut direkt erfahren alterskorrelierte Veränderungen, die mit einer Verschlechterung der Mikrozirkulation einhergehen. Entscheidend für die Verschlechterung der Funktionsfähigkeit, vor allem des arteriellen Gefäßsystems, im Alter ist die Abnahme der elastischen Eigenschaften, das heißt die Verminderung an elastischen Fasern und glatten Muskelzellen und die vermehrte Einlagerung von Kollagenfasern in die Gefäßwände. Hinzu kommen arteriosklerotische Gefäßveränderungen und eine Abnahme der Wachstums- und Regenerationsfähigkeit, die eine Verringerung der Gefäßdichte zur Folge hat und damit eine weitere Einschränkung der Versorgung der abhängigen Gewebe.

Einige Studien belegen diese altersabhängigen Veränderungen der retinalen Hämodynamik: 1993 wurde der retinale Blutfluss an der Makula in einer Probandengruppe von 20- bis 78-Jährigen untersucht. Dabei konnte vor allem in der Gruppe der 50- bis 58-Jährigen eine signifikante Abnahme des retinalen Blutflusses beobachtet werden [Grunwald 1993]. In einer weiteren Studie konnte in der retinalen Zentralarterie eine signifikante Abnahme der retinalen Mikrozirkulation und Blutflussgeschwindigkeit um 6 bis 11 % pro Lebensdekade gezeigt werden [Groh

1996]. Im gleichen Jahr wurde außerdem an einer Probandengruppe im Alter von 10 bis 80 Jahren gezeigt, dass vor allem nach dem 50. Lebensjahr der pulsatile okuläre Blutfluss und die okuläre Pulsamplitude kontinuierlich abnimmt [Ravalico 1996]. Eine mögliche Erklärung hierfür könnte die verminderte Kapazität und Dehnbarkeit des choroidalen Kapillarnetzes und eine zunehmende Hyalinisierung der Gefäßwände mit Reduktion der Gefäßweite sein.

Von Jeppesen konnte 2004 gezeigt werden, dass die bei einem Anstieg des Blutdrucks erfolgte Verengung retinaler Arterien (Bayliss-Effekt) altersabhängig ist. Bei den unter 40-Jährigen konnte eine mit zunehmendem Blutdruckanstieg vermehrte Vasokonstriktion retinaler Arteriolen mit dem DVA beobachtet werden, während bei den über 40-Jährigen eine solche ansteigende reaktive Vasokonstriktion bei ansteigendem Blutdruck nicht signifikant nachzuweisen war.

Nagel konnte bei der Betrachtung der flickerlichtinduzierten Vasodilatation retinaler Arterien in Abhängigkeit vom Alter der Probanden keine signifikante Korrelation zwischen dem Alter und der flickerlichtinduzierten Dilatation finden [Nagel 2004-2].

In der vorliegenden Arbeit ergaben sich bezüglich der Altersabhängigkeit mehrere Signifikanzen: Die arterielle flickerlichtinduzierte Dilatation unter Silikonöl war bei den jüngeren Patienten signifikant stärker ausgeprägt als bei den älteren. Dies entspricht der oben gemachten Aussage, dass mit zunehmendem Alter die Elastizität und Dehnbarkeit der Gefäßwände und damit die Kapazität geringer wird. Ebenso konnte bei den venösen Ausgangswerten ohne Öl beobachtet werden, dass bei den jüngeren Patienten die Venen zu Beginn der Untersuchung signifikant weiter waren als bei den älteren Patienten.

Stationäre Verweildauer

In der Literatur finden sich keine Studien, die einen Zusammenhang zwischen stationärer Verweildauer und hämodynamischen Reaktionen der Augenhintergrundgefäße beschreiben. Denkbar wäre, dass Patienten mit einer längeren stationären Verweildauer auch geringere Gefäßreaktionen auf das Flickerlicht zeigen. Begründen könnte man dies damit, dass die Patienten dann länger im Krankenhaus bleiben müssen, wenn Komplikationen bei der Operation oder im Heilungsverlauf entstehen, die wiederum häufig mit dem Vorkommen gleichzeitiger anderer Erkrankungen in Zusammenhang stehen, wie beispielsweise

Herz-Kreislaufkrankungen oder Diabetes mellitus. In dieser Arbeit konnte keine Abhängigkeit der gemessenen Parameter von der stationären Verweildauer festgestellt werden.

Visus

Bei der Betrachtung der gemessenen Parameter in Abhängigkeit vom Visus ergaben sich keine signifikanten Unterschiede zwischen den Patienten mit höherem und denen mit niedrigerem Visus.

Es gibt die verschiedensten Gründe für eine Verschlechterung der Sehschärfe. Störungen der Mikrozirkulation sind nicht bei allen Ursachen für eine Visusverschlechterung zu erwarten. Damit sind beispielsweise bei einem Katarakt als Ursache für eine Verschlechterung der Sehschärfe die Augenhintergrundgefäße in ihrer Hämodynamik in der Regel weniger beeinflusst als beispielsweise bei einer diabetischen Retinopathie oder einer Glaukomerkrankung. Auf Grund der Patienten die wegen einer diabetischen Retinopathie oder Glaukomerkrankung einen niedrigeren Visus aufwiesen, hätte man erwarten können, dass die Patienten mit schlechterem Visus auch geringere retinale Gefäßreaktionen auf das Flickerlicht zeigen. Dass sich keine signifikanten Unterschiede zwischen den Patienten mit guten und denen mit schlechten Visus in dieser Arbeit gezeigt haben, ist damit zu erklären, dass beispielsweise die Patienten mit Diabetes mellitus nur 10 % des ausgewerteten Patientenguts ausgemacht haben, die Glaukompatienten aber immerhin 35 %.

Augeninnendruck

Bereits 1977 wurde der Nachweis geführt, dass intraokuläre Druckveränderungen auf die Autoregulation der retinalen Gefäße wirken [Riva 1977]. Eine kurzfristige Erhöhung des Intraokulardrucks bewirkt eine passive Kompression der retinalen Gefäße mit einer kurzzeitigen Unterbrechung der retinalen Mikrozirkulation. Die autoregulative Antwort besteht in einer Erweiterung der retinalen Gefäßdurchmesser mit einer reaktiven Hyperämie nach Absinken des Intraokulardrucks auf Normwerte. Diese reaktive Dilatation stellt damit die lokal-regulative Dilatationsreserve der retinalen Mikrozirkulation dar. Dies konnte für die arteriellen und die venösen Gefäße der Retina gezeigt werden [Nagel 2000]. In einer weiteren Studie wurde gezeigt,

dass die beschriebene passive Kompression durch den erhöhten Augeninnendruck nur für die venösen Gefäße der Retina gilt und die Venen anschließend, nach Normalisierung des Augeninnendrucks, wie beschrieben mit einer reaktiven Dilatation antworten. Im Gegensatz dazu zeigten die arteriellen Gefäße diese reaktive Dilatation schon während der Phase des erhöhten Augeninnendrucks und kehrten nach Normalisierung der Druckwerte langsam wieder zu ihrem Ausgangsdurchmesser zurück. Sowohl die Arterien als auch die Venen des Augenhintergrundes erreichten ca. 7 Minuten nach Stimulationsende durch den erhöhten Augeninnendruck, wieder ihren ursprünglichen Gefäßdurchmesser [Nagel 2004-3].

Die Probanden dieser Arbeit wurden keiner kurzfristigen intraokulären Drucksteigerung ausgesetzt. Um die Druckwerte der Patienten zum Untersuchungszeitpunkt zu erfassen, wurde bei allen Patienten jeweils ein intraokulärer Druckwert ohne Öl im Auge und ein Wert bei gleichzeitiger Öltamponade gemessen. Die Druckwerte wurden jeweils an dem Tag der Messung mit dem DVA erfasst. Dabei lag der Augeninnendruck ohne Öl im Auge zwischen 8 und 30 mmHg; mit Öl im Auge zwischen 10 und 36 mmHg. Die Patienten mit bekanntem erhöhtem Augeninnendruck, nahmen wie gewohnt weiterhin ihre augendrucksenkenden Medikamente ein.

Dass der intraokuläre Druck die Gefäßreaktion auf den Flickerreiz signifikant beeinflusst, konnte in dieser Arbeit nicht gezeigt werden. Zwischen den Patienten mit höherem und denen mit niedrigerem Augeninnendruck ergaben sich keine signifikanten Unterschiede bei den gemessenen Parametern. Eine mögliche Ursache hierfür könnte sein, dass die Augeninnendruckwerte in diesem Fall keinen kurzfristigen Reiz auf die Autoregulation darstellten, da sich die Druckwerte im Auge nicht kurzfristig erhöhten, sondern über längere Zeit relativ gleichbleibende Werte darstellten.

Blutdruck und arterielle Hypertonie

Bereits in mehreren veröffentlichten Studien konnte mithilfe des DVA bei einer Steigerung des mittleren arteriellen Drucks eine signifikante Vasokonstriktion retinaler Arterien gemessen werden, die eine autoregulative, myogene Antwort der glatten Muskulatur der Gefäßwände darstellt. Dieser sogenannte Bayliss-Effekt ist

eine Form der Autoregulation, die der Konstanterhaltung der Durchblutung eines Gewebes bei schwankendem Blutdruck (im Bereich zwischen ca. 120 und 200 mmHg) dient. Die durch eine Blutdruckerhöhung erfolgte Wanddehnung der kleinen retinalen Gefäße bewirkt über die Öffnung mechanosensitiver Kalziumkanäle einen Kalziumeinstrom in die glatten Gefäßmuskelzellen und damit eine Kontraktion dieser. Der Bayliss-Effekt konnte erstmals am Menschen direkt *in vivo* und nichtinvasiv nachgewiesen werden [Blum 1999]. Hierbei wurde ein Blutdruckanstieg von 22,8 mmHg durch eine isometrische Belastung mit Halten einer 1,5 kg schweren Hantel herbeigeführt. Die durch den Bayliss-Effekt hervorgerufene Vasokonstriktion der retinalen Arterien betrug hier 5,5%. Eine weitere Möglichkeit, einen Blutdruckanstieg zu provozieren ist die Verabreichung entsprechender pharmakologischer Substanzen. Eine neue Studie belegt, dass die Gefäßreaktion der retinalen Arterien auf den Blutdruckanstieg umso stärker ausfällt, je geringer der arterielle Ausgangsgefäßdurchmesser ist [Jeppesen 2007]. Des Weiteren konnte in einer Studie an Patienten mit unbehandeltem Hypertonus gezeigt werden, dass bei diesen Patienten die flickerlichtinduzierte Dilatation retinaler Arterien signifikant geringer ausfällt als bei einer vergleichbaren Kontrollgruppe. In der gesunden Kontrollgruppe betrug die flickerlichtinduzierte Dilatation 6,4 % und bei den unbehandelten Hypertonikern lediglich 2,2 % [Nagel 2004-2]. Eine andere Studie belegt einen nicht signifikanten Effekt auf die flickerlichtinduzierte Dilatation der retinalen Arterien und Venen bei einem Anstieg des mittleren arteriellen Drucks von 81 auf 92 mmHg nach Tyramin-Infusion [Garhöfer 2003].

In dieser Arbeit wurden bei den Patienten die mittleren arteriellen Blutdruckwerte ohne Öl und mit Öl im Auge erfasst. Dabei ergab sich keine signifikant unterschiedliche flickerlichtinduzierte Dilatation beim Vergleich der Patienten mit höherem und denen mit niedrigerem Blutdruck. Signifikante Werte ergaben sich bei der Betrachtung der arteriellen Ausgangswerte ohne Öl und der arteriellen Ausgangswerte mit Öl in Abhängigkeit von der Höhe des mittleren arteriellen Blutdrucks ohne Öl. Bei den Patienten mit den höheren Blutdruckwerten waren sowohl die arteriellen Ausgangswerte ohne Öl als auch die arteriellen Ausgangswerte mit Öl signifikant größer als bei den Patienten mit niedrigerem Blutdruck. Diese Ergebnisse stimmen nicht mit der Annahme überein, dass bei höheren Blutdruckwerten über den Bayliss-Effekt eine Vasokonstriktion erreicht wird.

Eine mögliche Erklärung hierfür ist, dass bei längerfristig erhöhtem Blutdruck die Gefäße dem erhöhtem Druck nachgeben und dadurch eher erweitert sind.

Bei der Auswertung der gemessenen Parameter in Abhängigkeit von einem diagnostizierten bzw. bekannten arteriellen Hypertonus ergaben sich keine signifikanten Unterschiede zwischen den Hypertonikern und der gesunden Vergleichsgruppe. Eine mögliche Ursache könnte sein, dass diese Patienten mit bekannter arterieller Hypertonie medikamentös gut eingestellt waren und damit relativ gute Blutdruckwerte aufwiesen.

Glaukom

Das Glaukom ist eine Atrophie des Sehnervenkopfes, die durch ein bestehendes Ungleichgewicht zwischen der Höhe des Augeninnendrucks und des Perfusionsdrucks der den Sehnervenkopf versorgenden Gefäße verursacht wird. Dieses Ungleichgewicht führt zu einer unzureichenden Versorgung der Ganglien- und Gliazellen des Sehnervenkopfes und damit zu einer Atrophie dessen. Man unterscheidet Glaukomformen, bei denen ein zu hoher intraokulärer Druck die Hauptursache der Erkrankung ist, z.B. beim Offenwinkel- und Winkelblockglaukom, von Glaukomformen, bei denen der intraokuläre Druck normal ist, aber der Perfusionsdruck der Gefäße trotzdem nicht ausreicht, den Sehnervenkopf ausreichend zu durchbluten. Eine solche Glaukomform bezeichnet man als Normaldruckglaukom. Bei einer physiologisch funktionierenden Autoregulation der retinalen Gefäße werden systemische Blutdruckschwankungen und Augeninnendruckschwankungen abgefangen und damit eine gleichmäßige Versorgung der Ganglien- und Gliazellen gewährleistet. Die Autoregulation reagiert bei einem verminderten Perfusionsdruck in den retinalen Gefäßen, der beispielsweise bei einem zu geringen Blutdruck oder einem zu hohen Augeninnendruck zustande kommt, mit einer Vasodilatation der Gefäße und bei einem erhöhten Perfusionsdruck (bei zu hohem Blutdruck) mit einer Vasokonstriktion.

Bekannt ist, dass bei Glaukom-Erkrankten diese Fähigkeit zur Autoregulation eingeschränkt ist. Außerdem konnte gezeigt werden, dass vor allem bei Patienten mit Normaldruckglaukom die retinalen arteriellen Gefäßdurchmesser signifikant vermindert sind im Gegensatz zur gesunden Kontrollgruppe. Diese Beobachtung

konnte bei den anderen Glaukomformen nicht gemacht werden [Remky 2004]. Eine weitere Studie, die die Reaktionsfähigkeit retinaler Venen auf eine Intraokulardruckerhöhung bei Patienten mit Offenwinkelglaukom im Vergleich zu einer gesunden Kontrollgruppe untersuchte, konnte zeigen, dass die venöse Konstriktion unter dem erhöhten Augeninnendruck bei den Glaukom-Patienten signifikant geringer ausfiel als bei der gesunden Kontrollgruppe, ebenso wie die reaktive venöse Dilatation nach Wiedereinstellung des normalen Augendrucks [Nagel 2001-2].

In der vorliegenden Arbeit konnten keine derartigen Beobachtungen gemacht werden. Es ergaben sich bei den gemessenen Parametern zur Reaktionsfähigkeit retinaler Arterien und Venen auf das Flickerlicht keine signifikanten Unterschiede zwischen den Glaukom-Patienten und den diesbezüglich gesunden Vergleichspatienten. Unter den ausgewerteten Patienten befanden sich 14 Patienten mit einer Glaukomerkrankung, wobei aber die verschiedenen Glaukomformen nicht separat untersucht wurden.

Diabetes mellitus

Dass bei Patienten mit einer Diabetes mellitus-Erkrankung die flickerlichtinduzierte Dilatation retinaler Arteriolen und Venolen reduziert ist, konnte in vergangenen Studien bereits nachgewiesen werden [Dawczynski 2007, Mandacka 2007]. Es konnte gezeigt werden, dass mit zunehmender Schwere der diabetischen Retinopathie korrelierend die Dilatationsstärke der retinalen Arteriolen abnimmt. Der wahrscheinlichste Grund für die verminderte Dilatationsfähigkeit unter Flickerlicht ist die diabetische Mikroangiopathie, die mit einer endothelialen Dysfunktion einhergeht. Diese endotheliale Dysfunktion zeigt sich in einer Störung der Freisetzung von NO aus den Endothelien und demzufolge mit einer verminderten NO-bedingten Vasodilatation.

In einer anderen Studie konnte gezeigt werden, dass unter hohen Blutzucker-Werten bzw. bei Probanden mit Diabetes mellitus Typ 1 im Vergleich zur Kontrollgruppe die arterielle Konstriktion bei Anstieg des Blutdrucks (Bayliss-Effekt) vermindert ist [Blum 2005, Blum 2000]. Eine weitere Studie zeigt einen zunehmend verminderten Bayliss-Effekt, der mit einer Verschlechterung der Stadien der diabetischen Retinopathie korreliert [Blum 2006, Frederiksen 2006].

In der vorliegenden Arbeit konnte gezeigt werden, dass die arterielle Dilatation ohne Öl bei den Patienten mit Diabetes mellitus signifikant geringer war als bei den Nicht-Diabetikern, was oben genannte Studien bestätigt. Bei der arteriellen Dilatation mit Öl ergab sich diese Signifikanz nicht.

Koronare Herzkrankheit

Die Koronare Herzkrankheit (KHK) ist eine Erkrankung der Herzkranzgefäße, die in ihrer Hauptursache durch Arteriosklerose verursacht wird. Die durch die Arteriosklerose bedingten Ablagerungen in den Gefäßwänden führen zu einer Versteifung und damit verminderten Elastizität der Gefäße und zu einer zunehmenden Verminderung des Gefäßdurchmessers. Die Folge ist eine Beeinträchtigung der Durchblutung der abhängigen Gewebe mit einem Missverhältnis zwischen Sauerstoffbedarf und –angebot, was am Herzen speziell zu der typischen Angina pectoris – Symptomatik führt.

Risikofaktoren für eine Arteriosklerose sind neben genetischer Prädisposition und höherem Lebensalter vor allem Fettstoffwechselstörungen mit erhöhtem LDL- und erniedrigtem HDL-Cholesterinspiegel, ein erhöhter Blutdruck, eine Diabetes mellitus-Erkrankung, Übergewicht, Bewegungsmangel und Tabakkonsum.

Die Arteriosklerose kann so gut wie alle arteriellen Blutgefäße des Körpers betreffen, so auch die Gefäße des Augenhintergrundes. Erwarten könnte man bei der Untersuchung der arteriellen Gefäße der Retina mit dem DVA und derer Reaktionen auf Flickerlicht daher, dass die arteriellen Ausgangsdurchmesser bei Patienten mit KHK vermindert sind, sowie auch eine verminderte arterielle Dilatation und Konstriktion auf den Flickerlichtreiz wegen der verminderten Elastizität der Gefäßwände.

Tatsächlich zeigte sich bei der arteriellen Dilatation ohne Öl eine signifikant geringere Dilatation bei den Patienten mit einer KHK im Gegensatz zur gesunden Vergleichsgruppe. Die arterielle Dilatation unter Silikonöl war bei den KHK-Patienten ebenfalls geringer ausgeprägt, dieser Unterschied war aber nicht hinreichend signifikant.

Ebenso zeigte sich, nach Beendigung des Flickerlichtreizes, eine signifikant verminderte arterielle Konstriktion unter Silikonöl bei den Patienten mit einer KHK. Auch die arterielle Konstriktion ohne Öl fiel bei den KHK-Patienten geringer aus als

bei der gesunden Vergleichsgruppe, wobei dieser Unterschied nicht unterhalb der erforderlichen Signifikanzgrenze lag.

Herzrhythmusstörungen

Herzrhythmusstörungen stellen keine eigene Erkrankung dar, sondern sind vielmehr das Symptom bzw. die Komplikation eines zumeist kardialen Grundleidens. Man unterscheidet Arrhythmien, die hämodynamisch bedeutsam sind von welchen, die keine Auswirkungen auf die Hämodynamik haben. Art und Häufigkeit der Rhythmusstörungen bestimmen die Funktionseinbuße der Herzauswurfleistung und damit das Ausmaß der Einschränkung der Durchblutung der verschiedenen Organsysteme. So kann auch die Durchblutung des Augenhintergrundes vermindert bzw. unregelmäßig sein. Denkbar wäre daher, bei bestimmten Rhythmusstörungen, eine autoregulative Antwort der retinalen Gefäße auf den mitunter verminderten Perfusionsdruck, die in einer Dilatation der Netzhautgefäße bestehen könnte. In dieser Arbeit waren acht der ausgewerteten Patienten an Herzrhythmusstörungen erkrankt, die allerdings nicht weiter klassifiziert wurden. Bei der Auswertung der Gefäßantworten auf das Flickerlicht ergaben sich keine signifikanten Unterschiede zwischen den an Rhythmusstörungen erkrankten und den diesbezüglich gesunden Patienten.

Untersuchungen zu den Folgen von Herzrhythmusstörungen auf die Hämodynamik und die Organdurchblutung betreffen vor allem Auswirkungen auf die Nierendurchblutung, auf die Durchblutung der Koronargefäße, auf die zerebrale Zirkulation und die Durchblutung der großen Beingefäße, nicht aber die Auswirkung auf die Durchblutung des Augenhintergrundes.

Hypercholesterinämie

Die Hauptursache der Hypercholesterinämie liegt in einer fehlerhaften Ernährung mit einem zu hohen Nahrungsanteil an Kohlenhydraten, Cholesterin, ungesättigten Fettsäuren und Alkohol und ist daher häufig mit Übergewicht und dem Diabetes mellitus Typ 2 vergesellschaftet. Die häufigste und schwerwiegendste Folge der Hypercholesterinämie ist die Arteriosklerose mit all ihren Folgekrankheiten

(Herzinfarkt, Schlaganfall, periphere arterielle Verschlusskrankheit, Niereninsuffizienz, usw.).

Ebenso wie bei der oben beschriebenen KHK, der die Arteriosklerose als Ursache zu Grunde liegt, kann auch bei der Hypercholesterinämie die Arteriosklerose, die hier Folge der Erkrankung ist, alle arteriellen Gefäße des Körpers betreffen, so auch die Gefäße des Augenhintergrundes. Allerdings wurden in der vorliegenden Arbeit keine signifikanten Unterschiede in der Reaktionsfähigkeit der retinalen Gefäße auf das Flickerlicht zwischen Patienten mit und denen ohne Hypercholesterinämie gefunden. Von den 40 ausgewerteten Patienten lag bei 10 Patienten eine Hypercholesterinämie vor.

Neurologische Erkrankungen

Neurologische Erkrankungen umfassen ein sehr weites Feld. Im Zuge neurologischer Erkrankungen ist es möglich, dass die nervale Durchblutungsregulation verschiedenster Gewebe und Organe beeinträchtigt ist. Die nervale Steuerung der Blutgefäße erfolgt hauptsächlich durch das vegetative Nervensystem und hier vor allem durch den Sympathikus. Über periphere Nervenendigungen an den Blutgefäßen gelangen spezielle Botenstoffe in die glatten Muskelzellen der Gefäßwände und beeinflussen damit die Gefäßweite. So ist es denkbar, eventuelle Auswirkungen einer nervalen Dysregulation der Organdurchblutung an den Gefäßen des Augenhintergrundes zu sehen. In der vorliegenden Arbeit litten lediglich zwei der 40 ausgewerteten Patienten an einer neurologischen Erkrankung, so dass die Auswertung zu keiner verlässlichen Aussage führen konnte.

Schilddrüsenerkrankungen

Erkrankungen der Schilddrüse können eine Überfunktion oder eine Unterfunktion der Schilddrüse bedingen. Bei der Betrachtung der Auswirkungen einer Funktionsstörung der Schilddrüse auf die retinale Perfusion sind die Herz-Kreislauf - relevanten Folgen, das heißt mögliche Auswirkungen auf die Hämodynamik des Körpers bedeutsam. So bedingt eine Überfunktion der Schilddrüse einen Anstieg der Herzfrequenz bis zur Tachykardie, andere Rhythmusstörungen wie Extrasystolen und Vorhofflimmern und eine Vergrößerung der Blutdruckamplitude. Eine

Unterfunktion hingegen führt zu einem Abfall der Herzfrequenz bis hin zur Bradykardie. Diese Auswirkungen der Schilddrüse auf das Herz-Kreislaufsystem bedingen wiederum einen Anstieg bzw. Abfall des Perfusionsdrucks in den retinalen Gefäßen und damit entsprechende autoregulative Antworten der Netzhautgefäße. Entsprechend könnte man erwarten, dass sich die Auswirkungen dieser Autoregulation in den Messwerten dieser Arbeit widerspiegeln. In dieser Arbeit ergaben sich jedoch keine signifikanten Unterschiede zwischen den Patienten mit und denen ohne Schilddrüsenerkrankungen. Von den ausgewerteten Patienten litten lediglich vier an einer Funktionsstörung der Schilddrüse, welche aber auch entsprechend medikamentös eingestellt war.

Silikonöl

Die Auswirkungen, die das Silikonöl im Auge auf die einzelnen Strukturen und deren Funktion hat, ist nach wie vor Gegenstand der Forschung. Einige Komplikationen sind mittlerweile erwiesen, dazu gehört die Entstehung einer Linsentrübung (Katarakt), die bei einer Tamponadendauer unter sechs Monaten bei 60 bis 80 % der Patienten auftritt und bei längerer Nachbeobachtung in bis zu 100 %. Unmittelbare Folge der Linsentrübung ist eine Verschlechterung des Visus. Bei den in dieser Arbeit untersuchten Patienten lag der Visus ohne Öl im Auge im Mittel bei 0,134 und mit Öl im Auge bei 0,131. Hier ist der Unterschied zwischen den beiden Mittelwerten nicht sehr groß, was damit zu erklären ist, dass sich das Patientengut aus zwei verschiedenen Gruppen zusammensetzt. Die eine Gruppe, die vorher kein Öl im Auge hatte und bei denen eine PPV mit Silikonöltamponade durchgeführt wurde, hatte in der Regel ohne Öl schlechtere Visuswerte als mit Öl. Die Ursache dafür ist, dass diese Patienten gerade wegen ihres schlechten Visus, der beispielsweise durch eine Netzhautablösung verursacht wurde, eine PPV mit einer Öltamponade bekommen hatten. Nach der Operation hatte sich die Netzhaut wieder angelegt und damit war der gemessene mit-Öl-Visus meist höher als der ohne-Öl-Visus. Die andere Gruppe sind die Patienten, bei denen nach ca. sechs Monaten das Öl wieder entfernt werden sollte und bei denen im Zuge dieser Operation möglicherweise die getrübte Linse mit entfernt wurde. Bei diesen Patienten waren die mit-Öl-Werte meist schlechter als die ohne-Öl-Werte weil auch das Öl selbst allmählich nach dieser Zeit durch Abspaltung kleinerer Tröpfchen zu einem Verschwommensehen geführt hatte.

Bei der Betrachtung des Augeninnendrucks fiel auf, dass bei den untersuchten Patienten dieser Arbeit der Mittelwert für die Druckwerte ohne Öl im Auge bei 15,9 mmHg lag und der Mittelwert für die Druckwerte mit Öl im Auge bei 16,7 mmHg lag. In mehreren Studien wurde bisher beschrieben, dass unter Silikonöl eine Erhöhung des Augeninnendrucks beobachtet wurde. Eine primäre Erhöhung des Augeninnendrucks durch Silikonöl liegt dann vor, wenn bei dem operativen Eingriff mengenmäßig einfach zuviel Silikonöl in den Bulbus appliziert wird, was als primäre Bulbushypertonie bezeichnet wird. Eine sekundäre Erhöhung des Augeninnendrucks kann vorübergehend oder persistierend auftreten und kann die Folge von Emulsifikationen der großen Silikonölblase sein. Generell ist die postoperative Augeninnendruckerhöhung jedoch ein multifaktorielles Geschehen, wobei andere mögliche Ursachen, beispielsweise eine akut oder chronisch reizbedingte Erhöhung der Kammerwasserproduktion oder operativ bedingte Kammerwinkelveränderungen mit Abflussstörungen ebenfalls vorkommen können. Die Emulsifikation als mögliche Ursache der postoperativen Augeninnendruckerhöhung bezeichnet die Abspaltung kleinerer stabiler Bläschen von der großen Ölblase. Diese kleinen Ölbläschen führen zu einer Verlegung des Trabekelwerks im Kammerwinkel und damit zu einer Abflussstörung des Kammerwassers, wodurch der Augeninnendruck ansteigt. Allerdings tritt diese Erhöhung des Augeninnendrucks in lediglich 11-15 % der Fälle auf und ist dann auch gut mit augendrucksenkenden Augentropfen behandelbar. Es ist also davon auszugehen, dass bei regelmäßiger und engmaschiger Nachkontrolle nach einer PPV mit Silikonöltamponade eine eventuell auftretende Augeninnendruckerhöhung schnell erkannt und damit auch frühzeitig medikamentös ausreichend therapiert wird. Im Falle, dass die Emulsifikation die Ursache des erhöhten Augeninnendrucks darstellt, ist nach der operativen Ölentfernung häufig eine Normalisierung der Druckwerte möglich. Weiterhin ist zu bedenken, dass diese Emulsifikation vor allen Dingen bei Silikonölen niedriger Viskosität auftritt und das die Patienten dieser Arbeit alle mit hochviskösen Silikonölen, den sogenannten 5000er Ölen behandelt wurden. Des Weiteren ist die Emulsifikation mit zunehmender Verweildauer des Silikonöls im Auge ansteigend und bei einer Verweildauer von unter sechs Monaten relativ gering. Insgesamt könnte man bei der, mit dem Vorhandensein von Silikonöl im Auge verbundenen, Augeninnendruckerhöhung erwarten, dass sich die Gefäße der Retina, um einen gleichbleibenden Perfusionsdruck zu gewährleisten, regulativ erweitern (s.o.). In mehreren Studien

wurde beobachtet, dass es im Falle eines chronisch erhöhten intraokulären Drucks zu einer ischämischen Nekrose des Sehnervs kommen kann [Knorr 1996].

Eine weitere Folge von Silikonöl im Auge ist, dass sich die, im Rahmen der Emulsifikation abgespaltenen, Ölbläschen in den verschiedenen umgebenden Strukturen anreichern können und zwar in Form von Vakuolen sowohl zwischen als auch innerhalb der Zellen, was wiederum mit einer zunehmenden Vakuolisierung des Gewebes bzw. der Zellen verbunden ist. Es wird sogar vom Auftreten sogenannter Fremdkörperriesenzellen berichtet, das heißt von Zellen die fast vollständig von einer mit Silikonöl gefüllten Vakuole ausgefüllt sind und die übrigen Zellstrukturen bis an den Rand verdrängt wurden. Bisher konnten Vakuolen mit Silikonöl in Endothelzellen, Pigmentepithelzellen, Gliazellen und Makrophagen beobachtet werden, wobei die Makrophagen die zahlenmäßig am stärksten betroffenen Zellen ausmachten. Für die Untersuchungen der retinalen Mikrozirkulation ist lediglich die Einwanderung von Silikonöl in die Strukturen der Netzhaut bedeutsam, wie beispielsweise die Ablagerung in den Endothelzellen, die die Gefäße der Netzhaut auskleiden. Ob dies eine Auswirkung auf die Gefäßweite bzw. die autoregulativen Fähigkeiten der retinalen Gefäße hat und damit die Mikrozirkulation beeinträchtigt konnte bisher in keinen Studien belegt werden. Wie schon oben beschrieben ist auch diese Nebenwirkung des Silikonöls von der Viskosität und Verweildauer und hier noch zusätzlich von der Beschaffenheit der Netzhaut und vom intraokulären Druck abhängig [Knorr 1996]. Es ist zu vermuten, dass in voroperierten Augen die Barrierschichten der Retina, das heißt die hintere Glaskörpergrenzmembran, die Bruch'sche Membran und das Pigmentepithel, wegen Vorschädigung anfälliger und poröser sind und damit hier leichter die kleinen Ölbläschen in die Retina vordringen und sich dort ablagern können [Eckardt 1993]. Auch bei abgehobener oder degenerativ veränderter Netzhaut konnten vermehrte silikonölassoziierte Vakuolen in der Netzhaut beobachtet werden [Kirchhof 1986]. Ebenfalls erleichtert ein höherer intraokulärer Druck dem Silikonöl das Eindringen in die Strukturen der Netzhaut, wobei in diesem Falle das Öl vorwiegend mechanisch in die Netzhaut eingepresst wird. Bezüglich des zeitlichen Auftretens solcher Vakuolen nach operativer Einsetzung der Silikonöltamponade muss bemerkt werden, dass in einigen Studien bereits nach einem Monat erste Vakuolen in intraokulären Geweben beobachtet werden konnten [Knorr 1996].

Ein weiteres Problem der Emulsifikation stellt die unvollständige Entfernung des Silikonöls im Rahmen der Operation zur Silikonölenfernung dar. Durch die Abspaltung vieler kleiner Öltröpfchen ist es nur schwer möglich, alle Tröpfchen vollständig zu entfernen, so dass meist einige im Auge dauerhaft verbleiben. Inwiefern dies ein Problem darstellt, konnte bisher in keinen Studien nachgewiesen werden.

Eine direkte Toxizität des Silikonöls auf die Netzhaut mit einer Schädigung der sensiblen Sehzellen bzw. des Sehnervs wird kontrovers diskutiert, konnte allerdings bisher nicht nachgewiesen werden. Eine Visusverschlechterung im Sinne einer toxischen Retinopathie konnte auch in Langzeitstudien über fünf Jahre bei belassenem Silikonöl nicht festgestellt werden, der Visus blieb über mindestens zwei Jahre stabil [Lucke 1991, Kroll 1986].

Zu den Ergebnissen dieser Arbeit bezüglich des Vergleichs der gemessenen Parameter mit und ohne Öl lässt sich folgendes sagen:

Beim einfachen Vergleich der gemessenen Parameter ohne Öl im Vergleich zu den entsprechenden Parametern mit Öl konnten keine signifikanten Unterschiede beobachtet werden. Dies bestätigt die Annahme, dass das Silikonöl im Auge die retinale Mikrozirkulation weitgehend unbeeinträchtigt lässt. Weiterhin kann man davon ausgehen, dass selbst die geringe Erhöhung des Augeninnendrucks von 0,8 mmHg, die bei den Patienten dieser Arbeit unter Silikonöl im Vergleich zu den Druckwerten ohne Öl vorhanden war, die retinalen Gefäße nicht so stark beeinflusste, dass eine signifikante Änderung der Gefäßweite unter Silikonöl zu beobachten war. Auch konnte unter Silikonöl nicht beobachtet werden, dass die Reaktionsfähigkeit der retinalen Gefäße auf das Flickerlicht im Vergleich zum Zustand ohne Silikonöl im Auge signifikant beeinträchtigt war.

Auch bei der Aufteilung der untersuchten Patienten nach der Indikation zur Operation konnte beim Vergleich der ohne- mit den mit-Öl-Werten in diesen einzelnen Gruppen keine signifikanten Unterschiede beobachtet werden.

Bei dem Vergleich der gemessenen Parameter mit und ohne Öl unter besonderer Berücksichtigung eventuell stattgefundener Voroperationen am untersuchten Auge konnte ebenfalls kein signifikanter Einfluss des Silikonöls auf die gemessenen Parameter festgestellt werden. Untersucht wurde dies, weil, wie oben schon beschrieben, in einigen Studien bei vorgeschädigter Netzhaut bzw. bei Schädigung derer Barrierschichten ein erleichtertes Eindringen des Silikonöls in die

Netzhautstrukturen beobachtet wurde. Eine mögliche Ursache solcher Schäden können beispielsweise Voroperationen an diesem Auge sein. Die Beobachtung, dass selbst bei solch vorgeschädigten Augen das hier in die Netzhaut vermehrt eingedrungene Silikonöl keine signifikanten Veränderungen des Gefäßdurchmessers bewirkt, spricht dafür, dass die retinalen Gefäße in ihrer Funktion von dem Silikonöl weitgehend unbeeinträchtigt bleiben und dass das Silikonöl daher keine schädigende Wirkung auf die retinalen Gefäßfunktionen hat.

Die Auswertung der gemessenen Parametern in Abhängigkeit von der durchgeführten Operation, das heißt in Abhängigkeit von der Zugehörigkeit der Patienten zu der Gruppe, die eine PPV mit Öltamponade bekommen hatten oder zu der anderen Gruppe, bei denen das schon vorhandene Öl im Auge entfernt worden war, brachte nur einen signifikanten Unterschied. Und zwar war die Konstriktion der arteriellen Gefäße der Retina unter Silikonöl bei den Patienten, bei denen das Öl entfernt wurde signifikant stärker ausgeprägt als bei den Patienten, die das Öl neu in das Auge bekommen hatten. Bei den Patienten mit Ölentfernung wurde der mit-Öl-Konstriktionswert der retinalen Arterien nach ca. sechsmonatiger Verweildauer der Öls im Auge gemessen und bei den Patienten mit Öltamponade bei gerade frisch eingesetztem Öl. Dieses Ergebnis spricht möglicherweise dafür, dass der sich bei längerer Verweildauer leicht erhöhende Augeninnendruck bzw. das Öl selber zunehmend auf die retinalen Gefäße drückt und dadurch die Konstriktion der Gefäße mechanisch verstärkt wird bzw. die Gefäße dem Druck von außen nachgeben. Dagegen spricht die normalerweise, bei erhöhtem Augeninnendruck bzw. bei von außen durch das Öl erzeugtem Druck, gegenregulative Erweiterung der retinalen Gefäße, um einen konstanten Perfusionsdruck zu gewährleisten.

Weitere beobachtete Unterschiede zwischen den gemessenen Parametern mit und ohne Öl ergaben sich bezüglich des Alters der Patienten und der Zugehörigkeit zu den Patienten mit einer Diabetes mellitus Erkrankung. In der Gruppe der unter 70jährigen fiel die arterielle Dilatation unter Silikonöl signifikant stärker aus als ohne Öl im Auge. In der Gruppe der über 70jährigen waren die venösen Ausgangswerte unter Öl ebenfalls signifikant höher als ohne Öl im Auge. Auch bei den Diabetikern waren die venösen Ausgangswerte unter Silikonöl signifikant größer als ohne Öl. Diese Beobachtungen könnten für eine reaktive Dilatation unter Silikonöl wegen eines eventuell leicht erhöhten Augeninnendrucks sprechen. Beobachtet werden konnte dies allerdings längst nicht bei allen Patientengruppen, was wiederum dafür

spricht, dass der Einfluss des Öls auf die retinalen Gefäßdurchmesser bzw. deren Reaktionsfähigkeit eher vernachlässigbar ist, da ein Einfluss des Öls längst nicht unter allen Umständen nachgewiesen wurde sondern nur bei einzelnen Patientengruppen zur Ausprägung kommt.

Es wäre daher zu empfehlen, den Einfluss des Öls weitergehend insbesondere unter Berücksichtigung der Verweildauer des Öls und damit in Abhängigkeit von der durchgeführten Operation (Öltamponade oder Ölentfernung) und in Abhängigkeit vom Alter der Patienten, sowie vom Vorhandensein einer Diabetes mellitus - Erkrankung zu untersuchen.

6. Schlussfolgerungen

Die Auswirkungen, die das Silikonöl im Auge auf die einzelnen Strukturen und deren Funktion hat, ist nach wie vor Gegenstand der Forschung und wird kontrovers diskutiert. In der vorliegenden Arbeit sollte untersucht werden, ob sich die Silikonölotamponade im Auge speziell auf die Gefäße der Netzhaut auswirkt. Mögliche Auswirkungen sollten anhand veränderter autoregulatorischer Fähigkeiten der Netzhautgefäße unter Flickerlicht mit dem DVA gemessen werden. Durch die mit dem Dynamic Vessel Analyzer durchgeführten Untersuchungen konnte bekräftigt werden, dass das Silikonöl im Auge die retinale Mikrozirkulation weitgehend unbeeinträchtigt lässt. Allerdings ergaben sich bei der Auswertung der gemessenen Parameter Hinweise auf eine veränderte Autoregulation unter Silikonöl bei der Betrachtung spezieller Risikoprofile. Dies betraf die Auswertung der gemessenen Parameter in Abhängigkeit vom Geschlecht, vom Alter, von der Art der durchgeführten Operation (Silikonöl-Tamponade oder Silikonöl-Entfernung), vom mittleren arteriellen Blutdruck, vom Vorliegen einer Diabetes mellitus oder einer koronaren Herzerkrankung und in Abhängigkeit vom Zustand der Linse.

Das Auge ist der einzige Bereich des menschlichen Körpers, an dem in vivo die Gefäße direkt sichtbar sind und beobachtet werden können. Dies kann zur nicht-invasiven Beurteilung der Gefäßfunktionen genutzt werden. Der DVA ermöglicht erstmals diese nicht-invasive Vermessung retinaler Gefäßdurchmesser in vivo mit hoher Präzision. Das Verfahren der Flickerlichtprovokation ist ein unkompliziertes, wenig belastendes und zuverlässiges Provokationsverfahren und damit gut geeignet, als Provokationsreiz auf die retinale Mikrozirkulation zu fungieren, um damit die Regulationskapazität der Gefäße zu beurteilen. In vergangenen Studien wurden bereits die Auswirkungen verschiedener Erkrankungen auf die retinale Mikrozirkulation mit Hilfe des DVA untersucht. Beispielsweise wurden die veränderten Gefäßreaktionen bei Diabetes mellitus oder arteriellem Hypertonus beschrieben. Die Auswirkungen des Silikonöls auf die Netzhautgefäße wurden allerdings bisher mit dem DVA noch nicht untersucht. Da der Gefäßdurchmesser und deren Veränderung auf bestimmte Provokationsreize hin als messbarer Parameter mit dem DVA einen guten Rückschluss auf die Gefäßfunktion zulässt, wurden erstmals in dieser Arbeit mithilfe des Dynamic Vessel Analyzers eventuell

vorhandene Auswirkungen des Silikonöls auf die Mikrozirkulation des Auges untersucht.

Hinweise auf eine direkte Schädigung der Netzhautgefäße durch das Silikonöl ergaben sich nicht, allerdings wäre zu empfehlen in Abhängigkeit von speziellen Nebenerkrankungen oder anderer Eigenschaften der Patienten, wie Alter und Geschlecht, im Rahmen einer größeren Studie die Reaktionsfähigkeit der Netzhautgefäße mit dem DVA bei vorhandener Silikonöltamponade zu messen. Ein Ziel ist es weiterhin, dieses Untersuchungsverfahren zur Messung von Gefäßregulationskapazitäten am Menschen, z. B. zur Untersuchung der Funktion von retinalen Arteriolen und Venolen bei pathologischen Prozessen wie Diabetes mellitus, koronare Herzkrankheit oder arteriellem Hypertonus, auch klinisch einzusetzen. Damit kann bei diesen Erkrankungen frühzeitig erkannt werden, ob bereits eine Schädigung der Gefäße im Sinne einer verminderten Reaktionsfähigkeit auf einen Provokationsreiz, beispielsweise auf Flickerlicht, vorhanden ist.

Literatur- und Quellenverzeichnis

Agostini H (2003) Öl oder schwere Flüssigkeiten zur Tamponade in der Netzhautchirurgie. Bericht über den 206. Freiburger Augenärzteabend am 13.06.2003

Al-Jazzaf A M, Netland P A, Charles S (2005) Incidence and management of elevated intraocular pressure after silicone oil injection. *Journal Glaucoma* 14 (1):40-46

Augustin A J, Offermann I (2007) Möglichkeiten und Grenzen der innovativen Vitrektomiesysteme. *Klinische Monatsblätter für Augenheilkunde* 224: 707-715

Blum M, Bachmann K, Wintzer D, Riemer T, Vilser W, Strobel J (1999) Noninvasive measurement of the Bayliss effect in retinal autoregulation. *Graefe's Archiv for Clinical and Experimental Ophthalmology* 237(4):296-300

Blum M, Brändel C, Müller U A (2005) Myogenic response reduction by high blood glucose levels in human retinal arterioles. *European Journal Ophthalmology* 15 (1): 56-61

Blum M, Kubetschka U, Hunger-Dathe W, Bachmann K, Müller U A, Strobel J (2000) Autoregulation retinaler Arteriolen bei Patienten mit Diabetes mellitus und Normalprobanden. *Klinische Monatsblätter für Augenheilkunde* 216: 40-44

Blum M, Pils C, Bachmann K, Müller U A, Strobel J (2006) The myogen response of retinal arterioles in Diabetic Retinopathy. *Ophthalmologie* 103 (3): 209-213

Bruder R, Clemens S, Tost F (2002) Nachweis von Silikonöl mittels hochauflösender Sonographie. *Klinische Monatsblätter für Augenheilkunde* 219 (11): 797-800

Castellarin A, Grigorian R, Bhagat N, Del Priore L, Zarbin M A (2003) Vitrectomy with silicone oil infusion in severe diabetic retinopathie. *British Journal of Ophthalmology* 87 (3): 318-321

Charles S (2004) An engineering approach to vitreoretinal surgery. *Retina* 24: 435-444

Charteris D G, Sethi C S, Lewis G P, Fisher S K (2002) Proliferative vitreoretinopathy: developments in adjunctive treatment and retinal pathology. *Eye* 16: 369-374

Dawczynski J, Mandecka A, Blum M, Müller U A, Ach T, Strobel J (2007) Endotheliale Dysfunktion zentraler Netzhautgefäße als Prognoseparameter der diabetischen Retinopathie? *Klinische Monatsblätter für Augenheilkunde* 224 (10): 827-831

Dick B, Stoffelns B, Pavlovic S, Schwenn O, Pfeiffer N (1997) Interaktion von Silikonöl mit verschiedenen Intraokularlinsen. *Klinische Monatsblätter für Augenheilkunde* 211 (3): 192-206

Dorner G T, Garhöfer G, Kiss B, Polska E, Polak K, Riva C E, Schmetterer L (2003) Nitric oxide regulates retinal vascular tone in humans. *American Journal Physiology – Heart and Circulatory Physiology* 285: H631-H636

Eckardt C, Nicolai U, Czank M, Schmidt D (1993) Okulare Gewebe nach intravitrealer Silikonölinjektion. *Ophthalmologie* 90 (3): 250-257

Engelmann K, Herbrig E (2008) Indikationen zum Einsatz verschiedener Endotamponaden. *Klinische Monatsblätter für Augenheilkunde* 225 (2): 138-145

Engelmann K, Richard G, Kohlschütter A, Bialasiewicz A (1996) Rhegmatogene Amotio retinae bei Atrophia gyrata – Pars Plana Vitrektomie mit Silikonölinstillation. *Klinische Monatsblätter für Augenheilkunde* 209 (6): 373-375

Frederiksen C A, Jeppesen P, Knudsen S T, Poulsen P L, Mogensen C E, Bek T (2006) The blood pressure-induced diameter response of retinal arterioles decreases with increasing diabetic maculopathy. *Graefe's Archiv for Clinical and Experimental Ophthalmology* 244: 1255-1261

Gandorfer A (2002) Ultrastruktur und Chirurgie traktiver Makulopathien. Habilitationsschrift München

Gandorfer A (2008) Vitrektomie. Zeitschrift praktische Augenheilkunde 29 (6): 249-261

Garhöfer G, Zawinka C, Huemer K-H, Schmetterer L, Dorner G T (2003) Flicker Light-Induced Vasodilatation in the Human Retina – Effect of Lactate and Changes in Mean Arterial Pressure. Investigative Ophthalmology and Visual Science 44: 5309-5314

Groh M J, ;Michelson G, Langhans M J, Harazny J (1996) Influence of age on retinal and optic nerve head blood circulation. Ophthalmology 103: 529-534

Grunwald J E, Piltz J, Patel N, Bose S, Riva C E (1993) Effect of aging on retinal macular microcirculation – a blue field simulation study. Investigative Ophthalmology and Visual Science 34: 3609-3613

Gugleta K, Zawinka C, Rickenbacher I, Kochkorov A, Katamay R, Flammer J, Orgul S (2006) Analysis of Retinal Vasodilatation after Flicker Light Stimulation in Relation to Vasospastic Propensity. Investigative Ophthalmology and Visual Science 47: 4034-4041

Hansen L (2003) Indikationen zur Vitrektomie an der Freiburger Universitäts-Augenklinik. Bericht über den 206. Freiburger Augenärzteabend am 13.06.2003

Haritoglou C, Neubauer A S, Gandorfer A, Thiel M, Kampik A (2003) Indocyanine green for successful repair of a long-standing macular hole. American Journal Ophthalmology 136: 389-391

Haritoglou C, Reiniger I W, Schaumberger M, Gass C A, Priglinger S G, Kampik A (2006) Five-year follow-up of macular hole surgery with peeling of the internal limiting membrane. Retina 26 (6): 618-622

Heidenkummer H P, Messmer E M, Kamoik A (1996) Vitreoretinale Rezidivmembranen bei intravitrealer Silikonöltamponade. *Ophthalmologie* 93 (2): 121-125

Herrick R C, Hayman L A, Maturi R K, Diaz-Marchan P J, Tang R A, Lambert H M (1998) Optimal Imaging Protocol after Intraocular Silicone Oil Tamponade. *American Journal Neuroradiology* 19: 101-108

Hesse L (2002) The predictive value of a classification for proliferative diabetic vitreoretinopathy. *Klinische Monatsblätter für Augenheilkunde* 219: 46-49

Hoc S (1998) Netzhautablösung – auch komplexe Befunde erfolgreich behandelbar. *Deutsches Ärzteblatt* 95 (6): A-274/B-239/C-216

Hoerauf H, Roider J, Bopp S, Lucke K, Laqua H (1995) Endotamponade mit Silikonöl bei schwerer proliferativer Retinopathie mit anliegender Netzhaut. *Ophthalmologie* 92 (5): 657-662

Huemer K-H, Garhöfer G, Zawinka C, Golestani E, Litschauer B, Schmetterer L, Dorner G T (2003) Effects of dopamine on human retinal vessel diameter and its modulation during flicker stimulation. *American Journal Physiology – Heart and Circulatory Physiology* 284: H385-H363

Jeppesen P, Gregersen P A, Bek T (2004) The age-dependent decrease in the myogenic response of retinal arterioles as studied with the Retinal Vessel Analyzer. *Graefe's Archiv for Clinical and Experimental Ophthalmology* 242: 914-919

Jeppesen P, Sanye-Hajari J, Bek T (2007) Increased blood pressure induced a diameter response of Retinal Arterioles that increases with decreasing Arteriolar diameter. *Investigative Ophthalmology and Visual Science* 48 (1): 328-331

Joussen A M, Kirchhof B, Schrage N, Ocklenburg C, Hilgers R-D (2007) Heavy silicone oil versus standard silicone oil as vitreous tamponade in inferior PVR (HSO Study) – design, issues and implications. *Acta Ophthalmology Scand* 85: 623-630

Kirchhof B, Tavakolian U, Paulmann H, Heimann K (1986) Histopathological findings in eyes after silicone oil injection. *Archiv Ophthalmology* 224: 34-37

Knaflic D, Mester U (1990) Funktionelle und anatomische Ergebnisse mit intraokularen Tamponaden in der Ablatiochirurgie. *Fortschritte der Ophthalmologie* 87 (6): 574-578

Knorr H L J, Seltsam A, Holbach L, Naumann G O H (1996) Intraokuläre Silikonöltamponade. *Ophthalmologie* 93 (2): 130-138

Kochkorov A, Gugleta K, Zawinka C, Katamay R, Flammer J, Orgul S (2006) Short-Term Retinal Vessel Diameter Variability in Relation to the History of Cold Extremities. *Investigative Ophthalmology and Visual Science* 47 (9): 4026-4033

Kotliar K E, Vilser W, Nagel E, Lanzl I (2004) Retinal vessel reaction in response to chromatic flickering light. *Graefe's Archive for Clinical and Experimental Ophthalmology* 242 (5): 377-392

Kroll P, Luttko J (1986) Funktionelle Langzeitergebnisse nach netzhautchirurgischen Eingriffen mit Silikonöl und nach dessen Entfernung. *Sitzungsbericht der 148. Versammlung des Vereins Rheinisch-Westfälischer Augenärzte*: 109-112

Kumar V, Banerjee S, Loo A V, Callear A B, Benson M T (2002) Macular hole surgery with silicone oil. *Eye Journal* 16 (2): 121-125

Kusserow C, Müller M (2008) 40 Jahre inkomplette Silikonöltamponade nach Ablatiochirurgie. *Klinische Monatsblätter für Augenheilkunde* 225 (2): 298-301

Lanzl I M, Witta B, Kotliar K, Vilser W (2000) Reaktion retinaler Gefäßdurchmesser auf 100% O₂-Atmung – funktionelle Messung mit dem RVA an 10 Probanden. *Klinische Monatsblätter für Augenheilkunde* 217 (4): 231-235

Lucke K (1993) Silikonöl in der Chirurgie komplizierter Netzhautablösungen. *Ophthalmologie* 90 (3): 215-238

Lucke K, Laqua H (1991) Visusentwicklung nach Silikonölchirurgie. Fortschritte der Ophthalmologie 88 (6): 603-607

Lucke K, Strobel B, Foerster M, Laqua H (1990) Sekundärglaukome nach Silikonölchirurgie. Klinische Monatsblätter für Augenheilkunde 196: 205-209

Mandecka A, Dawczynski J, Blum M, Müller N, Kloos C, Wolf G, Vilser W, Hoyer H, Müller U A (2007) Influence of Flickering Light on the Retinal Vessels in Diabetic Patients. Diabetes Care 30 (12): 3048-3052

Nagel E, Münch K, Vilser W (2001-1) Durchmesserbestimmung von Netzhautgefäßabschnitten in digitalen Fundusfotografien – eine klinische Studie zur Methodik und Reproduzierbarkeit. Klinische Monatsblätter für Augenheilkunde 218 (9): 616-620

Nagel E, Vilser W (2004-3) Autoregulative behavior of retinal arteries and veins during changes of perfusion pressure – a clinical study. Graefe's Archive for Clinical and Experimental Ophthalmology 242 (1):13-17

Nagel E, Vilser W (2004-1) Flicker observation light induces diameter response in retinal arterioles – a clinical methodological study. British Journal Ophthalmology 88 (1): 54-56

Nagel E, Vilser D, Fuhrmann G, Vilser W, Lang G E (2000) Dilatation großer Netzhautgefäße nach Intraokularer Drucksteigerung. Ophthalmologie 97 (11): 742-747

Nagel E, Vilser W, Fink A, Riemer T (2006-1) Varianz der Netzhautgefäßreaktion auf Flickerlicht – eine klinisch methodische Studie. Ophthalmologie 103 (2): 114-119

Nagel E, Vilser W, Fink A, Riemer T, Lanzl I (2006-2) Blood pressure effects on retinal vessel diameter and flicker response – a 1,5 year follow up. European Journal Ophthalmology 16 (4): 560-565

Nagel E, Vilser W, Lanzl I (2004-2) Age, Blood Pressure and Vessel Diameter as Factors Influencing the Arterial Retinal Flicker Response. *Investigative Ophthalmology and Visual Science* 45: 1486-1492

Nagel E, Vilser W, Lanzl I (2001-2) Retinal vessel reaction to short-term IOP elevation in ocular hypertensive and glaucoma patients. *European Journal Ophthalmology* 11 (4):338-344

Nagel E, Vilser W, Lanzl I (2005) Vergleich der Durchmesserreaktion retinaler Arterien und Venen auf Flickerlicht – eine klinische Studie an Gesunden. *Ophthalmologie* 102 (8): 787-793

Oehmer S, Harazny J, Delles C, Schwarz T, Handrock R, Michelson G, Schmieder R E (2006) Valsartan and retinal endothelial function in elderly hypertensive patients. *Blood Pressure* 15 (3): 185-191

Pache M, Nagel E, Flammer J (2002) Reproduzierbarkeit der Messungen mit dem Retinal Vessel Analyzer unter Optimalbedingungen. *Klinische Monatsblätter für Augenheilkunde* 219 (7): 523-527

Palmowski-Wolfe A, Vilser W, Laack U, Müller D, Ruprecht K W (2005) Retinal perfusion response to a slow multifocal M-Sequence Flicker Stimulation. *Ophthalmic Research* 37 (5): 250-254

Polak K, Schmetterer L, Riva C E (2002) Influence of Flicker Frequency on Flicker-Induced Changes of Retinal Vessel Diameter. *Investigative Ophthalmology and Visual Science* 43: 2721-2726

Ramrattan R S, van der Schaft T L, Mooy C M, de Bruijn W C, Mulder P G, de Jong P T (1994) Morphometric analysis of Bruch's membrane, the choriocapillaris and the choroid in aging. *Investigative Ophthalmology and Visual Science* 35: 2857-2864

Ravalico G, Toffoli G, Pastori G, Croce` M, Calderini S (1996) Age-related ocular blood flow changes. *Investigative Ophthalmology and Visual Science* 37: 2645-2650

Riva CE, Sinclair SH, Grunwald JE (1977) Autoregulation of retinal circulation in response to decrease of perfusion pressure. *Investigative Ophthalmology and Visual Science* 21: 34-38

Roider J (2001) Glaskörper Ersatzsubstanzen – Silikonöl und Perfluorcarbonflüssigkeiten. Bericht über den 193. Freiburger Augenärzteabend am 02.02.2001

Sachsenweger M, Burggraf H, Klauß V, Nasemann J (1994) *Lehrbuch der Augenheilkunde*. 1. Auflage. Stuttgart: MLP-Verlag/Duale Reihe

Skorpik C, Gnad H D, Menapace R, Paroussis P (1987) Erste Erfahrungen mit primärer Silikonölfüllung des Glaskörperaumes bei komplizierten Augenverletzungen. *Klinische Monatsblätter für Augenheilkunde* 191 (2): 113-115

Stefansson E (2001) The therapeutic effects of retinal laser treatment and vitrectomy – a theory based on oxygen and vascular physiology. *Acta Ophthalmology Scand* 79: 435-440

Stoffelns B, Pfeiffer N (1997) Akute Retinalnekrose – Silikonölendotamponade bei Netzhautablösungen. *Ophthalmologie* 94: 568-572

Uva M G, Ott J P, Panta G, Randazzo D A, Reibaldi A (1994) Bestimmung der Lichtunterschiedsempfindlichkeit bei Patienten mit Silikonölfüllung. *Ophthalmologie* 91 (3): 373-376

Vilser W, Klein S, Wulff P, Siegel C, Fuchs G (1991) Automatische Messung retinaler Gefäßdurchmesser. *Fortschritte der Ophthalmologie* 88 (5): 482-486

Vilser W, Lang G M (2000) Gefäßanalyse mit dem Retinal Vessel Analyzer (RVA). *Online Journals of Ophthalmology* (<http://www.onjoph.com>): 1-23

Vilser W, Nagel E, Lanzl I (2002) Retinal Vessel Analysis – new possibilities. *Biomed Technology* 47: 682-685

Abbildungsverzeichnis

- Abb.1 Dynamic Vessel Analyzer (Firma IMEDOS Jena)
- Abb.2 Aufbau des Dynamic Vessel Analyzers (DVA) Vilser W, Lang G M (2000) Gefäßanalyse mit dem Retinal Vessel Analyzer (RVA). Online Journals of Ophthalmology (<http://www.onjoph.com>): 1-23, Abb.2
- Abb.3 Altersverteilung der untersuchten Patienten
- Abb.4 Häufigkeitsverteilung der Indikationen zur Operation aller 55 untersuchten Patienten
- Abb.5 Häufigkeitsverteilung der Indikationen zur Operation der 40 ausgewerteten Patienten
- Abb.6 Nebenerkrankungen der ausgewerteten Patienten
- Abb.7 Häufigkeitsverteilung des Visus ohne Silikonöl-Tamponade
- Abb.8 Häufigkeitsverteilung des Visus mit Silikonöl-Tamponade
- Abb.9 Häufigkeitsverteilung des Augeninnendrucks ohne Silikonöl-Tamponade
- Abb.10 Häufigkeitsverteilung des Augeninnendrucks mit Silikonöl-Tamponade
- Abb.11 Häufigkeitsverteilung der Voroperationen
- Abb.12 Fundusbild mit markierten Gefäßabschnitten (rot = arterieller Gefäßabschnitt, blau = venöser Gefäßabschnitt)
- Abb.13 Originalmesskurve einer Patientenuntersuchung mit dem DVA
- Abb.14 Arterielle Ausgangswerte ohne und mit Silikonöl-Tamponade
- Abb.15 Differenzwerte zwischen arteriellen Ausgangswerten ohne und mit Silikonöl-Tamponade
- Abb.16 Arterielle Dilatationswerte ohne und mit Silikonöl-Tamponade
- Abb.17 Differenzwerte zwischen arteriellen Dilatationswerten ohne und mit Silikonöl-Tamponade
- Abb.18 Arterielle Konstriktionswerte ohne und mit Silikonöl-Tamponade
- Abb.19 Differenzwerte zwischen arteriellen Konstriktionswerten ohne und mit Silikonöl-Tamponade
- Abb.20 Venöse Ausgangswerte ohne und mit Silikonöl-Tamponade
- Abb.21 Differenzwerte zwischen venösen Ausgangswerten ohne und mit Silikonöl-Tamponade
- Abb.22 Venöse Dilatationswerte ohne und mit Silikonöl-Tamponade

- Abb.23 Differenzwerte zwischen venösen Dilatationswerten ohne und mit Silikonöl-Tamponade
- Abb.24 Arterielle Ausgangswerte ohne und mit Silikonöl-Tamponade bei Männern und Frauen
- Abb.25 Arterielle Dilatationswerte ohne und mit Silikonöl-Tamponade bei Männern und Frauen
- Abb.26 Arterielle Konstriktionswerte ohne und mit Silikonöl-Tamponade bei Männern und Frauen
- Abb.27 Venöse Ausgangswerte ohne und mit Silikonöl-Tamponade bei Männern und Frauen
- Abb.28 Venöse Dilatationswerte ohne und mit Silikonöl-Tamponade bei Männern und Frauen
- Abb.29 Arterielle Ausgangswerte ohne und mit Silikonöl-Tamponade bei verschiedenen Operationsindikationen
- Abb.30 Arterielle Dilatationswerte ohne und mit Silikonöl-Tamponade bei verschiedenen Operationsindikationen
- Abb.31 Arterielle Konstriktionswerte ohne und mit Silikonöl-Tamponade bei verschiedenen Operationsindikationen
- Abb.32 Venöse Ausgangswerte ohne und mit Silikonöl-Tamponade bei verschiedenen Operationsindikationen
- Abb.33 Venöse Dilatationswerte ohne und mit Silikonöl-Tamponade bei verschiedenen Operationsindikationen
- Abb.34 Arterielle Ausgangswerte ohne und mit Silikonöl-Tamponade in Abhängigkeit vom Alter
- Abb.35 Arterielle Dilatationswerte ohne und mit Silikonöl-Tamponade in Abhängigkeit vom Alter
- Abb.36 Arterielle Konstriktionswerte ohne und mit Silikonöl-Tamponade in Abhängigkeit vom Alter
- Abb.37 Venöse Ausgangswerte ohne und mit Silikonöl-Tamponade in Abhängigkeit vom Alter
- Abb.38 Venöse Dilatationswerte ohne und mit Silikonöl-Tamponade in Abhängigkeit vom Alter
- Abb.39 Arterielle Ausgangswerte ohne und mit Silikonöl-Tamponade in Abhängigkeit vom Diabetes mellitus

- Abb.40 Arterielle Dilatationswerte ohne und mit Silikonöl-Tamponade in Abhängigkeit vom Diabetes mellitus
- Abb.41 Arterielle Konstriktionswerte ohne und mit Silikonöl-Tamponade in Abhängigkeit vom Diabetes mellitus
- Abb.42 Venöse Ausgangswerte ohne und mit Silikonöl-Tamponade in Abhängigkeit vom Diabetes mellitus
- Abb.43 Venöse Dilatationswerte ohne und mit Silikonöl-Tamponade in Abhängigkeit vom Diabetes mellitus
- Abb.44 Arterielle Ausgangswerte ohne und mit Silikonöl-Tamponade in Abhängigkeit von der Linse
- Abb.45 Arterielle Dilatationswerte ohne und mit Silikonöl-Tamponade in Abhängigkeit von der Linse
- Abb.46 Arterielle Konstriktionswerte ohne und mit Silikonöl-Tamponade in Abhängigkeit von der Linse
- Abb.47 Venöse Ausgangswerte ohne und mit Silikonöl-Tamponade in Abhängigkeit von der Linse
- Abb.48 Venöse Dilatationswerte ohne und mit Silikonöl-Tamponade in Abhängigkeit von der Linse

Ehrenwörtliche Erklärung

Hiermit erkläre ich, dass

mir die Promotionsordnung der Medizinischen Fakultät der Friedrich-Schiller-Universität bekannt ist,

ich die Dissertation selbst angefertigt habe und alle von mir benutzten Hilfsmittel, persönlichen Mitteilungen und Quellen in meiner Arbeit angegeben sind,

mich folgende Personen bei der Auswahl und Auswertung des Materials sowie bei der Herstellung des Manuskripts unterstützt haben: Herr PD OA Dr. med. J. Dawczynski

die Hilfe eines Promotionsberaters nicht in Anspruch genommen wurde und dass Dritte weder unmittelbar noch mittelbar geldwerte Leistungen von mir für Arbeiten erhalten haben, die im Zusammenhang mit dem Inhalt der vorgelegten Dissertation stehen,

dass ich die Dissertation noch nicht als Prüfungsarbeit für eine staatliche oder andere wissenschaftliche Prüfung eingereicht habe und

dass ich die gleiche, eine in wesentlichen Teilen ähnliche oder eine andere Abhandlung nicht bei einer anderen Hochschule als Dissertation eingereicht habe.

Jena, den 24. November 2008

Friederike Fröber

Danksagung

Mein besonderer Dank gilt meinem Doktorvater Herrn PD OA Dr. med. habil. J. Dawczynski, der diese Arbeit jederzeit tatkräftig unterstützte und mich immerzu freundlich und hilfsbereit betreute.

Mein größter Dank richtet sich an meine Eltern, die mich stets unterstützend auf meinem Lebensweg begleiten.

Lebenslauf

Name: Fröber
Vorname: Friederike
Geburtsdatum: 20. April 1985
Geburtsort: Weimar
Anschrift: Burgweg 34
07749 Jena
Tel.: 03641/447957
Familienstand: ledig
Nationalität: deutsch

Schulbildung:

Grundschule 09/1991 bis 06/1995
Gymnasium 09/1995 bis 06/2003
Abitur 06/2003

Studium der Humanmedizin:

10/2003 bis 08/2008 Friedrich-Schiller-Universität Jena
08/2008 bis 07/2009 Praktisches Jahr

Jena, 24. November 2008

Friederike Fröber