

# **Präoperative Diagnostik und operative Behandlung der erworbenen Trochlearisparese**

**Inaugural-Dissertation**

**zur Erlangung des Grades eines Doktors der Medizin des Fachbereichs Medizin  
der Justus-Liebig-Universität Gießen**

**vorgelegt von Walter Johannes Weihs  
aus Soest**

**Gießen, 2009**

**Aus der Klinik und Poliklinik für Augenheilkunde  
des Universitätsklinikums Giessen und Marburg GmbH, Standort Giessen**

**Direktor / Leiter: Prof. Dr. med. Birgit Lorenz**

**Gutachter: Prof. Dr. med. M. Gräf**

**Gutachter: PD Dr. med. W. Hütz**

**Tag der Disputation: 04.02.2010**

# Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Einleitung</b> .....	4
1.1	Nervus trochlearis.....	4
1.2	Trochlearisparese.....	4
1.2.1	Häufigkeit der Trochlearisparese.....	5
1.2.2	Befunde bei Trochlearisparese.....	6
1.2.3	Behandlung der Trochlearisparese.....	11
1.3	Binokularsehen.....	11
1.3.1	Simultansehen.....	11
1.3.2	Fusion.....	12
1.3.3	Stereopsis.....	12
1.3.4	Fusionsblickfeld, Gebrauchsblickfeld.....	13
1.4	Adaptive Schielwinkeländerungen bei länger bestehender Trochlearisparese.....	13
1.5	Diagnostische Okklusion.....	14
1.6	Fragestellung.....	15
<b>2</b>	<b>Patienten und Methoden</b> .....	16
2.1	Akquirierung der Patienten.....	16
2.2	Statistik.....	17
2.3	Schielwinkelmessung.....	18
2.3.1	Subjektive Schielwinkelmessung.....	18
2.3.2	Objektive Schielwinkelmessung.....	21
2.4	Bestimmung des Visus.....	21
2.5	Prüfung des Binokularsehens.....	21
2.5.1	Lichtschweiftest nach Bagolini.....	22
2.5.2	Stereotests.....	23
2.5.3	Messung des Fusionsblickfeldes.....	23
2.5.4	Minderung der Erwerbsfähigkeit (MdE) und Minderung der Gebrauchsfähigkeit (MdG) bei Diplopie.....	24
2.6	Operationsverfahren.....	26

2.6.1	Faltung des M. obliquus superior.....	27
2.6.2	Rücklagerung des M. obliquus inferior.....	29
2.6.3	Kombinierte Operation: Faltung des M. obliquus superior und Rücklagerung des M. obliquus inferior.....	29
2.7	Postoperatives Vorgehen.....	30
<b>3</b>	<b>Ergebnisse.....</b>	<b>31</b>
3.1	Demographische Daten der Gesamtgruppe.....	31
3.2	Ursache und Dauer der Paresen.....	31
3.3	Operationen und Dosierung.....	31
3.4	Daten in der Übersicht.....	32
3.5	Visus.....	32
3.6	Binokularsehen.....	32
3.7	Schielwinkel Gesamtgruppe.....	33
3.8	Schielwinkel vor und nach diagnostischer Okklusion.....	34
3.9	Effekte der unterschiedlichen Operationsmethoden an den Mm. obliqui.....	36
3.9.1	Schielwinkel 1 Woche postoperativ.....	37
3.9.2	Schielwinkel 3 Monate postoperativ.....	39
3.9.3	Reduktion der Schielwinkel im Vergleich.....	41
3.10	Restschielwinkel im Vergleich.....	42
3.10.1	Rücklagerung des M. obliquus inferior (OIR) – Kombination aus Rücklagerung M. obliquus inferior und Faltung M. obliquus superior (KOP).....	42
3.10.2	Faltung des M. obliquus superior (OSF) – Rücklagerung des M. obliquus inferior (OIR).....	43
3.10.3	Faltung des M. obliquus superior (OSF) – Kombination aus Rücklagerung M. obliquus inferior und Faltung M. obliquus superior (KOP).....	44
3.11	Individuelle Verläufe mehrfach operierter Patienten.....	45
3.12	Fusionsblickfeld im Vergleich: Präoperativ - 3 Monate postoperativ.....	48

<b>4</b>	<b>Diskussion</b> .....	51
4.1	Trochlearisparese.....	51
4.2	Differentialdiagnose dekompensierender Strabismus sursoadductorius.....	52
4.3	Effekt der diagnostischen Okklusion bei erworbener Trochlearisparese.....	53
4.4	Kopfneigephänomen.....	55
4.5	Operative Behandlung der erworbenen Trochlearisparese.....	58
<b>5</b>	<b>Zusammenfassung</b> .....	62
<b>6</b>	<b>Literatur</b> .....	64
<b>7</b>	<b>Anhang</b> .....	74
<b>8</b>	<b>Publikationen</b> .....	84
<b>9</b>	<b>Erklärung</b> .....	85
<b>10</b>	<b>Lebenslauf</b> .....	86

## **Danksagung**

# **1 Einleitung**

Die Trochlearisparese wird oft erst spät erkannt, weil sie äußerlich recht unauffällig erscheint oder ihre Symptomatik durch strabologisch-neuroophthalmologisch unerfahrene Untersucher falsch interpretiert wird. Besonders eine symmetrische beidseitige Trochlearisparese wird sehr häufig übersehen. Nicht wenige Patienten gelangen erst mit erheblicher Verzögerung und nach inadäquater Diagnostik in fachkundige Hände, so dass die Therapie unnötig spät einsetzt.

## **1.1 Nervus trochlearis**

Der N. trochlearis (N. IV) entspringt als dünnster der zwölf Hirnnerven einem paarig angelegten Ursprungskern in Höhe der Colliculi inferiores im Tegmentum des Mittelhirns. Nach Austritt aus dem Ncl. n. trochlearis kreuzt er unterhalb der Vierhügelplatte als einziger Hirnnerv vollständig zur Gegenseite. In seinem weiteren Verlauf gelangt er lateral der Hirnschenkel und oberhalb der Pons nach ventral, wo er durch den Subarachnoidalraum zieht und am vorderen Ende des Tentorium cerebelli in die Dura eintritt. In der Seitenwand des Sinus cavernosus setzt er seinen Weg nach ventral fort und tritt zusammen mit dem N. ophthalmicus, dem N. oculomotorius und dem N. abducens durch die Fissura orbitalis superior in die Augenhöhle. Er verläuft dann oberhalb des Anulus tendineus und versorgt als rein somatomotorischer Nerv nur einen einzigen Augenmuskel, den M. obliquus superior (Laine 1996, Eisenkraft und Ortiz 2001, Trepel 2004).

## **1.2 Trochlearisparese**

Der N. trochlearis kann in seinem Verlauf zur Orbita durch Schädel-Hirn-Traumen, Tumore, entzündliche Prozesse und Insulte, sowohl hämorrhagischer als auch ischämischer Genese, Schaden nehmen (Rush und Younge 1981, Mollan et al. 2008). Beim Ausfall des vierten Hirnnervs kommt es zu einer Trochlearisparese mit Einschränkung der vom M. obliquus superior bewirkten Augenbewegungen Inzyklorotation und Senkung. Der Ausfall der über

den hinteren Sehnenanteil vermittelten abduktorischen Komponente kommt vor allem bei der beidseitigen Trochlearisparese in Form einer V-Inkomitanz zum Tragen (Gräf et al. 2005). Da die übrigen Augenmuskeln im Rahmen der eingespielten Synkinesie der Blickbewegungen zunächst unverändert innerviert werden, ist das Kräfteverhältnis der Augenmuskeln am betroffenen im Vergleich zum nicht betroffenen Auge nicht mehr im Gleichgewicht. Es kommt zu dem für eine Trochlearisparese typischen Schielwinkelmuster. Eine isolierte Trochlearisparese ist in der Regel traumatisch oder ischämisch bedingt (Brazis 1993). Der Beginn der Diplopie ist dann plötzlich.

### **1.2.1 Häufigkeit der Trochlearisparese**

Die Angaben zur Häufigkeit der Trochlearisparese variieren in der Literatur stark. Von 1000 erworbenen Paresen gab Rucker (1966) für die Häufigkeit von Vertikaldeviationen bei Oculomotorius- und Trochlearisparenen zusammen einen Anteil von 58 % an. Nur 18 % entfielen auf alleinige Trochlearisparenen. Bei Adelstein und Cüppers (1964) entfielen 36 % der Eingriffe an den Vertikalmotoren auf die Behandlung der Trochlearisparese. Kolling (1986) zählte in drei Jahren von 1982 bis 1984 in der Universitäts-Augenklinik für Schielbehandlung und Neuroophthalmologie Giessen 4500 operierte Augenmuskeln. Von diesen Muskeln waren 36 % Vertikalmotoren, davon 88 % Mm. obliqui. In diesen Raten flossen die Behandlung des in der angelsächsischen Literatur als congenital superior oblique palsy bezeichneten dekompensierenden Strabismus sursoadductorius, des Strabismus sursoadductorius im Rahmen horizontaler Schielformen, des dekompensierenden Strabismus deorsoadductorius, des Strabismus deorsoadductorius im Rahmen horizontaler Schielformen, anderer, seltenerer Formen des Schrägschielens und schließlich auch der erworbenen Trochlearisparese ein. Kaufmann (1993) fand im eigenen operativen Krankengut bei einer Aufschlüsselung nach der Ursache des erworbenen Lähmungsschielens 26 % Okulomotoriusparenen, 30 % Trochlearisparenen, 28 % Abduzensparenen und, differenzierend zur erworbenen Abduzensparese, 16 % Retraktionssyndrome nach Stilling, Türk und Duane.

### 1.2.2 Befunde bei Trochlearisparese

Die Parese des M. obliquus superior ruft bei Geradeausblick einen Höherstand des betroffenen Auges hervor, der initial sehr gering sein kann und eventuell nur im wechselseitigen Abdecktest auffällt. Beim Abblick und beim Blick zur gesunden Seite kommt es zu einer größeren Vertikaldeviation, deren Ausmaß im adduktorischen Abblick am größten ist und im adduktorischen Aufblick abnimmt (Kolling 1986). Zusätzlich kommt es, von außen nicht sichtbar, aber für den Patienten besonders störend, durch die fehlende einwärtsrollende Wirkung des M. obliquus superior zu einer Exzyklotropie, die ebenfalls schon in Primärposition vorhanden ist. Das Auge ist um die Sehachse nach auswärts gerollt. Beim Blick zur betroffenen Seite und nach unten nimmt die Auswärtsverrollung zu, ebenso bei Neigung des Kopfes zur betroffenen Seite (Kolling 1986, Kommerell 2004, Gräf et al. 2005). Bei ipsilateraler (ipsilateral bezeichnet im Folgenden die Seite der Parese, kontralateral die andere Seite) Neigung des Kopfes nimmt auch der Höherstand zu, wohingegen er, ebenso wie die Auswärtsverrollung, bei Kopfneigung zur Gegenseite abnimmt. Der Patient bevorzugt deshalb eine Kopfneigung zur Gegenseite der Parese (Nagel 1871, Hofmann und Bielschowsky 1900). Diese, als Kopfneigephänomen nach Bielschowsky bekannt gewordene Abhängigkeit des Höhenschielens von der seitlichen Kopfneigung ist charakteristisch für die Trochlearisparese. Das Kopfneigephänomen kommt jedoch auch bei anderen Vertikal- und Zyklovertikaldeviationen vor, ist also nicht spezifisch für die Trochlearisparese (Gräf 2004). Durch die genannten Störungen der Augenstellung entstehen höhenversetzte und verkippte Doppelbilder, die nur in bestimmten Blickrichtungen durch eine Kopfzwangshaltung, eine Kombination von beiden oder, bei fehlender Fähigkeit zur Kompensation der in der günstigsten Kopfhaltung und Blickrichtung noch bestehenden Schielwinkel, nur durch das Schließen eines Auges vermieden werden können.

Bei Neigung des Kopfes zur Schulter findet normalerweise, unter dem Einfluss der Schwerkraft und der visuellen Wahrnehmung, eine Gegenrollung der Augen statt. Die auch beim Menschen noch deutlich ausgeprägte dynamische Komponente der Gegenrollung wird im Wesentlichen über die hinteren Bogengänge ausgelöst und entspricht einem vestibulären Nystagmus um die Gesichtslinie. Sie wird durch ruckartige Drehungen in die Gegenrichtung weitgehend annulliert. Die am Ende der Neigebewegung in der letztlich erreichten Neigung verbleibende Gegenrollung wird als statische okuläre Gegenrollung bezeichnet. Sie macht beim Menschen ca. 10-15 % der Kopfneigung aus (Averbuch-Heller et al. 1997, Colewijn et al. 1985, Leigh und Zee 1999, Nagel 1871, Simonsz 1985, Simonsz et al. 1985) und ist als



entwicklungsgeschichtliches Relikt im Hinblick auf korrespondierendes Binokularsehen in der Nähe mehr störend als hilfreich, weshalb sie bei Konvergenz supprimiert wird (Jampel und Shi 2002, Kushner 2004). Durch die Afferenzen aus den Sacculi und Utriculi der Gleichgewichtsorgane kommt es bei Kopfneigung über den Otolithenreflex zu einer verstärkten Innervation der ipsilateralen Einwärtsroller (M. obliquus superior, M. rectus superior) und der kontralateralen Auswärtsroller (M. obliquus inferior und M. rectus inferior) mit Hemmung der jeweiligen Antagonisten. Die Mm. recti wirken dabei weniger zyklorotorisch, ihre Koinnervation gleicht den Vertikaleffekt der Mm. obliqui aus (Nagel 1871, Hofmann und Bielschowsky 1900, Gräf et al. 2005).

Fällt der M. obliquus superior auf einer Seite akut aus, so fehlt seine einwärtsrollende und senkende Kraft bei gleichbleibender synkinetischer Innervation der restlichen Augenmuskeln. Das Kopfneigephänomen nach Bielschowsky äußert sich in Folge des Ungleichgewichts der angreifenden Drehmomente mit einer zunehmenden Auswärtsverrollung und einem zunehmenden Höherstand des betroffenen Auges bei ipsilateraler Kopfneigung (Bielschowsky 1939, Kommerell 1985, Robinson 1985, Kolling 1986, Kommerell 2004). Bei kontralateraler Kopfneigung sind Exzyklotropie und Vertikaldeviation weniger stark ausgeprägt, da der paretische M. obliquus superior im Rahmen der Synkinesie ohnehin gehemmt wird (**Abb. 1**).



**Abbildung 1:** Kopfneigephänomen bei alter Trochlearisparese rechts. Im Geradeausblick Höherstand des rechten Auges, Zunahme des Höherstandes bei Kopfneigung zur Seite der Schädigung, Abnahme und Kompensation der residuellen Abweichung bei kontralateraler Kopfneigung.

Die Folge dieses Kopfneigephänomens ist oft eine typische Kopfwangshaltung (**Abb. 2**), die dazu dient, zumindest in einem eingeschränkten Blickbereich, normales Binokularsehen zu ermöglichen (Kommerell 1974, Rießmann et al. 2004). Anstatt den ganzen Körper zu drehen oder zu neigen, was mitunter gar nicht möglich wäre, wird nur der Kopf so gehalten, dass für

den Blick nach vorn die Blickrichtung genutzt wird, in der die Schielwinkel am geringsten sind. Als vorn wird durch die somatotope Repräsentation der räumlichen Lagebeziehungen diejenige Richtung empfunden, die auf den ganzen Körper bezogen vorne ist, also bei einer Kopfdrehung nicht diejenige Richtung, in welche der Kopf oder die Nase weist. Der Kopf wird immer in die Richtung bewegt, in die der paretische Augenmuskel das Auge bewegen soll (Kaufmann 1995).



**Abbildung 2:** Typische Kopfzwangshaltung bei einer älteren rechtsseitigen Trochlearisparese. Es wird eine Linksdrehung und (hier nur noch dezente) Linksneigung eingenommen, um Diplopie und Konfusion zu vermeiden und normales Binokularsehen zu ermöglichen. Bei einer frischen Trochlearisparese steht in der Regel die Kopfnneigung im Vordergrund.

Die typische Kopfzwangshaltung einer einseitigen Trochlearisparese ist daher eine Kopfnneigung zur Gegenseite, wobei der betroffene M. obliquus superior im Rahmen der okulären Gegenrollung am wenigsten innerviert ist. Außerdem bevorzugt der Patient, wegen der geringeren Vertikaldeviation bei Abduktion des betroffenen Auges, eine kontralaterale Drehung des Kopfes. Die Kopfnneigung ist weniger regelmäßig und weniger deutlich, aber logisch nachvollziehbar, da der M. obliquus superior im Aufblick down-reguliert wird.

In **Abb. 3** ist der durch eine Trochlearisparese entstehende Seheindruck dargestellt. Beim Blick geradeaus und besonders bei vielen alltäglichen Verrichtungen mit Blick nach unten, wie Lesen, Schreibtischarbeiten, Essen, Handarbeiten und beim Blick durch die unten befindliche Nahzone einer Mehrstärkenbrille wirkt sich die Trochlearisparese sehr störend aus. Beim Laufen - geraden Kopfes erfordert der Blick 1,5 bis 2 m nach vorn auf den Boden eine Blicksenkung von ca.  $45^\circ$  - und besonders beim Treppensteigen birgt dies eine Unfallgefahr. Die Schielwinkel können dann auch durch eine Kopfzwangshaltung nicht mehr kompensiert werden. Dies schlägt sich bei der gutachtlichen Bewertung von Binokularstörungen relativ stark nieder (Krzizok 2004). Besteht bei gerader Kopfhaltung

schon im Geradeausblick störende Doppelbildwahrnehmung, die das Abdecken eines Auges erfordert, so wird die Minderung der Erwerbsfähigkeit bzw. die Invalidität mit 30 % gewertet, wie der Verlust eines Auges mit kosmetischer Auffälligkeit.



**Abbildung 3:** Simulierter Seheindruck eines Patienten mit Trochlearisparese beim Abblick.

### **1.2.3 Behandlung der Trochlearisparese**

Maßgebend für die Einleitung einer Therapie sind die Störung durch die Diplopie und die zur Aufrechterhaltung des Binokularsehens erforderliche Kopfzwangshaltung. Dabei sind besonders Anforderungen in Beruf und orthopädische sowie ästhetische Aspekte der Kopfzwangshaltung zu berücksichtigen (Wieser 1982, Kaufmann 2004, Dinu et al. 2007). Wegen der meist geringen Effizienz konservativer Behandlungen, wie orthoptischer Übungen zur Vergrößerung der Fusionsbreite oder eines Prismenausgleichs des Höhenschielens, der aufgrund der Inkomitanz der Vertikaldeviation und des fehlenden Ausgleichs der Zyklotropie nur selten als angenehm empfunden wird, steht die operative Therapie im Vordergrund (Staubach und Lagrèze 2007). Insbesondere zur Reduktion der Zyklotropie ist die Operation meist die einzig sinnvolle Therapie. Dabei wird versucht, über eine Veränderung des Ansatzpunktes bzw. der Sehnenlänge des M. obliquus superior, des M. obliquus inferior oder beider Muskeln, eine günstigere Stellung des Auges in Relation zum anderen Auge und eine dem Schielwinkelmuster in den unterschiedlichen Blickwinkelrichtungen entsprechende Änderung der Kraftübertragung beider Muskeln zu erreichen.

## **1.3 Binokularsehen**

Das Binokularsehen wird üblicherweise in drei Stufen, Simultansehen, Fusion und Stereopsis klassifiziert.

### **1.3.1 Simultansehen**

Unter Simultansehen versteht man die Fähigkeit, die Bilder der linken und rechten Netzhaut gleichzeitig wahrzunehmen. Der Begriff Simultansehen schließt also unter anderem die korrespondenzlosen Formen des Binokularsehens, nämlich das Panoramasehen und das Mosaiksehen, ein. Korrespondenzloses Simultansehen, welches Tiere mit lateralen Gesichtslinien, wie Fische oder viele Amphibien praktizieren, kommt beim Menschen vor allem im Rahmen der intermittierenden Exotropie vor. Seine Verwechslung mit anomalem korrespondierendem Binokularsehen kann zu Missverständnissen führen (Kretzschmar et al.

2007, Kretzschmar 2008). Angaben bei der subjektiven Schielwinkelmessung, beispielsweise vor und nach einer Augenmuskeloperation, werden bei unkritischer Betrachtungsweise als Korrespondenzwandel fehlinterpretiert (Lang 1982).

### **1.3.2 Fusion**

Unter Fusion versteht man die Fähigkeit des okulomotorischen und sensorischen Systems, sowohl die Augenstellung so zu steuern, dass eine fast kongruente Lage der Netzhautbilder beider Augen auf abbildungsgleichen (korrespondierenden) Netzhautstellen resultiert (motorische Fusion durch fusionale Vergenz), als auch die in dieser Augenstellung nahezu identischen, nur noch gering disparaten, visuellen Informationen beider Augen zu einem einzigen Bild zu vereinen (sensorische Fusion). Erst die nahezu kongruente Lage der Netzhautbilder ermöglicht sensorische Fusion, da nur Netzhautstellen mit gleichem Richtungswert korrespondieren können (Lang 1995, Herzau 1995, Rießmann et al. 2004).

### **1.3.3 Stereopsis**

Ohne Fusion ist das für Menschen normale korrespondierende binokulare Einfachsehen nicht möglich. Durch die Fehlstellung eines Auges im Rahmen eines erworbenen Strabismus, zum Beispiel durch eine Trochlearisparese, werden korrespondierende Netzhautareale von unterschiedlichen Sehobjekten gereizt. Es kommt zum Verlust der Fusion und zur Diplopie - das Bild desselben Objekts wird doppelt wahrgenommen - und Konfusion - in derselben Richtung werden, im binokularen Wettstreit konkurrierend, die Bilder unterschiedlicher Objekte wahrgenommen (Cashell und Durran 1969). Eine Anpassung an kleine im frühen Kindesalter aufgetretene oder primär vorhandene Schielwinkel im Bereich bis ca.  $10^\circ$  kann in Form des Mikrostrabismus (Lang 1982, Lang 1995, Kretzschmar et al. 2007, Rost et al. 2006) erfolgen. Das Netzhautzentrum des führenden Auges korrespondiert dann mit einem mehr oder weniger exzentrischen Netzhautort des anderen Auges. Die Korrespondenzverhältnisse der übrigen Netzhaut sind entsprechend (meist nur horizontal, selten vertikal) verschoben (Lang 1982). Das anatomische Korrelat dieser anomalen Korrespondenz bilden neuronale Querverschaltungen zwischen unterschiedlichen Gesichtsfeldorten bzw. deren Repräsentation

im visuellen Kortex (Kretzschmar et al. 2007). Im Rahmen dieser anomalen Korrespondenz ist jedoch keine vollwertige Stereopsis möglich.

Die Punkte der Außenwelt, welche bei einer bestimmten Konvergenzstellung der Augen auf korrespondierenden Netzhautstellen abgebildet werden, bilden als etwas gebogene Fläche den so genannten Horopter. Punkte, die weit vor oder hinter dieser Fläche liegen, werden doppelt wahrgenommen (physiologische Diplopie). In einem, dem Panum-Areal entsprechenden, Bereich vor und hinter dem Horopter besteht die Fähigkeit, die, durch die Betrachtung aus der um den Betrag der Interpupillardistanz unterschiedlichen Richtung gering disparaten, Bilder der linken und rechten Retina unter der Wahrnehmung räumlicher Tiefe zu verschmelzen.

#### **1.3.4 Fusionsblickfeld, Gebrauchsblickfeld**

Das Fusionsblickfeld ist der Blickbereich, in dem normales Binokularsehen durch Fusion stattfindet (Feld des binokularen Einfachsehens). Normalerweise wird es nicht ausgenutzt, im Alltag wird meist nur das so genannte Gebrauchsblickfeld in Anspruch genommen, welches seitliche Blickwendungen von ca.  $20^\circ$ , eine Blickhebung von ca.  $10^\circ$  und eine Blicksenkung von ca.  $30^\circ$  enthält (Kaufmann et al. 2004). Eine stärkere Blicksenkung ist jedoch häufig beim Lesen, Treppensteigen und Laufen in unwegsamem Gelände erforderlich, eine stärkere Blickhebung bei Überkopfarbeiten.

#### **1.4 Adaptive Schielwinkeländerungen bei länger bestehender Trochlearispese**

Bei älteren Trochlearispesen kann die Vertikaldeviation im unteren Blickfeldbereich zunehmen und bei horizontalen Blickbewegungen weniger inkomitant werden als bei einer frischen Pese, besonders dann, wenn auch eine Kopfwangshaltung vorhanden ist (Kolling 1986). Zusätzlich fällt das Kopfneigephänomen deutlicher aus, mit einer Differenz der Vertikaldeviation zwischen  $45^\circ$  Links- und Rechtsneigung des Kopfes bis über zwölf Grad. Die Zyklotropie nimmt auch im oberen Blickfeldbereich etwas zu, und die Inkomitanz der Zyklotropie zwischen Ab- und Aufblick nimmt ab. Kürzlich wurde an Patienten mit dekompensierendem Strabismus sursoadductorius, der konnatalen Form der Obliquus superior-Schwäche, gezeigt, dass „atypische“ Formen unter diagnostischer Okklusion in die

(spontan seltener) „typische“ Form, mit stärkerer Inkomitanz, übergehen können. Wenn also die Ausgleichsinnervation nicht erforderlich war, nahm das Höhenschielen ab und die Inkomitanz zu (Kolling et al. 2005).

## **1.5 Diagnostische Okklusion**

Durch die diagnostische Okklusion nach Marlow soll der Einfluss des binokularen Seheindrucks auf die Augenstellung und -beweglichkeit ausgeschlossen werden. Dazu wird ein Auge, meist das nicht führende Auge, kontinuierlich und lichtundurchlässig abgedeckt. Das binokulare Sehen wird auf diese Weise unterbrochen. Damit wird eine eventuelle fusionale Ausgleichsinnervationen ausgeschaltet. Marlow okkludierte für mindestens zehn Tage (Marlow 1920a, Marlow 1920b, Marlow 1930, Marlow 1933, Roper und Bannon 1944). Mittlerweile ist bekannt, dass die Okklusion selbst ein Höhenschielen induzieren kann. Daher wird empfohlen, die Okklusion nicht länger als ein bis drei Tage durchzuführen (von Noorden und Campos 2002). Nach Ablauf der drei Tage werden die Schielwinkel gemessen. Man soll auf diese Weise genauere Schielwinkel und ein korrekteres Bild einer Motilitätsstörung erhalten (Hofmann und Bielschowsky 1900, Bielschowsky 1913, Kolling 1986, Rübmann et al. 2004).

Allerdings kann die Okklusion bei Gesunden (Simonsz et al. 1985, Neikter 1994, Brodsky 2005) und bei gesunden Versuchstieren, wie kürzlich an Affen nachgewiesen (Shan et al. 2007), eine unter Umständen erhebliche zyklisch-vertikale Abweichung induzieren, so dass sich im Fall einer Schielwinkeländerung unter der Okklusion stets die Frage stellt, ob dies beispielsweise im Fall einer Trochlearisparese als Rückkehr zu dem durch adaptive Einflüsse unbeeinflussten Schielwinkelmuster oder als diagnostisches Artefakt oder als Mischung von beiden zu interpretieren ist. Kolling et al. (2004) fanden bei Untersuchungen an Patienten mit Strabismus sursoadductorius keine einheitliche Reaktion auf die diagnostische Okklusion. Bei einem Teil der Patienten verursachte die Okklusion keine Veränderung der Schielwinkel. Bei den anderen Patienten näherten sich die Schielwinkel innerhalb von drei Tagen denen der Patienten ohne Veränderungen an.



## **1.6 Fragestellung**

Aus den genannten Untersuchungen zum Einfluss einer prolongierten monokularen Okklusion auf die Augenstellung (Brodsky 2005, Kolling et al. 2005, Shan et al. 2007) ergibt sich die Frage, inwieweit die diagnostische Okklusion für die Planung und Durchführung einer operativen Korrektur bei erworbener Trochlearisparese einen Informationsgewinn liefert.

In erster Linie sollen in dieser Arbeit jedoch unterschiedliche operative Verfahren zur Behandlung der Trochlearisparese im Hinblick auf ihre Effektivität und ihre Nebenwirkungen verglichen werden. Aus den gewonnenen Erkenntnissen soll ein auf die individuellen Gegebenheiten und Bedürfnisse des Patienten abgestimmtes Therapieschema entworfen werden.

Um diesen Fragen nachzugehen, wurden die okulären Motilitätsmuster mehrerer Patientengruppen mit einseitiger erworbener Trochlearisparese vor und nach diagnostischer Okklusion und vor und nach unterschiedlichen Arten der operativen Behandlung verglichen. Für den Vergleich unterschiedlicher Operationsverfahren wurden außerdem die prä- und postoperativen Fusionsblickfelder untersucht.

## 2 Patienten und Methoden

### 2.1 Akquirierung der Patienten

Aus dem operativen Krankengut der Universitätsaugenklinik für Schielbehandlung und Neuroophthalmologie Gießen wurden anhand der Operationsdokumentationen alle Patienten identifiziert, die in den Jahren von 1997 bis 2006 wegen einer erworbenen, isolierten, einseitigen Trochlearisparese behandelt worden waren. Die Diagnose war definiert nach den folgenden Kriterien (Kaufmann 1981, Kolling und Eisfeld 1985, Kolling 1986):

- akut aufgetretene Störung
- Exzyklotropie im Geradeausblick
- Abnahme der Exzyklotropie im Aufblick und Zunahme im Abblick
- zunehmende Vertikaldeviation im Abblick und kontralateralen Seitblick
- zunehmende Vertikaldeviation bei ipsilateraler Kopfneigung

Ausschlusskriterien waren:

- vorausgegangene Symptomatik einer dekompensierenden Schielform
- Umschlag der Vertikaldeviation im Seitblick, Seitabblick oder beim Kopfneigetest (auch im Abblick) entweder an der Tangentenskala oder im alternierenden Abdecktest (also Zeichen einer beidseitigen Trochlearisparese)
- bereits vorangegangene Augenmuskeloperation
- zusätzliche neurologische Läsionen
- weitere Augenmuskelparesen
- Verletzungen oder vorangegangene Operationen im Bereich der Orbita

Durch diese Ausschlusskriterien verblieben von 98 Patienten, die in dieser Zeit wegen einer ein- oder beidseitigen Trochlearisparese operiert worden waren, 51 Patienten, welche in die Studie aufgenommen wurden. Die Behandlung erfolgte fast ausschließlich durch eine Obliquus inferior-Rücklagerung oder eine kombinierte Obliquus-Operation.

Nach denselben Kriterien erfolgte die Auswahl weiterer 19 Patienten, die in der Zeit von 2003 bis 2007 im Zentrum für Augenheilkunde des Universitätsklinikums Essen operiert wurden. Dort erfolgt die Behandlung der erworbenen Trochlearisparese ausschließlich durch eine

Faltung des Obliquus superior. Die Daten wurden retrospektiv aus den Patientenakten erhoben.

## 2.2 Statistik

Die statistische Auswertung der Daten wurde mit dem Programm PC Statistik, Version 2.12 (O. Hoffmann – TopSoft Hannover) durchgeführt. Erfasst wurden

- Alter der Patienten
- Geschlecht der Patienten
- Alter der Parese
- Ursache der Parese
- Visus
- Qualität der Binokularfunktionen
- betroffene Seite
- Führungsaug
- Operationsmethode
- Operationsdosis
- an der Tangentenskala nach Harms lokalisierte präoperative Schielwinkel
  - vor diagnostischer Okklusion
  - nach diagnostischer Okklusion
- an der Tangentenskala nach Harms lokalisierte Schielwinkel
  - eine Woche nach der Operation
  - drei Monate nach der Operation

Die Schielwinkel bei linksseitiger Parese wurden zum Zweck der statistischen Auswertung so transformiert, als bestünde die Parese am rechten Auge. Dazu wurden alle Deviationen im Links- und Rechtsblick sowie im Kopfneigetest bei Links- und Rechtsneigung getauscht und die Vertikaldeviationen jeweils mit  $-1$  multipliziert.

Da die Daten nicht normalverteilt waren, wurden als verteilungsunabhängige Darstellung Box & Whiskers – Plots verwendet. Für gruppeninterne Vergleiche wurde der Wilcoxon-Test für gepaarte und für Gruppenvergleiche der Wilcoxon-Test für ungepaarte Stichproben verwendet. Weil die Differenz der Mediane nicht dem Median der individuellen Differenzen gleichgesetzt werden darf, wurden für das Kopfneigephänomen für den Vergleich der

Vertikaldeviation im Rechts- und Linksblick sowie im Auf- und Abblick die individuellen Schielwinkeldifferenzen verglichen.

## **2.3 Schielwinkelmessung**

### **2.3.1 Subjektive Schielwinkelmessung**

Es wurden präoperativ die subjektiven horizontalen, vertikalen und Verrollungsschielwinkel in neun diagnostischen Blickrichtungen (primäre und jeweils 25° exzentrische sekundäre und tertiäre Blickpositionen) an der Tangentenskala nach Harms (Harms 1941) im Abstand von 2,5 m untersucht. Die Messung erfolgte ohne diagnostische Okklusion unter Dissoziation des beidäugigen Sehens mit einem Dunkelrotglas vor dem jeweils nicht paretischen Auge (siehe **Abb. 4** und **Abb. 5**). Das heißt, es wurden die primären Schielwinkel bestimmt. Ebenso wurden die Schielwinkel bei 45° Kopfneigung zu beiden Seiten in Primärposition und bei 25° Auf- und Abblick bestimmt (Mackensen 1977). Die Differenz der in Primärposition gemessenen Vertikaldeviationen bei beiden Kopfneigungen stellt quantitativ das Kopfneigephänomen dar.

Die Grenzen des Fusionsblickfeldes wurden unter Kontrolle des tatsächlichen beidäugigen Sehens mit Bagolini-Lichtschweif-Gläsern und unter Kontrolle auf eine eventuell vorhandene Zyklotropie mit einer strichförmigen Lichtquelle aus dem Bereich der Fusion kommend ermittelt.

In derselben Weise erfolgten die Messungen bei einer präoperativen Kontrolle nach dreitägiger diagnostischer Okklusion sowie eine Woche und drei Monate postoperativ.

Die Schielwinkel und das Fusionsblickfeld wurden in dem in **Abb. 6** dargestellten Befundbogen für jeden Patienten dokumentiert. Für die Auswertung der Operationseffekte wurden die präoperativen subjektiven Schielwinkel ohne diagnostische Okklusion und die subjektiven Schielwinkel eine Woche und drei Monate nach der Operation herangezogen.



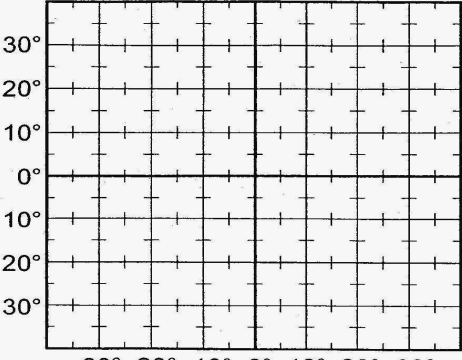
**Abbildung 4:** Messung der subjektiven Schielwinkel an der Harms-Tangentskala in 2,5 m.



**Abbildung 5:** Messung der subjektiven Schielwinkel an der Tangentskala nach Harms.

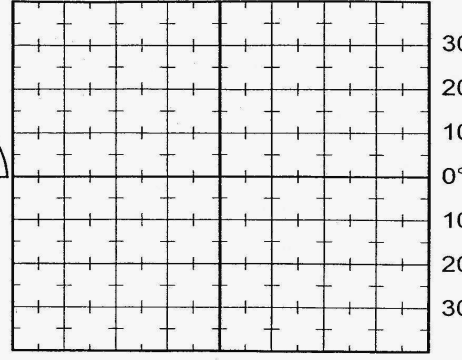
Name: \_\_\_\_\_ Datum: \_\_\_\_\_ vor OP  nach OP  Nr.: \_\_\_\_\_

**Monokulare Exkursion R / L**  
Synoptometer / Heidinger / C<sub>3</sub> / HHR  
Harmswand / Visus / HHR

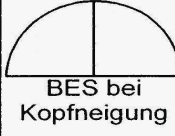


30° 20° 10° 0° 10° 20° 30°

**BES - Feld F / N**  
Harmswand  
Bagolini / Strich



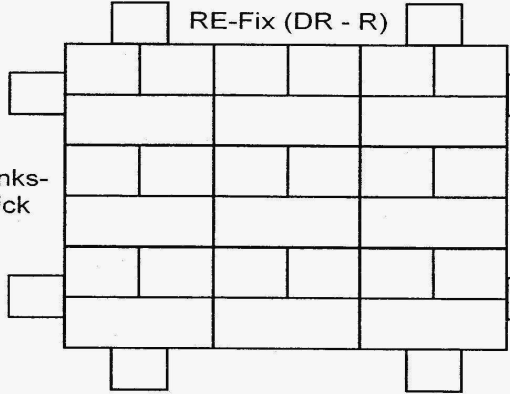
30° 20° 10° 0° 10° 20° 30°



BES bei Kopfneigung

Synoptometer / Harmswand / DR / HR / PCT / Marlow R / L

RE-Fix (DR - R)

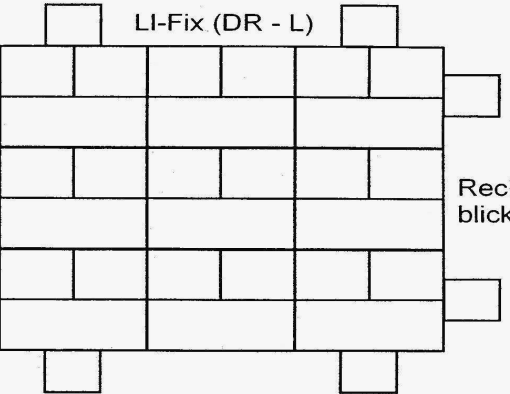


Re-Fixation  
Li-Neigung Re-Neigung

Aufblick				
Bielschowsky Kopfneigetest				
Abblick				

Kopfzwangshaltung      Re-Führung

LI-Fix (DR - L)



Li-Fixation  
Li-Neigung Re-Neigung


Li-Führung

HD | VD  
ZYKLO

monokular  
beidseits offen  
Diagnose

**Abbildung 6:** Befundbogen zur Erfassung der monokularen Exkursion, des Fusionsblickfeldes und der Schielwinkel. Bei Messung der primären und sekundären Schielwinkel in horizontaler, vertikaler und torsionaler Richtung in den neun Blickrichtungen und im Kopfneigetest in drei Blickrichtungen resultieren bei jedem Untersuchungstermin 90 primäre und ggf. 90 sekundäre Schielwinkel. Die Messungen wurden von Orthoptistinnen der Universitäts-Augenklinik für Schielbehandlung und Neuroophthalmologie Gießen und, unter Verwendung desselben Schemas, von Orthoptistinnen der Universitäts-Augenklinik Essen durchgeführt.

### **2.3.2 Objektive Schielwinkelmessung**

Die Messung der objektiven Schielwinkel erfolgte mit dem einseitigen und wechselseitigen (alternierenden) Prismenabdecktest in Primärposition, im Auf- und Abblick sowie im Links- und Rechtsblick und bei 45° Rechts- und 45° Linksneigung. Im Abdecktest sind, methodisch bedingt, nur die manifeste (einseitiger, simultaner Prismenabdecktest) und die Summe aus manifester und latenter Komponente (alternierender Prismenabdecktest) der Horizontal- und Vertikaldeviation messbar. Die Zyklodeviation fällt im Abdecktest nicht auf.

### **2.4 Bestimmung des Visus**

Der Visus wurde in Anlehnung an die DIN 58220 / EN-ISO 8596 mit Korrektur der in Zykloplegie ermittelten objektiven Refraktion in 5 m Entfernung mit Landolt-Ringen oder, in der Regel, mit angeschlossenen Sehzeichen (Zahlen) gemessen, welche im oberen Visusbereich dem Landoltring äquivalente Messwerte liefern (Gräf 2008). Eine Optotypenreihe galt als gelesen, wenn mindestens drei von fünf Sehzeichen korrekt benannt wurden.

### **2.5 Prüfung des Binokularsehens**

Zur Prüfung des Binokularsehens kamen der Lichtschweiftest nach Bagolini, der Titmus-Test (Fliege, Tiere, Ringe) und der Lang-Stereotest zur Anwendung. Für die Auswertung wurden die Ergebnisse nach folgender Ordinalskala eingeteilt:

- Binokularsehen
- 0 = Fusion ohne optischen Ausgleich nicht möglich
  - 1 = Bagolini (horizontale und vertikale Fusion)
  - 2 = Titmus-Fliege (grobes Stereosehen)
  - 3 = Titmus-Tiere / -Ringe (feineres Stereosehen)
  - 4 = Lang-Stereotest (Random-Dot-Stereopsis)

### 2.5.1 Lichtschweiftest nach Bagolini

Der Lichtschweiftest nach Bagolini (Bagolini 1957, Bagolini 1958) überprüft den niedrigsten Grad des Binokularsehens, das Simultansehen (siehe obige Ordinalskala). Er wurde zur qualitativen Beurteilung des Binokularsehens verwendet und, als wenig dissoziierende Methode besonders geeignet, zur Ermittlung des Fusionsblickfeldes. Es werden Plangläser in Form eines Brillenvorhalters mit einer feinen Parallelstreifung verwendet. Die Streifung ist nach dem TABO-Schema im rechten Glas in  $45^\circ$ , im linken Glas in  $135^\circ$  ausgerichtet. Fixiert der Patient durch die Streifengläser eine punktförmige Lichtquelle, so wird der Eindruck zweier schmaler Lichtschweife erzeugt, die senkrecht zur Streifung des jeweiligen Glases und somit in zwei Richtungen verlaufen. Der Lichtschweif des rechten Auges verläuft aus Patientensicht von rechts oben nach links unten, der Lichtschweif des linken Auges von links oben nach rechts unten (Rüßmann et al. 2004). Der Patient wird aufgefordert, unter Fixation der Lichtquelle, die bei normaler Binokularität mit dem Kreuzungspunkt der Lichtschweife identisch ist, anzugeben, ob ein Lichtschweif ausgehend von dem Kreuzungspunkt kürzer oder schwächer gesehen wird, unterbrochen ist oder vollständig fehlt und wo sich der Kreuzungspunkt im Verhältnis zur Lichtquelle bzw. zu den zwei wahrgenommenen Lichtquellen befindet.

Bei einem manifesten Außenschielen des linken Auges beispielsweise wird der mit dem linken Auge sichtbare Schweif nach rechts lokalisiert. Der Patient sieht die Lichtquelle horizontal verschoben doppelt und den Kreuzungspunkt der Lichtschweife oberhalb davon.

Bei einem manifesten vertikalen Schielen wird die Lichtquelle ebenfalls doppelt gesehen, die Lichter stehen jedoch übereinander, und die Kreuzungsstelle der Lichtschweife ist zur Seite verlagert.

Bei einem reinen Verrollungsschielen ändert sich lediglich der Kreuzungswinkel der normal senkrecht aufeinander stehenden Lichtschweife. Im Fall einer einseitigen Trochlearisparese mit einer Exzyklodeviation bis ca.  $10^\circ$  wird diese Änderung jedoch von Patienten nicht eindeutig angegeben. Daher erfolgt die zusätzliche Kontrolle auf Zyklotropie bei der Messung des Fusionsblickfeldes mit einer zusätzlichen strichförmigen Lichtquelle, deren Bild bei nicht kompensierter Exzyklodeviation in sich verkippt wahrgenommen wird.



### **2.5.2 Stereotests**

Beim Titmus-Test wird dem Patienten eine Polarisationsbrille mit  $90^\circ$  gegeneinander versetzter Polarisationsrichtung beider Gläser vorgegeben. Die Trennung der Seheindrücke beider Augen erfolgt durch ebenfalls  $90^\circ$  versetzte Polarisationsfilter in der Bildvorlage des Tests, der beiden Augen in bestimmten Details geringfügig verschobene Bilder darbietet, die auf querdisparaten Netzhautstellen abgebildet werden. Ist Stereopsis möglich, so erscheint das Bild dreidimensional und es entsteht der Eindruck, dass Teile des Bildes etwas über der übrigen Abbildung schweben (Lang 1995, Rießmann et al. 2004). Grobe Stereopsis ist mit der Titmus-Fliege nachweisbar.

Variationen des Tests mit Titmus-Tieren und Titmus-Ringen dienen zur Quantifizierung der Stereofunktion. Dem Patienten werden dazu auf einer Unterlage fünf Tiere oder vier Ringe mit der gleichen Größe angeboten. Durch die Polarisationsbrille soll bei vorhandener Möglichkeit zum Tiefensehen erkannt werden, welches der vier Tiere oder welcher Ring sich von den anderen dreidimensional abhebt.

Mit dem Lang-Stereotest (Lang 1983) kann eine globale Stereopsis für Zufallspunktmuster, sog. Random-Dot-Stereogramme (Julesz 1960, Julesz 1971), nachgewiesen werden. Random-Dot-Verfahren haben den Vorteil, dass sie keine längeren, durchgehenden Konturen aufweisen und daher nur bei sehr guter Binokularität Formen erkennen lassen. Dem Patienten werden zwei fast identische Bilder mit einem Muster zufällig verteilter und gleichartiger Punkte gezeigt. In einem der Bilder ist jedoch eine zusammenhängende Teilmenge dieser Punkte horizontal verschoben, was bei Betrachtung des einzelnen Bildes aufgrund der zufälligen Anordnung der Punkte nicht erkennbar ist. Bei Fusion des Bildpaares bildet sich der verschobene Anteil des Musters querdisparat ab und wird über den Prozess der globalen Stereopsis als zusammenhängende Fläche oder Figur vor oder hinter dem Referenzanteil des Bildes, im Fall des Lang-Tests der Testkarte, wahrgenommen (Cooper 1979, Herzau 1995).

### **2.5.3 Messung des Fusionsblickfeldes**

Das Fusionsblickfeld beschreibt den Blickbereich, in dem mittels motorischer und sensorischer Fusion korrespondierendes Binokularsehen möglich ist. Es reicht normalerweise bis etwa  $50^\circ$  nach beiden Seiten,  $40^\circ$  nach oben und  $60^\circ$  nach unten (Lang 1995) umfasst also

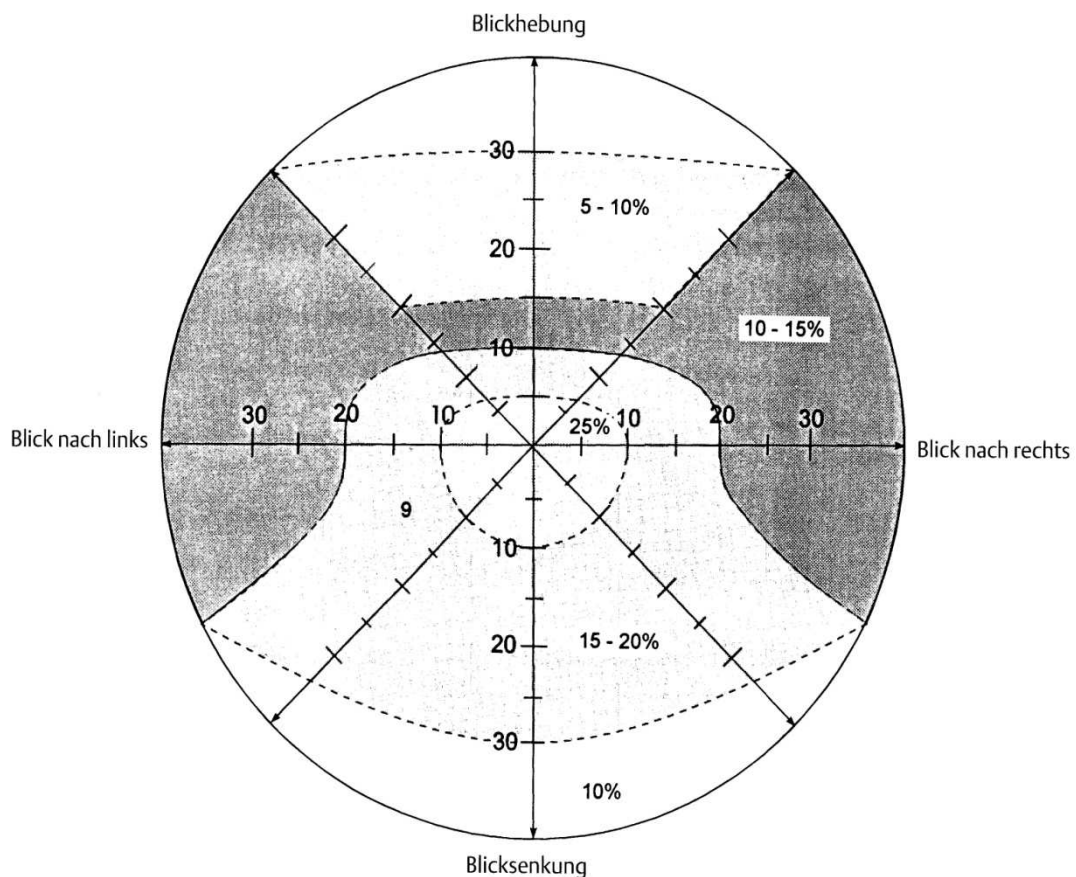
weitgehend den Bereich der monokularen Exkursion, und kann an der Tangententafel nach Harms bei Betrachtung eines statischen Sehreizes recht genau vermessen werden. Das Fixierlicht in der Mitte der Tafel befindet sich dabei auf Augenhöhe vor dem Patienten. Zusätzlich ist die strichförmige Lichtquelle der Untersuchungseinheit aktiviert. Der aufgesetzte Stirnprojektor wird so auf die Tafel gerichtet, dass sich die horizontale und die vertikale Linie des projizierten Kreuzes bei gerader Kopfhaltung im Fixierlicht der Tafel kreuzen. Der Untersucher bewegt nun den Kopf des Patienten so, dass die Augen beim Blick auf das Fixierlicht die diagnostischen Blickrichtungen durchlaufen. Während der Untersuchung wird dem Patienten eine Bagolini-Brille vorgehalten. Sobald er das Fixierlicht doppelt sieht, die beiden Schweife sich somit nicht mehr in einem Licht kreuzen, oder wenn die strichförmige Lichtquelle verkippt doppelt erscheint, wird dies als Grenze des Fusionsblickfeldes im Untersuchungsdiagramm auf dem Befundbogen (**Abb. 6**) festgehalten (Rüßmann et al. 2004).

Die in der angelsächsischen Literatur häufig dargestellte Messung des Fusionsblickfeldes in einem Hohlkugel-Projektionsperimeter mit einer punktförmigen Lichtquelle ist für eine präzise Messung ungeeignet. Störungen durch eine Zyklodeviation werden dabei nicht erfasst, und eine durch die V-Inkomitanz im Abblick entstehende, störende Esideviation kann im kurzen Untersuchungsabstand von 0,3 m eventuell noch kompensiert werden.

#### **2.5.4 Minderung der Erwerbsfähigkeit (MdE) und Minderung der Gebrauchsfähigkeit (MdG) bei Diplopie**

Im Rahmen der gesetzlichen Unfallversicherung (GUV), der privaten Unfallversicherung (PUV) und des Versorgungsrechts sind für Störungen des Binokularsehens die Prozentsätze der Minderung der Erwerbsfähigkeit (MdE), des Grades der Behinderung (GdB) bzw. des Invaliditätsgrades festgelegt. Doppelbilder in allen Blickrichtungen werden in der GUV mit einer MdE von 25 % auf dem allgemeinen Arbeitsmarkt bewertet. Ist das vollständige Abdecken eines Auges notwendig, führt dies zu einer MdE von 30 %. Ist normales Binokularsehen in bestimmten Blickfeldbereichen möglich, so orientieren sich die Prozentsätze an dem in **Abb. 7** dargestellten Schema nach Haase und Steinhorst (Haase und Steinhorst 1991). Besteht Diplopie in weniger als der Hälfte des vorgegebenen Bereiches, sind Abzüge von der MdE individuell und begründet vorzunehmen (Krzizok 2004).

Im Rahmen der PUV wird die Minderung der Gebrauchsfähigkeit (MdG) bei Verlust eines Auges oder eine Störung des Binokularsehens mit Diplopie in allen Blickrichtungen und damit einhergehender notwendiger Okklusion eines Auges nach den Allgemeinen Unfallversicherungsbedingungen (AUB) 88 mit 25/25 bewertet. Daraus resultiert ein Invaliditätsgrad von 50 % (Gramberg-Danielsen 2002). Ebenso wird Diplopie im zentralen Blickfeldbereich nach den AUB 88/94 mit 50 % Invalidität eingestuft. Besteht Diplopie nur in bestimmten Blickfeldbereichen, so kann sich der Gutachter an dem in **Abb. 7** dargestellten Schema orientieren und die MdG individuell festsetzen (Krzizok 2004). Diese relativ hohen Werte sollen den erheblichen Grad der durch Doppelbildwahrnehmung bedingten Beeinträchtigung widerspiegeln.



**Abbildung 7:** Schema zur Beurteilung der MdE bei Doppelbildern (Haase und Steinhorst 1991). Angegeben sind die Prozentwerte zur Einschätzung der MdE bei Doppelbildwahrnehmung in den entsprechenden Blickfeldbereichen. Ist die Okklusion eines Auges nötig, so beträgt die MdE 30 %.

## 2.6 Operationsverfahren

Besteht ein Gleichgewicht der angreifenden Drehmomente am Bulbus, wird dieser in der Orbita nicht bewegt. Entsteht ein Ungleichgewicht zwischen den äußeren Kräften durch z.B. Augenmuskelparesen, wird der Bulbus soweit bewegt, bis ein neues, pathologisches Gleichgewicht erreicht ist. Der Schielwinkel ist Ausdruck dieses neuen pathologischen Gleichgewichts (Kaufmann 2004). Das Binokularsehen kann in Folge dieser Veränderung gestört werden.

Ziel einer Augenmuskeloperation bei Strabismus ist es, ein normales Gleichgewicht herzustellen und pathologische Kraftwirkungen zu normalisieren (Kaufmann 2004). Diese auf peripher mechanische Faktoren begrenzte Erklärung berücksichtigt nicht die eventuellen senso-motorischen Kompensationsmechanismen durch fusionale Vergenz und deren mögliche Nebenwirkungen. Sie ist jedoch prinzipiell richtig.

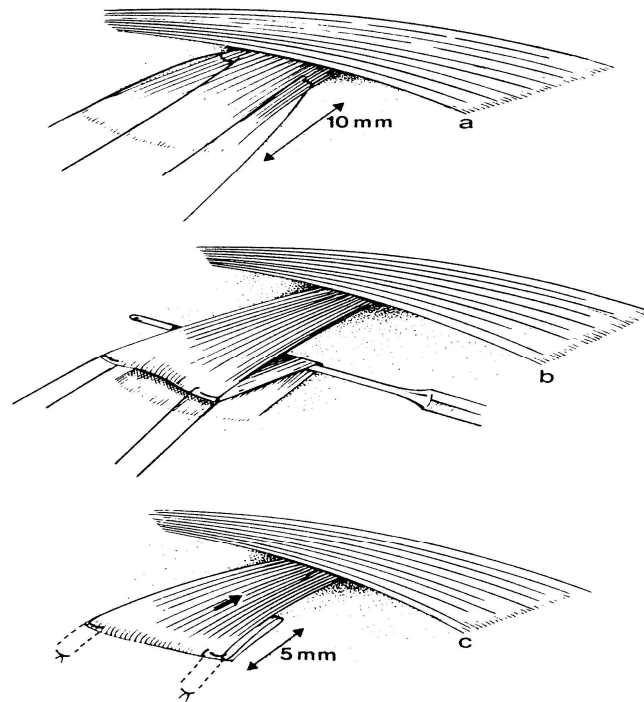
Oft ist eine kausale Therapie nicht möglich. Es wird dann versucht, andere Faktoren so zu beeinflussen, dass ein neues Gleichgewicht der Drehmomente entsteht, welches die gewünschte Augenstellung zumindest im Geradeausblick und in einem möglichst großen Bereich des Gebrauchsblickfeldes bewirkt und so wieder ein normales Binokularsehen erlaubt. Dazu werden ein oder mehrere Muskeln an einem oder an beiden Augen entweder in ihrer normalen Verlaufsrichtung zurückgelagert oder „verkürzt“ (reseziert, gefaltet oder in ihrer Verlaufsrichtung vorgelagert) oder aus ihrer Verlaufsrichtung in eine andere Richtung verlagert (transponiert).

Zur operativen Behandlung der Trochlearisparese kommen die Tenotomie, Tenektomie oder Rücklagerung (Schwächung) des ipsilateralen zyklvertikalen Antagonisten M. obliquus inferior (Fink 1962, Stager und Parks 1973, Brückner 1975, Steffen und Kolling 2005, Hatz et al. 2006), eine Verkürzung (Faltung oder Vorlagerung) der Sehne des paretischen M. obliquus superior (Fink 1962, Cüppers 1963, Helveston und Ellis 1983, Kolling 1986, Kolling und Kaufmann 1988) oder eine Kombination beider Verfahren (Bielschowsky 1923, Foster 1946, Kaufmann 1978, Saunders 1986, Kolling und Kaufmann 1988, Kaufmann 2004) in Frage. In Fällen mit geringer Zyklodeviation, geringer Vertikaldeviation-Inkomitanz im Seitblick und der üblichen Zunahme der Vertikaldeviation im Abblick kommt auch eine Rücklagerung des kontralateralen M. rectus inferior in Frage (van Noorden und Campos 2002).

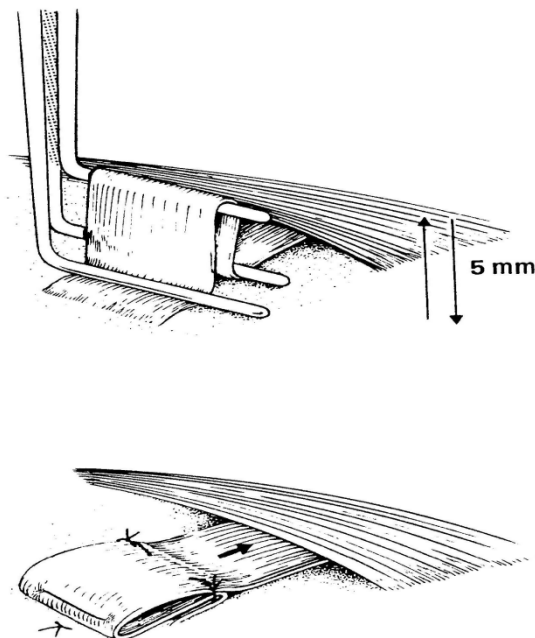
In dieser Studie wurden nur Patienten untersucht, die mit einer Faltung des M. obliquus superior, einer Rücklagerung des M. obliquus inferior oder einer Kombination dieser beiden Methoden versorgt wurden.

### **2.6.1 Faltung des M. obliquus superior**

Der Eingriff erfolgt üblicherweise in Allgemeinanästhesie. Die Durchführung ist auch in Parabolbaranästhesie möglich. Eine Tropfanästhesie ist wegen des erheblichen Muskelzugs nicht ausreichend. Alle Patienten dieser Studie wurden in Allgemeinanästhesie operiert. Nach lokaler Desinfektion und Einlegen eines Lidsperrers wird die Bindehaut mit der darunter liegenden Tenon-Kapsel im temporal oberen Quadranten radiär eröffnet (de Decker 1967). Nach Aufnahme des M. rectus superior auf einen Muskelhaken wird der Ansatz der M. obliquus superior Sehne dargestellt. Von der freipräparierten Insertion ausgehend wird die Strecke, um welche die Sehne verkürzt werden soll, auf der Sehne markiert. Die Sehne wird dort mit zwei Fäden (Polyester 6-0) angeschlungen. Bei der Methode der freien Faltung (de Decker 1975) wird sie über einen Irisspatel (**Abb. 8**) gefaltet, die zuvor angeschlungenen Stellen der Sehne werden neben der Insertion fixiert. Bei der angeblich technisch einfacheren Methode der instrumentellen Faltung (Cüppers 1963) mit dem Cüppers-Instrument werden die Faltennähte in das vordere und hintere Drittel der Sehne gesetzt (**Abb. 9**). Der Faltenkopf kann oberflächlich skleral fixiert werden, da dort keine Muskelkraft übertragen wird. Die Tenon-Kapsel (Stärk 1992) und die Bindehaut werden mit resorbierbaren Fäden (Vicryl 9-0) verschlossen.



**Abbildung 8:** Freie Faltung der Sehne des M. obliquus superior über einen Irisspatel (nach de Decker 1975).



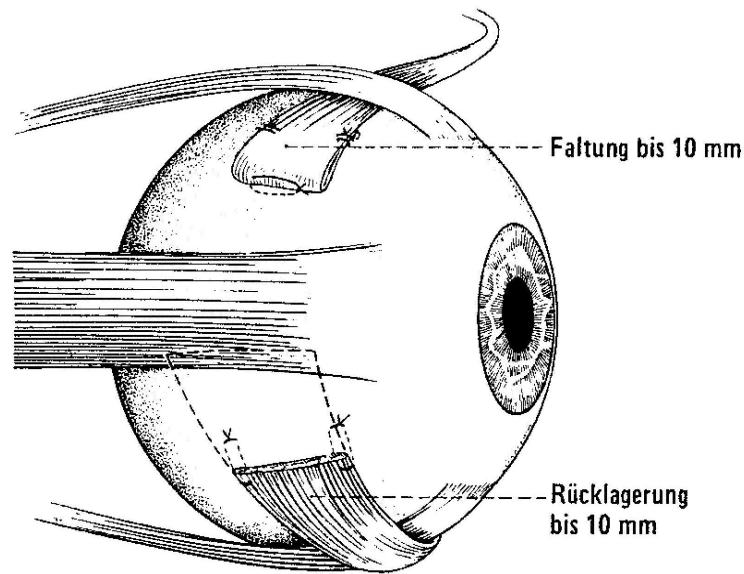
**Abbildung 9:** Faltung der Sehne des M. obliquus superior mit Hilfe des Cüppers-Instruments (nach Cüppers 1963).

### **2.6.2 Rücklagerung des M. obliquus inferior**

Der Eingriff erfolgt üblicherweise in Allgemeinanästhesie. Die Durchführung ist auch in Parabulbäranästhesie oder in Tropfanästhesie möglich. Alle Patienten dieser Studie wurden in Allgemeinanästhesie operiert. Nach lokaler Desinfektion und Einlegen eines Lidsperrers wird die Bindehaut im unteren äußeren Quadranten eröffnet (de Decker 1967). In der Regel nach Aufnahme des M. rectus lateralis auf einen Muskelhaken wird die Insertion des M. obliquus inferior komplett dargestellt. Die Sehne wird auf Höhe ihres Ansatzes von der Sklera abgetrennt und in Muskelzugrichtung ursprungwärts mit doppelt armierten vorgelegten Fäden (Vicryl 6-0) skleral fixiert. Dabei wird die Vorderkante der Insertion dem Limbus je 3 mm Rücklagerung um 1 mm angenähert (Fink 1962). Der Hinterrand der Sehne wird, anders als in **Abb. 10** dargestellt, in der Regel nicht fixiert. Im Anschluss wird die Bindehaut mit resorbierbaren Fäden (Vicryl 9-0) wieder verschlossen.

### **2.6.3 Kombinierte Operation: Faltung des M. obliquus superior und Rücklagerung des M. obliquus inferior**

Eine Kombination aus Faltung am M. obliquus superior und Rücklagerung des M. obliquus inferior vereinigt spannungserhöhende und spannungsmindernde Maßnahmen (**Abb. 10**). Dabei wird ein Muskel durch Faltung verkürzt und sein Antagonist durch Rücklagerung in seiner Wirkung geschwächt.



**Abbildung 10:** Kombination von Faltung des M. obliquus superior und Rücklagerung des M. obliquus inferior (Kaufmann 2004).

## 2.7 Postoperatives Vorgehen

Postoperativ wurde das operierte Auge für den Operationstag mit einem Verband versorgt. In den folgenden zwei Wochen wurde zur Infektionsprophylaxe ein Antibiotikum in Tropfenform mehrmals täglich topisch appliziert. Eine erste Schielwinkelmessung erfolgte am Tag nach der Operation.

Bei störender Diplopie durch den initial gewünschten operativen Übereffekt wurde das Auge bei Bedarf okkludiert, jedoch nur zeitweise, um die Adaptation an die veränderte Augenstellung zu ermöglichen.

Eine erneute Messung der Schielwinkel und des Fusionsblickfeldes fand eine Woche sowie drei Monate postoperativ statt.



## **3 Ergebnisse**

### **3.1 Demographische Daten der Gesamtgruppe**

Die Gruppe bestand aus 70 Patienten (35 weiblich, 35 männlich) im Alter von sechs bis 78 Jahren, im Median 48,5 Jahre. In 28 Fällen bestand die Trochlearisparese auf der rechten, in 42 Fällen auf der linken Seite. Die Wahrscheinlichkeit, dass eine derartige oder stärkere einseitige Häufung rein zufällig ist, liegt nach der Verteilungsfunktion der Binomialverteilung bei 0,06.

### **3.2 Ursache und Dauer der Paresen**

Die Ursache der Trochlearisparese war in 31 Fällen ein Schädelhirntrauma, in acht Fällen war die Parese ischämisch und in sieben Fällen neoplastisch bedingt. In 20 Fällen blieb die Ursache unbekannt. Jeweils einmal trat die Parese nach einer Subarachnoidalblutung, einer Subarachnoidalzyste, einem Subduralhämatom und nach einer Neuroborreliose auf. Die Paresedauer bis zur Operation betrug zwölf bis 420 Monate, im Median lag sie bei 24 Monaten.

### **3.3 Operationen und Dosierung**

In der Augenklinik für Schielbehandlung und Neuroophthalmologie Gießen wurden 18 Patienten mit einer alleinigen Rücklagerung des M. obliquus inferior, 28 Patienten mit einer Kombination aus Rücklagerung M. obliquus inferior und Faltung M. obliquus superior und fünf Patienten mit einer alleinigen Faltung des M. obliquus superior operativ versorgt. Da die alleinige Faltung des M. obliquus superior in Gießen nur bei fünf gering ausgeprägten Paresen durchgeführt worden war, wurden zum Vergleich 19 Patienten, die im Zentrum für Augenheilkunde am Universitätsklinikum Essen mit dieser Operationstechnik versorgt worden waren, in die Auswertung genommen.

Die Operationsstrecke betrug für die alleinige Rücklagerung des M. obliquus inferior 6 bis 10 mm (Median 8 mm) und für die kombinierte Operation 8 bis 18 mm (Median 11 mm), für die

alleinige Faltungen des M. obliquus superior in Gießen 4 bis 8 mm (Median 6 mm) und in Essen 6 bis 8 mm (Median 8 mm).

Fünf Patienten wurden im Verlauf nochmals operiert. Dies betraf die Patienten 6, 16, 17, 46 und 51 (**Tab. 1**). Patient 6 erhielt 11 Monate nach einer kombinierten Obliquusoperation eine Rücklagerung des M. rectus superior um 10 mm am kontralateralen Auge. Bei Patient 16 erfolgte sechs Monate nach Rücklagerung des M. obliquus inferior eine Faltung des M. obliquus superior um 8 mm, ebenso bei Patient 17 (6 mm) nach 34 Monaten, bei Patient 46 (8 mm) nach zehn Monaten und bei Patient 51 (5 mm) nach 75 Monaten. Die individuellen Verläufe der mehrfach operierten Patienten sind unter 3.11 (S. 45) dargestellt.

### **3.4 Daten in der Übersicht**

**Tabelle 1** (im Anhang auf Seite 74) zeigt die demographischen Daten, die Ursachen und die Dauer der Paresen sowie Operationen und Dosierungen für alle Patienten.

### **3.5 Visus**

Der monokulare Visus lag sowohl prä- als auch postoperativ für das rechte Auge bei 0,5 bis 1,6, für das linke Auge bei 0,63 bis 1,6, für beide Augen im Median bei jeweils 1,0.

### **3.6 Binokularsehen**

Die Binokularfunktionen wurden in der bevorzugten Kopfhaltung gemessen. Neun Patienten wiesen dabei lediglich grobe Stereofunktionen auf (1 x Bagolini und 8 x Titmus-Fliege positiv). Bei 61 Patienten waren bessere Stereofunktionen dokumentiert, davon in 47 Fällen Random-Dot-Stereopsis.

### 3.7 Schielwinkel Gesamtgruppe

Die Mediane und Streubreiten der präoperativen Schielwinkel aller 70 Patienten ohne diagnostische Okklusion sind in **Abb. 11** zusammengefasst. Die Vertikaldeviation des betroffenen Auges nimmt von im Median 5° im Geradeausblick in Adduktion auf im Median 8° zu, ebenso im Abblick auf im Median 10°. Am größten ist die Höhenabweichung im adduktorischen Abblick mit im Median 11°. Die Exzyklodeviation nimmt von im Median 5° im Geradeausblick auf 7° im Abblick zu, im abduktorischen Abblick ist sie am größten mit im Median 8°. Das Motilitätsmuster ist für die einseitige Trochlearisparese typisch (Kolling und Einfeld 1985, Kolling 1986). Die oft als charakteristisch angeführte V-Inkomitanz ist beim Vergleich der Mediane der Horizontalabweichungen im Auf- und Abblick mit 3° nur gering ausgeprägt. Die individuelle V-Inkomitanz betrug präoperativ in der Gruppe der alleinigen Rücklagerungen des M. obliquus inferior im Median 4° (Streubreite: -2°; 7°), in der Gruppe der alleinigen Faltungen des M. obliquus superior 3° (-1°; 9°) und in der Gruppe der kombinierten Operation aus Rücklagerung des M. obliquus inferior und Faltung des M. obliquus superior 3° (-3°; 16°). Die individuelle V-Inkomitanz der Gesamtgruppe lag bei 3° (-3°; 16°). Es zeigten sich keine signifikanten Unterschiede zwischen den einzelnen Gruppen. In Klammern sind die Streubreiten in Grad angegeben.

n = 70

	25° Linksblick				25° Rechtsblick			
25° Aufblick	-1	+5	0	+3	0	+1		
	-9 ; +8	-4 ; +15	-8 ; +12	-2 ; +8	-8 ; +11	-2 ; +7		
	Ex 4 In 4 ; Ex 10		Ex 3 In 3 ; Ex 10		Ex 4 0 ; Ex 10			
25° Abblick	+1	+8	+1	+5	+1	+2		
	-7 ; +13	0 ; +21	-10 ; +17	0 ; +14	-8 ; +14	-1 ; +12		
	Ex 6 0 ; Ex 13		Ex 5 In 7 ; Ex 12		Ex 5 0 ; Ex 12			
	+4	+11	+3	+10	+2	+5		
	-7 ; +11	0 ; +24	-7 ; +17	0 ; +21	-7 ; +14	0 ; +18		
	Ex 7 Ex 1 ; Ex 15		Ex 7 Ex 1 ; Ex 15		Ex 8 Ex 1 ; Ex 18			

**Abbildung 11:** Präoperative Schielwinkel aller 70 Patienten. Nebeneinander sind für jede Blickrichtung die Mediane der Horizontal- und Vertikaldeviationen, darunter die der Zyklodeviationen in Grad angegeben, darunter in jedem Kästchen die Streubreiten. Positive Werte in der Horizontalen für Innenschielen, in der Vertikalen für rechts über links Stellung.

Die Schielwinkel im Geradeausblick bei Kopfneigung gehen aus **Abb. 12** hervor. Bei Neigung des Kopfes zur Seite der Parese nehmen Vertikal- und Zyklodeviation von jeweils im Median 5° (**Abb. 11**, Mitte) deutlich auf 9° bzw. 8° zu, bei Neigung zur kontralateralen Seite nimmt nur die Vertikaldeviation auf 2° ab. Der Median des individuellen Kopfneigephänomens liegt in der Gesamtgruppe bei 6° (-2°; 19°). Getrennt nach den einzelnen Operationsmethoden lagen die Mediane des individuellen Kopfneigephänomens in der Gruppe der OIR (n=16) bei 3,5° (-1°; 13°), in der Gruppe der OSF (n=19) bei 5° (-2°; 19°) und in der Gruppe der KOP (n=28) bei 8° (0°; 15°). Ein signifikanter Unterschied bestand zwischen den Gruppen OIR und KOP (p=0,0323).

Aufgrund der in dieser Haltung geringeren Zyklovertikaldeviation nahmen viele Patienten spontan eine kontralaterale Neigung des Kopfes von 0-30° (Median 10°), eine kontralaterale Drehung von 0-30° (Median 0°) und eine Senkung von 0-20° (Median 0°) ein.

n = 70

+1	+2	+2	+9
-8 ; +14	-2 ; +9	-9 ; +17	0 ; +20
Ex 5		Ex 8	
0 ; Ex 11		0 ; Ex 15	
45°LiNe		45°ReNe	

**Abbildung 12:** Bielschowsky-Kopfneigetest im Geradeausblick. Nebeneinander sind die Mediane der Horizontal- und Vertikaldeviationen, darunter der Zyklodeviationen in Grad angegeben, darunter die Streubreiten. LiNe: Linksneigung, ReNe: Rechtsneigung.

### 3.8 Schielwinkel vor und nach diagnostischer Okklusion

In **Abb. 13** sind die Schielwinkel vor und nach diagnostischer Okklusion nebeneinander dargestellt. Da die diagnostische Okklusion in Essen nicht routinemäßig durchgeführt wird, standen nur 48 in Gießen operierte Patienten für den Vergleich zur Verfügung. Der Wilcoxon-Test für gepaarte Stichproben erfolgte für die Vertikal- und Zyklodeviation in Primärposition, in 25° Abduktion des nicht paretischen Auges sowie in 25° Abblick. Die Differenzen der Schielwinkel mit und ohne Okklusion sind in **Abb. 15** graphisch dargestellt. Die Exyklodeviation nahm unter der diagnostischen Okklusion (**Abb. 14**) in keiner Blickrichtung

Vor diagnostischer Okklusion (n = 48)

Nach diagnostischer Okklusion (n = 48)

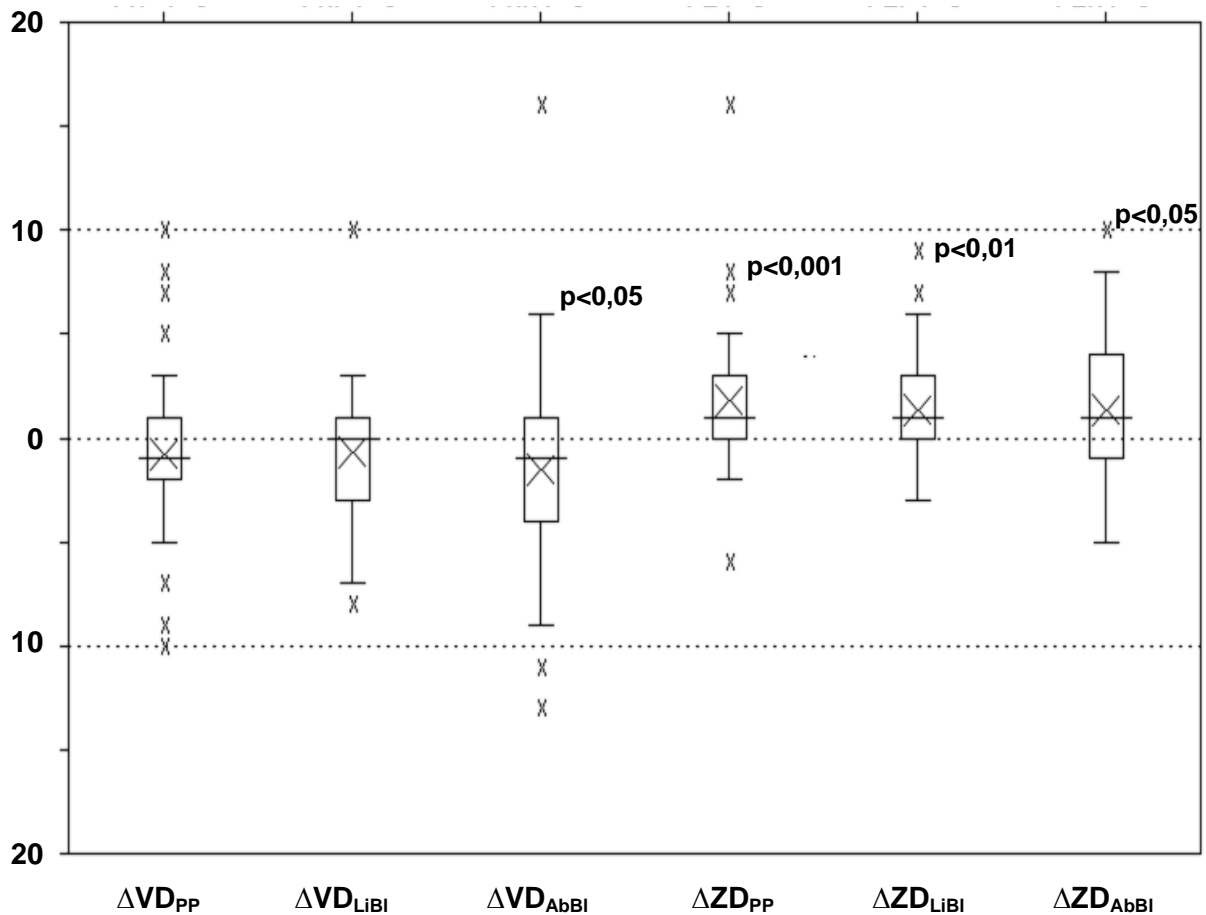
0 -9;+6	+4 -4;+15	0 -8;+6	+2 -2;+7	0 -8;+6	+1 -2;+7	-2 -8;+6	+4 -1;+19	-1 -9;+5	+2 -3;+15	0 -7;+4	+1 -4;+9
Ex 3 In 4 ; Ex 9		Ex 3 In 3 ; Ex 9		Ex 3 0 ; Ex 10		Ex 4 In 4 ; Ex 10		Ex 4 In 2 ; Ex 10		Ex 4 In 2 ; Ex 10	
+1.5 -7;+7	+8 0;+21	+1 -10;+5	+5 0;+14	+1 -8;+7	+2 -1;+11	+1 -7;+9	+8 0;+24	0 -9;+6	+4 0;+19	+1 -6;+7	+2 -1;+9
Ex 5,5 0 ; Ex 11		Ex 5 In 1 ; Ex 10		Ex 5 0 ; Ex 12		Ex 6 Ex 1 ; Ex 15		Ex 5,5 Ex 2 ; Ex 13		Ex 6 0 ; Ex 15	
+4 -7;+11	+11 0;+24	+3 -7;+9	+10 0;+21	+3 -7;+8	+6 0;+18	+3 -5;+14	+11 +2;+28	+2 -7;+10	+8 0;+23	+2 -5;+9	+5 0;+14
Ex 6 Ex 1 ; Ex 14		Ex 7 Ex 1 ; Ex 14		Ex 8,5 Ex 1 ; Ex 18		Ex 7 Ex 2 ; Ex 13		Ex 8,5 Ex 3 ; Ex 18		Ex 8 Ex 3 ; Ex 17	

**Abbildung 13:** Schielwinkel vor und nach diagnostischer Okklusion. Für jede Blickrichtung (Seit-, Auf- und Abblick jeweils 25°) sind fett markiert die Mediane der Horizontal- und Vertikaldeviation, darunter die der Zyklodeviationen in Grad angegeben, unter den Medianen in jedem Kästchen die Streubreiten. Positive Werte in der Horizontalen für Innenschielen, in der Vertikalen für rechts über links Stellung.

um mehr als 1° zu, die Zunahme war aber bis auf den Rechtsabblick (p=0,56) in allen Blickrichtungen signifikant (p=0,0002 bis p=0,0135). Die Vertikaldeviation nahm im Median in nahezu allen Blickrichtungen etwas ab. Diese Abnahme erreichte nur im Abblick das Signifikanzniveau p=0,05. Das Kopfeignephenomen blieb nahezu unverändert.

	25°Linksblick		25°Rechtsblick			
25°Aufblick	0 -5;+4	0 -7;+4	-1* -5;+3	0 -5;+3	-1** -7;+7	0 -4;+4
	Ex 1* In 4 ; Ex 8		Ex 1** In 3 ; Ex 8		0* In 3 ; Ex 7	
	-0.5 -6;+8	-0,5 -8;+10	-1** -6;+5	-1 -10;+10	-0.5* -5;+3	-0,5 -8;+5
	Ex 1** In 3 ; Ex 7		Ex 1*** In 6 ; Ex 16		Ex 1* In 4 ; Ex 10	
25°Abblick	-1 -7;+6	-1* -10;+26	0 -6;+5	-2* -13;+16	0 -5;+4	-2** -12;+6
	Ex 1** In 4 ; Ex 8		0* In 5 ; Ex 10		Ex 0.5 In 7 ; Ex 11	

**Abbildung 14:** Änderung der Schielwinkel unter diagnostischer Okklusion (Schielwinkel nach diagnostischer Okklusion minus Schielwinkel vor diagnostischer Okklusion). Fett: Mediane und Richtung der Schielwinkeländerung in Grad, darunter die Streubreiten der Schielwinkeländerung in Grad. \* p<0.05, \*\* p<0.01, \*\*\* p<0.001



**Abbildung 15:** Änderung der Vertikal- und Zyklodeviation unter diagnostischer Okklusion. Differenzen  $\Delta$  in Grad. ZD: Exzyklodeviation, VD: Vertikaldeviation, PP: Primärposition, LiBI: Linksblick, AbBI: Abblick

### 3.9 Effekte der unterschiedlichen Operationsmethoden an den Mm. obliqui

Bei einem Großteil der Patienten wurden die Schielwinkel eine Woche, jedoch bei allen Patienten drei Monate nach der Operation gemessen, so dass die Daten statistisch ausgewertet, getrennt nach Operationsmethode untereinander, aber auch mit den vor der Operation gemessenen Schielwinkeln verglichen werden konnten.

### 3.9.1 Schielwinkel 1 Woche postoperativ

Für die Berechnung der Mediane von Vertikal- und Zyklodeviation der nach einer Woche postoperativ gemessenen Schielwinkel wurden 16 Patienten, die mit einer alleinigen Rücklagerung des M. obliquus inferior (OIR) und 26 Patienten, die mit einer Kombination aus Rücklagerung des M. obliquus inferior und Faltung des M. obliquus superior (KOP) in Gießen versorgt worden waren, statistisch ausgewertet. Da von den Patienten aus Essen die Schielwinkel eine Woche postoperativ nicht zur Verfügung standen, zeigt die **Abb. 16** nur die Schielwinkel der Patienten, die mittels OIR oder KOP operativ versorgt wurden.

Schon nach alleiniger OIR war die Zyklodeviation gegenüber den präoperativen Werten wesentlich geringer, besonders im Abblick, in Adduktion des paretischen Auges und im adduktorischen Abblick. In den oberen Blickrichtungen war eine leichte Überkorrektion zu erkennen.

Nach KOP waren die Restschielwinkel in den unteren Blickrichtungen im Median ähnlich gering wie nach OIR. In den horizontalen und besonders den oberen Blickrichtungen bestand jedoch bei den meisten Patienten eine deutliche Überkorrektion in Form eines konsekutiven Brown-Syndroms durch eine Hebungseinschränkung des operierten Auges und eine im Aufblick zunehmende Inzyklodeviation.

Durch beide Operationsmethoden wurde das Kopfniegephänomen im Median von präoperativ  $7^\circ$  verringert, auf  $3^\circ$  nach OIR bzw.  $5^\circ$  nach KOP. Auch im Kopfniegetest zeigte sich nach der KOP bei Linksneigung eine leichte Überkorrektion.

**Vor OIR (n = 16)**

0 -7; 5	4 -4; 12	0 -3; 4	1,5 -2; 7	1 -1; 6	1 -2; 7
Ex 5 0; Ex 9		Ex 3 0; Ex 7		Ex 4 Ex 1; Ex 9	
3 -3; 7	7,5 1; 16	2 -1; 5	5,5 0; 11	2 0; 7	2,5 -1; 8
Ex 6,5 Ex 1; Ex 11		Ex 4,5 In 7; Ex 9		Ex 5 Ex 1; Ex 10	
6 -4; 11	10 6; 23	4 -3; 9	8,5 4; 19	4,5 -1; 8	7 1; 15
Ex 6,5 Ex 2; Ex 12		Ex 6,5 Ex 1; Ex 13		Ex 7 Ex 1; Ex 15	

2 0; 8	2 -2; 8	3 -3; 11	7 2; 16
Ex 5 Ex 2; Ex 8		Ex 6,5 Ex 2; Ex 13	

45°LiNe      45°ReNe

**Vor KOP (n = 26)**

-1 -7; 3	5 -20; 7	0 -5; 5	3 -16; -1	0 -7; 7	1 -9; 0
Ex 3 In 13; Ex 5		Ex 3 In 16; Ex 5		Ex 3 In 15; Ex 1	
0,5 -7; 5	9 3; 21	0 -10; 4	5,5 2; 14	1 -8; 9	2,5 0; 11
Ex 5,5 0; Ex 10		Ex 5 Ex 2; Ex 10		Ex 5,5 Ex 2; Ex 12	
3,5 -7; 11	13,5 3; 24	2,5 -7; 8	11 2; 21	2 -7; 8	6,5 1; 18
Ex 6,5 Ex 1; Ex 14		Ex 8 Ex 4; Ex 14		Ex 10 Ex 4; Ex 18	

0,5 -8; 4	2,5 0; 9	2 -9; 6	11,5 4; 19
Ex 5 Ex 0; Ex 10		Ex 8 Ex 1; Ex 14	

45°LiNe      45°ReNe

**Nach OIR (n = 16)**

0 -8; 2	-3,5 -6; 2	1 -5; 7	-2 -7; 1	1 0; 7	-1,5 -7; 1
In 3 In 6; Ex 3		In 3 In 8; Ex 5		0 In 6; Ex 3	
1 -7; 8	0 -4; 5	1 -1; 7	0 -1; 5	2 0; 7	+0,5 -2; 4
0 In 4; Ex 6		0 In 5; Ex 2		0 In 5; Ex 4	
2 -4; 8	+3,5 0; 7	2,5 -1; 12	+2,5 0; 7	+2 0; 9	+2,5 -1; 8
Ex 1 In 3; Ex 5		Ex 1 In 2; Ex 5		Ex 1 In 4; Ex 5	

+1,5 0; 6	0 -3; 6	+2 -2; 10	+3 -2; 10
Ex 0,5 In 7; Ex 5		Ex 0,5 In 6; Ex 6	

45°LiNe      45°ReNe

**Nach KOP (n = 26)**

-1,5 -7; 3	-11 -20; 7	0,5 -5; 5	-7 -16; -1	2 -7; 7	-4 -9; 0
In 7 In 13; Ex 5		In 8 In 16; Ex 5		In 5,5 In 15; Ex 1	
1 -16; 3	-2 -16; 6	0 -3; 3	-1 -11; 5	2 -1; 7	0 -6; 3
In 3 In 12; Ex 4		In 3 In 8; Ex 4		In 2 In 11; Ex 2	
1 -5; 6	+3 -5; 11	+1 -3; 6	+2,5 -4; 8	+2 0; 8	+2 -1; 6
Ex 2 In 5; Ex 6		Ex 1 In 8; Ex 6		0 In 8; Ex 6	

+0,5 -2; 6	-2,5 -12; 3	1 -4; 5	+3 -8; 12
In 3,5 In 17; Ex 4		In 0,5 In 16; Ex 6	

45°LiNe      45°ReNe

**Abbildung 16:** Mediane der prä- und eine Woche postoperativ gemessenen Schielwinkel in Grad im Geradeaus-, Seit-, Auf- und Abblick (jeweils 25°), darunter im Kopfneigetest (LiNe: Linksneigung, ReNe: Rechtsneigung) von Patienten, die mit alleiniger Rücklagerung des M. obliquus inferior (OIR) und einer Kombination aus Faltung des M. obliquus superior und Rücklagerung des M. obliquus inferior (KOP) versorgt wurden.



### 3.9.2 Schielwinkel 3 Monate postoperativ

Die **Abb. 17 und 18** geben einen Vergleich der Schielwinkel nach allen drei untersuchten Operationsmethoden. Die Messungen erfolgten vor der Operation (**Abb. 17**) und drei Monate danach (**Abb. 18**). Im statistischen Vergleich bezüglich der präoperativen Schielwinkel bestand in keiner Blickrichtung ein signifikanter Gruppenunterschied.

Postoperativ sind nach der OIR und der OSF in den horizontalen Blickrichtungen noch dezente Deviationen zu erkennen, nach der KOP bestand im Median weitgehend Orthophorie (**Abb. 18**). Besonders im unteren Blickbereich hinterließen die OIR und die OSF größere Restschielwinkel als die KOP, dafür bestanden im oberen Blickbereich geringere störende Nebeneffekte. Der bessere Effekt der KOP im unteren und horizontalen Blickfeldbereich ging also mit einem Brown-Syndrom einher.

Das Kopfniegephänomen als Differenz der in Primärposition gemessenen Vertikaldeviationen bei beiden Neigungen wurde durch die OIR (n=12) im Median um  $2^\circ$  ( $-5^\circ$ ;  $7^\circ$ ), durch die OSF (n=15) um  $2^\circ$  ( $-2^\circ$ ;  $8^\circ$ ) und durch die KOP (n=21) um  $6^\circ$  ( $-8^\circ$ ;  $14^\circ$ ) reduziert. Diesbezüglich zeigte der Wilcoxon-Test für ungepaarte Stichproben im Gruppenvergleich für OIR vs. KOP  $p=0,0426$ , für OSF vs. OIR  $p=0,3123$  und für OSF vs. KOP  $p=0,16$ .

Im Vergleich zu den eine Woche nach Operation gemessenen Schielwinkeln hat die Zyklvertikaldeviation nach der OIR im unteren Blickbereich wieder zugenommen. Die initiale Überkorrektur in den horizontalen und oberen Blickrichtungen hat abgenommen. Für die Vertikaldeviation bestand drei Monate nach OIR in den oberen Blickrichtungen im Median Orthophorie.

Die Mediane der Schielwinkel nach KOP waren in den unteren Blickrichtungen nach drei Monaten im Vergleich zu den nach einer Woche gemessenen Schielwinkeln minimal geringer. In den horizontalen Blickrichtungen waren die Höhenabweichung und die initial postoperative Inzyklodeviation ausgeglichen. Das Brown-Syndrom (im Aufblick) hat im Vergleich zu den Werten eine Woche nach Operation stark abgenommen, war aber noch deutlich erkennbar.

Im Vergleich der Kopfniegetests eine Woche und drei Monate nach Operation waren die Mediane der Zyklvertikaldeviationen drei Monate nach der OIR wieder größer, das Kopfniegephänomen von  $3^\circ$  jedoch konstant. Nach der KOP zeigt sich eine Verringerung des Kopfniegephänomens von  $5^\circ$  eine Woche postoperativ auf  $3^\circ$  nach Monaten.

OIR (n = 13)						KOP (n = 21)						OSF (n = 16)					
0	4	0	2	1	1	-1	5	0	3	0	1	-2	7	-1	4	0	2
Ex 5		Ex 3		Ex 4		Ex 3		Ex 3		Ex 3		Ex 5		Ex 4		Ex 5	
3	8	2	6	2	3	0	9	0	5	1	3	0	10	0	5	0	3
Ex 6		Ex 5		Ex 5		Ex 6		Ex 5		Ex 6		Ex 7		Ex 5		Ex 6	
6	10	4	9	5	7	3	14	3	11	3	6	5	12	2	8	2	5
Ex 6		Ex 7		Ex 7		Ex 7		Ex 8		Ex 10		Ex 8		Ex 9		Ex 8	

2	2	3	7	0	2	2	10	1	3	2	8
Ex 5		Ex 7		Ex 5		Ex 8		Ex 7		Ex 8	
45°LiNe	45°ReNe	45°LiNe	45°ReNe	45°LiNe	45°ReNe						

**Abbildung 17:** Mediane der präoperativ gemessenen Schielwinkel in Grad im Geradeaus-, Seit-, Auf- und Abblick (jeweils 25°), darunter im Kopfneigetest (LiNe: Linksneigung, ReNe: Rechtsneigung) von Patienten, die mit alleiniger Rücklagerung des M. obliquus inferior (OIR), einer Kombination aus Faltung des M. obliquus superior und Rücklagerung des M. obliquus inferior (KOP) oder einer alleinigen Faltung des M. obliquus superior (OSF) versorgt wurden.

OIR (n = 13)						KOP (n = 21)						OSF (n = 16)					
1	0	1	0	1	0	0	-6	0	-4	1	-2	0	2	0	1	0	1
Ex 1		Ex 2		Ex 2		In 1		In 2,5		In 1,5		0		0		0	
2	2	1	1	2	2	1	0	0	0	2	0	1	3	0	2	0	1
Ex 1		Ex 2		Ex 3		0		Ex 1		0		Ex 2		0		Ex 1	
4	5	3	6	3	4	1	3	2	1	3	1	3	5	2	2	1	2
Ex 3		Ex 3		Ex 4		Ex 1		Ex 1		Ex 1		Ex 3		Ex 2		Ex 1	

1	2	3	5	1	-1	1	2	0	1	2	4
Ex 2		Ex 3		In 1		Ex 2		Ex 2		Ex 2	
45°LiNe	45°ReNe	45°LiNe	45°ReNe	45°LiNe	45°ReNe						

**Abbildung 18:** Mediane der 3 Monate nach Operation gemessenen Schielwinkel in Grad im Geradeaus-, Seit-, Auf- und Abblick (jeweils 25°), darunter im Kopfneigetest (LiNe: Linksneigung, ReNe: Rechtsneigung) von Patienten, die mit alleiniger Rücklagerung des M. obliquus inferior (OIR), einer Kombination aus Faltung des M. obliquus superior und Rücklagerung des M. obliquus inferior (KOP) oder einer alleinigen Faltung des M. obliquus superior (OSF) versorgt wurden.

Die Kopfdrehung war postoperativ weitgehend korrigiert (im Vergleich zu präoperativ: OIR: p=0,125; KOP: p=0,0156) und die Kopfneigung auf 0-15° (Median 0°) reduziert (OIR: p=0,002; KOP: p<0,0001). Die Kopfsenkung von 0-25° (Median 0°) war nach der OIR

signifikant vermindert ( $p=0,0313$ ). Für die OSF liegen keine Angaben vor, da die Kopfwangshaltung in dieser Gruppe nicht gemessen worden war.

Die V-Inkomitanz drei Monate postoperativ betrug im Median nach der OIR ( $n=13$ )  $2^\circ$  ( $-1^\circ$ ;  $6^\circ$ ), nach OSF ( $n=16$ )  $1,5^\circ$  ( $-2^\circ$ ;  $9^\circ$ ) und nach KOP ( $n=21$ )  $1^\circ$  ( $-1^\circ$ ;  $8^\circ$ ), wobei keine statistisch signifikanten Unterschiede zwischen den einzelnen Gruppen bestanden.

Die Reduktion der V-Inkomitanz betrug im Median nach OIR ( $n=11$ )  $1^\circ$  ( $-1^\circ$ ;  $5^\circ$ ), nach OSF ( $n=16$ )  $1^\circ$  ( $-6^\circ$ ;  $7^\circ$ ) und nach KOP ( $n=21$ )  $2^\circ$  ( $-4^\circ$ ;  $8^\circ$ ). Es bestand kein statistisch signifikanter Unterschied zwischen den einzelnen Gruppen („-“ steht hier für Zunahme, „+“ für Reduktion der V-Inkomitanz).

### 3.9.3 Reduktion der Schielwinkel im Vergleich

Um die Effekte der Rücklagerung des M. obliquus inferior (OIR), der Faltung des M. obliquus superior (OSF) und der kombinierten Operation (KOP) zu vergleichen, sind in **Tab. 2** die Differenzen aus den prä- und drei Monate postoperativ gemessenen Schielwinkeln, also die Operationseffekte der drei Methoden in maßgeblichen Blickrichtungen gegenübergestellt.

**Tabelle 2:** Effekte von Obliquus-inferior-Rücklagerung (OIR), kombinierter Operation (KOP) und Obliquus-superior-Faltung (OSF) bei einseitiger Trochlearisparese. Schielwinkelreduktion in Grad, Streubreiten in Klammern. PP: Primärposition, LiBl:  $25^\circ$  Linksblick.

	OIR	KOP	OSF
Reduktion der Höhenabweichung in PP	3 (1 ; 9)*	6 (0 ; 14)	4 (1 ; 11)
Reduktion der Höhenabweichung im Abblick	3 (- 7 ; 11)*	8 (2 ; 16)	5 (-2 ; 9) **
Reduktion der Höhenabweichung im LiBl	5 (1 ; 11)*	9 (3 ; 17)	6 (1 ; 13) *
Reduktion der Exzyklodeviation in PP	3 (- 10 ; 7)	5 (0 ; 9)	4 (0 ; 7)
Reduktion der Exzyklodeviation im Abblick	4 (- 4 ; 8)	7 (0 ; 14)	5 (2 ; 12)
Reduktion des Kopfneigephänomens	2 (- 5 ; 7)*	6 (- 8 ; 14)	2 (-2 ; 8)

\*  $p<0.01$ , \*\*  $p<0.04$  : signifikanter Gruppenunterschied zu KOP (Mann-Whitney-U-Test)

Die Reduktion der Schielwinkel war durch die KOP signifikant größer als durch OIR oder OSF, ebenso die Reduktion des Kopfneigephänomens.

Auch die Inkomitanz der Vertikaldeviation zwischen Rechts- und Linksblick wurde durch die KOP signifikant stärker reduziert als durch die OIR und durch die OSF.

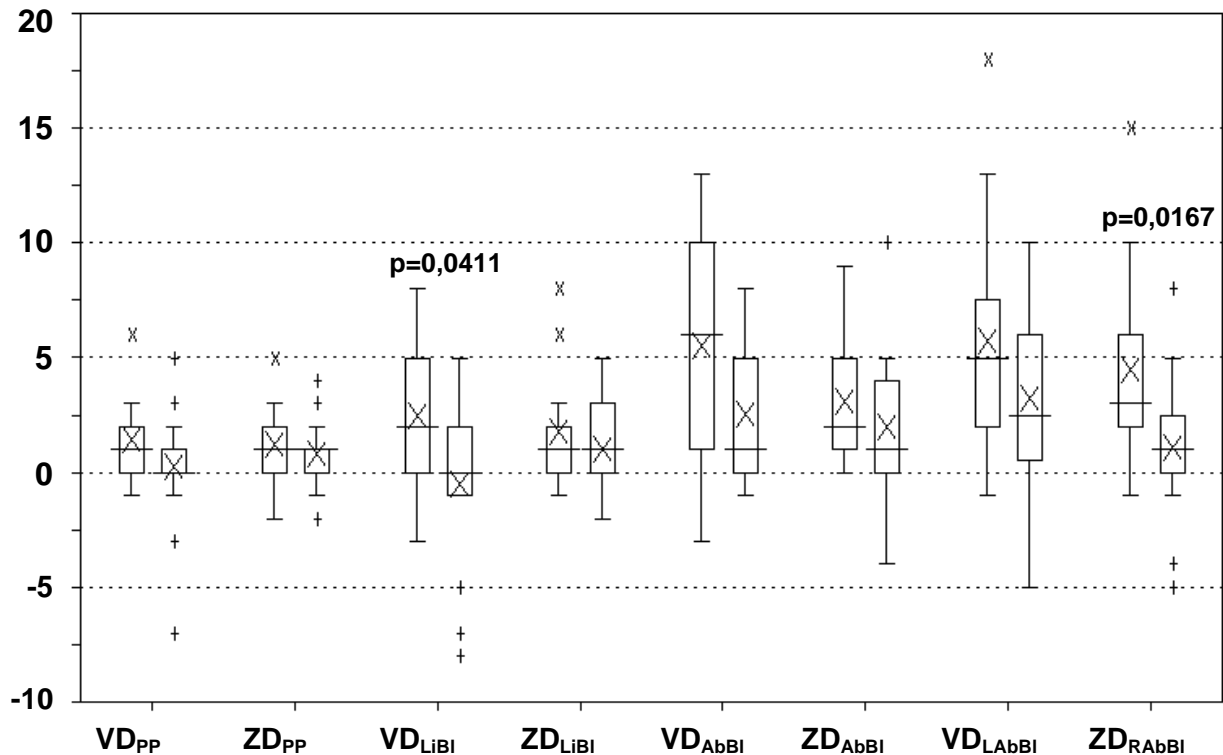
Das Kopfneigephänomen als Ursache einer kompensatorischen Kopfneigungszwangshaltung wurde durch die KOP ebenfalls am stärksten reduziert.

### **3.10 Restschielwinkel im Vergleich**

Der statistische Vergleich der Vertikal- und Zyklodeviationen nach drei Monaten erfolgte für die maßgeblichen Blickrichtungen, nämlich Primärposition, 25° Linksblick, 25° Abblick, Linksabblick (Vertikaldeviation) und Rechtsabblick (Zyklodeviation) mit dem Mann-Whitney-U-Test. Die „x“ in den Abbildungen geben die Ausreißer im jeweils linken, die „+“ im jeweils rechten Box & Whiskers – Plot an.

#### **3.10.1 Rücklagerung des M. obliquus inferior (OIR) – Kombination aus Rücklagerung M. obliquus inferior und Faltung M. obliquus superior (KOP)**

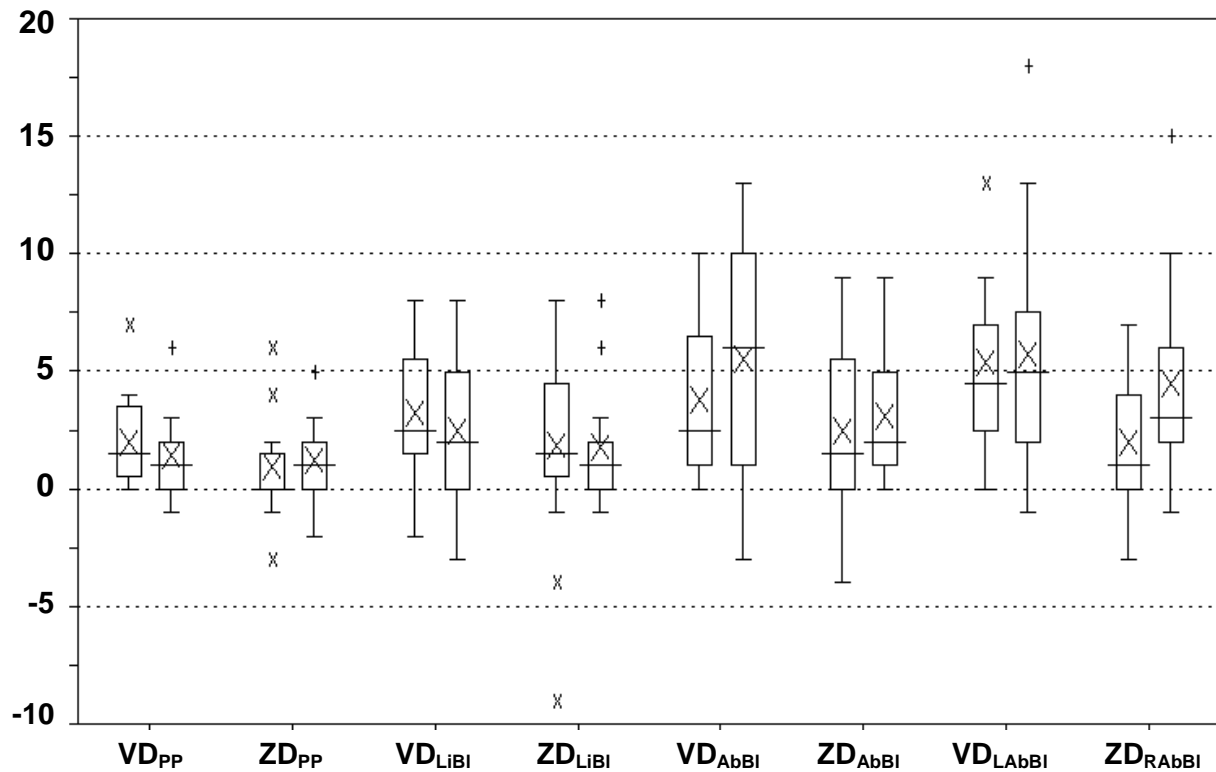
Die Restschielwinkel nach OIR und KOP sind in **Abb. 19** dargestellt. Die alleinige Rücklagerung des M. obliquus inferior hinterließ in allen Richtungen im Median eine gering oder deutlich größere Abweichung als die kombinierte Operation, mit Ausnahme der Zyklodeviation im Linksblick. Das Signifikanzniveau von  $p < 0,05$  wurde lediglich bei der Vertikaldeviation im Linksblick mit  $p = 0,0411$  und bei der Zyklodeviation im Rechtsabblick mit  $p = 0,0167$  erreicht.



**Abbildung 19:** Restschielwinkel in Grad nach OIR (jeweils linke B&W) und KOP (jeweils rechte B&W) im Vergleich von Vertikal- (VD) und Zyklodeviation (ZD) in Primärposition (PP), 25° Linksblick (LiBI), 25° Abblick (AbBI), Vertikaldeviation im Linksabblick (LAbBI) und Zyklodeviation Rechtsabblick (RAbBI).

### 3.10.2 Faltung des *M. obliquus superior* (OSF) – Rücklagerung des *M. obliquus inferior* (OIR)

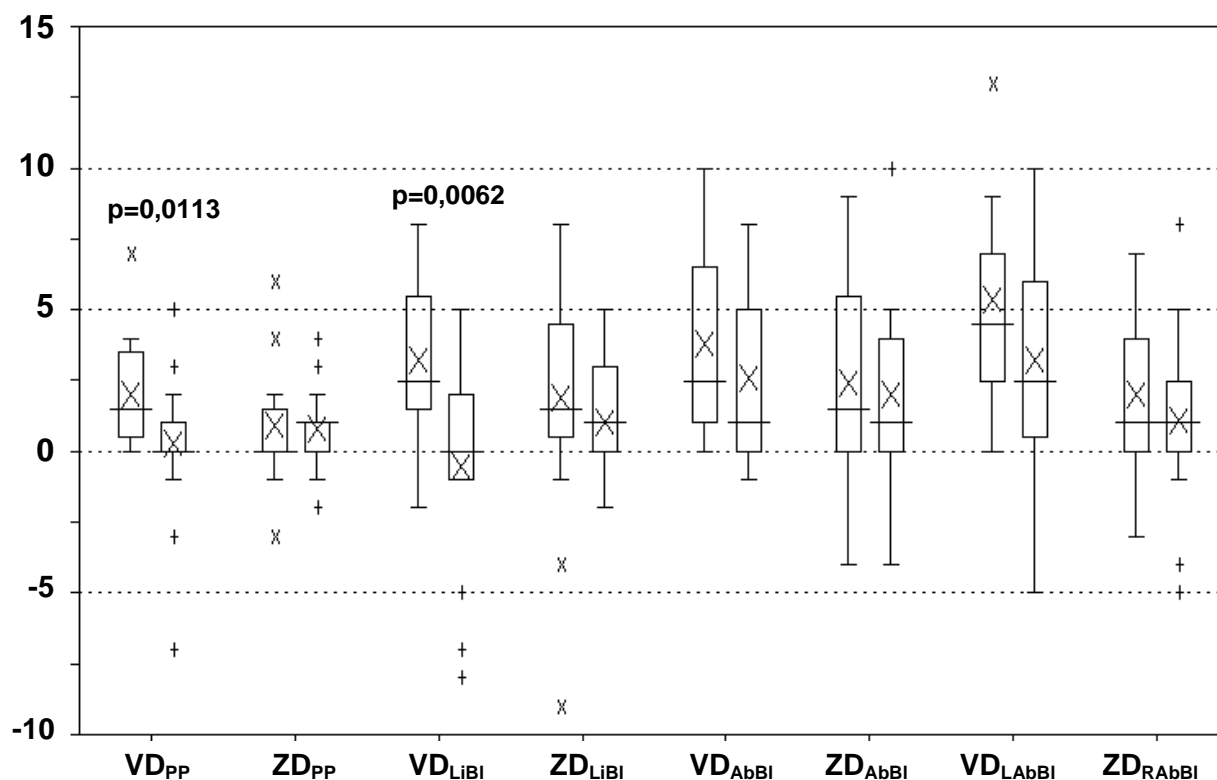
**Abbildung 20** zeigt im Box & Whiskers – Plot (B&W) den Vergleich der Restschielwinkel nach OSF und OIR. Der Unterschied der Mediane war für die residuelle Vertikaldeviation im Abblick am größten, wo die OIR ein deutlich größeres Höhenschielen hinterließ als die OSF. Der Unterschied war allerdings, wie auch beim Vergleich in den anderen Blickrichtungen, statistisch nicht signifikant.



**Abbildung 20:** Restschielwinkel in Grad nach OSF (jeweils linke B&W) und OIR (jeweils rechte B&W) im Vergleich von Vertikal- (VD) und Zyklodeviation (ZD) in Primärposition (PP), 25° Linksblick (LiBI), 25° Abblick (AbBI), Vertikaldeviation im Linksabblick (LAAbBI) und Zyklodeviation Rechtsabblick (RAAbBI).

### 3.10.3 Faltung des M. obliquus superior (OSF) – Kombination aus Rücklagerung M. obliquus inferior und Faltung M. obliquus superior (KOP)

Im Vergleich der Restschielwinkel nach OSF und KOP konnte lediglich in den Vertikaldeviationen im Geradeausblick  $p=0,0113$  und im Linksblick  $p=0,0062$  ein signifikanter Unterschied festgestellt werden. Außerdem zeigte sich nach KOP ein statistisch signifikanter ( $p<0.02$ ) Übereffekt in den oberen Blickrichtungen (in Abbildung 21 nicht gezeigt). Die Mediane der Zyklodeviationen im Abblick waren etwas größer nach alleiniger OSF, jedoch war der Unterschied im Vergleich zur KOP nicht statistisch signifikanter (**Abb. 21**).



**Abbildung 21:** Restschielwinkel in Grad nach OSF (jeweils linke B&W) und KOP (jeweils rechte B&W) im Vergleich von Vertikal- (VD) und Zyklodeviation (ZD) in Primärposition (PP), 25° Linksblick (LiBI), 25° Abblick (AbBI), Vertikaldeviation im Linksabblick (LA<sub>BI</sub>) und Zyklodeviation Rechtsabblick (RA<sub>BI</sub>).

### 3.11 Individuelle Verläufe mehrfach operierter Patienten

Insgesamt erhielten fünf Patienten einen zweiten Eingriff. In den **Abbildungen 22 bis 26** sind deren Schielwinkel im zeitlichen Verlauf dargestellt. Die kombinierte Operation bewirkte in einem Fall (4% der KOP) eine zu starke Hebungseinschränkung in Adduktion, also ein konsekutives Brown-Syndrom, das einen Zweiteingriff erforderte (Patient Nr. 6).

Bei diesem Patienten lagen elf Monate zwischen dem ersten und zweiten Eingriff, einer Rücklagerung des kontralateralen M. rectus superior. In den unteren Blickbereichen war die Zyklodeviation durch den Ersteingriff gut korrigiert (**Abb. 22**), in den horizontalen und oberen Blickrichtungen bestand jedoch eine Hypotropie des operierten Auges. Die zweite Operation erfolgte nach dem Prinzip der Gegenparese durch Rücklagerung des kontralateralen M. rectus superior, wodurch die Vertikaldeviation im Aufblick wesentlich reduziert wurde und im Geradeaus- und Abblick umschlug. Die Zyklodeviation blieb weitgehend gleich. So

konnte das Fusionsblickfeld zentriert und in den Bereich des Gebrauchsblickfeldes verlagert werden (siehe Fusionsblickfeld Patient 6, S. 49)

Präoperativ						3 Monate nach 1. OP						3 Monate nach 2. OP					
0	4	0	2	1	1	1	-14	1	-12	2	-9	1	2	-1	2	0	2
Ex 8		Ex 7		Ex 6		0		In 4		In 4		In 1		In 1		In 1	
3	7	2	4	2	2	2	-8	1	-7	3	-5	2	8	2	8	2	2
Ex 12		Ex 10		Ex 5		Ex 3		Ex 1		0		Ex 1		Ex 3		Ex 3	
10	12	8	9	9	4	4	-1	3	0	3	0	9	11	7	9	4	4
Ex 16		Ex 17		Ex 17		Ex 2		Ex 2		Ex 2		Ex 3		Ex 6		Ex 4	

**Abbildung 22:** Patient Nr. 6. Schielwinkel in Grad im Geradeaus-, Seit-, Auf- und Abblick (jeweils 25°). Zwischen beiden Eingriffen (1. OP: KOP, 2. OP: kontralaterale Rectus-superior-Rücklagerung) lagen elf Monate.

Nach Rücklagerung des M. obliquus inferior als Ersteingriff erfolgte in vier Fällen (22 % der OIR) ein verstärkender Eingriff. Bei Patient Nr. 16 lagen sechs Monate zwischen der OIR und der späteren Faltung des ipsilateralen M. obliquus superior (**Abb. 23**).

Präoperativ						3 Monate nach 1. OP						3 Monate nach 2. OP					
5	12	--	--	6	7	2	5	3	3	3	2	4	-1	6	-2	3	-1
Ex 9		--		Ex 9		Ex 4		Ex 3		Ex 3		In 2		In 3		In 2	
7	11	5	8	7	6	2	8	2	2	3	2	3	-1	4	1	3	0
Ex 9		Ex 5		Ex 7		Ex 6		Ex 2		Ex 6		Ex 2		Ex 2		0	
9	9	8	7	8	6	4	18	4	12	3	6	3	2	4	1	2	0
Ex 9		Ex 9		Ex 7		Ex 7		Ex 7		Ex 6		Ex 2		Ex 2		0	

**Abbildung 23:** Patient Nr. 16. Schielwinkel in Grad im Geradeaus-, Seit-, Auf- und Abblick (jeweils 25°). Zwischen beiden Eingriffen (1. OP: OIR, 2. OP: OSF) lagen sechs Monate.

Die nach der ersten Operation noch erheblichen Restschielwinkel im Abblick wurden im Zweiteingriff gut reduziert (**Abb. 23**). Das geringe Hebungsdefizit mit Inzyklodeviation im Aufblick war nicht störend.



Patient 17 klagte mehrere Monate nach Rücklagerung des M. obliquus inferior über erneut zunehmend störende Doppelbilder im unteren Blickbereich. Durch eine Faltung des M. obliquus superior wurden die Schielwinkel wieder verkleinert und es wurde ein komfortables Binokulares Sehen erreicht. Die geringe Hebungseinschränkung war nicht störend. Zwischen den beiden Operationen lagen 34 Monate (**Abb. 24**).

Präoperativ						3 Monate nach 1. OP						3 Monate nach 2. OP					
0	5	0	2	1	2	1	1	1	0	0	0	1	-1	2	-1	1	-1
Ex 9		Ex 6		Ex 6		Ex 1		Ex 1		Ex 1		Ex 1		Ex 1		Ex 1	
3	10	1	6	1	3	2	2	0	2	1	1	1	1	0	1	1	0
Ex 11		Ex 7		Ex 8		Ex 1		Ex 1		Ex 1		Ex 3		In 1		Ex 1	
7	15	7	15	7	9	3	5	3	5	3	3	2	1	1	1	2	0
Ex 12		Ex 12		Ex 12		Ex 1		Ex 1		Ex 1		0		0		0	

**Abbildung 24:** Patient Nr. 17. Schielwinkel in Grad im Geradeaus-, Seit-, Auf- und Abblick (jeweils 25°). Zwischen beiden Eingriffen (1. OP: OIR, 2. OP: OSF) lagen 34 Monate.

Auch bei Patient 46 genügte die Rücklagerung des M. obliquus inferior nicht zur dauerhaften Korrektur der Zyklovertikaldeviation. Die Behandlung wurde zehn Monate später mit sehr gutem Ergebnis durch eine Faltung des M. obliquus superior ergänzt (**Abb. 25**). Der minimale Restschielwinkel wurde problemlos kompensiert.

Präoperativ						3 Monate nach 1. OP						3 Monate nach 2. OP					
-4	3	-1	0	-1	0	0	-1	1	-1	2	-1	-3	-3	0	-3	-1	-3
Ex 3		Ex 3		Ex 3		Ex 3		Ex 3		Ex 3		In 1		In 2		In 2	
-1	7	-1	4	1	2	-1	3	0	1	2	0	-1	-1	0	0	0	-1
Ex 5		Ex 5		Ex 5		Ex 3		Ex 6		Ex 6		0		0		Ex 1	
2	12	0	10	3	5	0	8	0	5	3	0	0	3	0	3	0	0
Ex 5		Ex 10		Ex 10		Ex 5		Ex 9		Ex 10		Ex 3		Ex 3		Ex 2	

**Abbildung 25:** Patient Nr. 46. Schielwinkel in Grad im Geradeaus-, Seit-, Auf- und Abblick (jeweils 25°). Zwischen beiden Eingriffen (1. OP: OIR, 2. OP: OSF) lagen zehn Monate.

Bei Patient 51 war die Zyklovertikaldeviation durch Rücklagerung des M. obliquus inferior zunächst gut korrigiert. Die residuelle Abweichung nahm aber im Lauf der Zeit zu, so dass

nach sechs Jahren wegen zunehmender Diplopie ein zweiter Eingriff indiziert war. Die Faltung des M. obliquus superior lieferte ein zufriedenstellendes Ergebnis. Als typischer Begleiteffekt resultierte auch hier ein Brown-Syndrom, welches lediglich bei stärkerem Blick nach oben stört (**Abb. 26**).

Präoperativ			3 Monate nach 1. OP			3 Monate nach 2. OP											
-1	4	-1	2	-1	0	1	-5	0	5	-2	-5	0	-7	0	-6	-2	-5
Ex 5		Ex 4		Ex 5		0		In 1		0		In 2		In 3		In 2	
0	7	1	3	0	2	1	0	1	0	1	-1	0	-3	1	-1	1	-1
Ex 5		Ex 4		Ex 4		0		Ex 1		In 1		In 1		In 1		In 1	
4	11	4	6	4	2	2	1	3	0	2	-1	1	-1	3	0	2	-1
Ex 6		Ex 7		Ex 7		Ex 2		Ex 1		Ex 1		0		0		Ex 1	

**Abbildung 26:** Patient Nr. 51. Schielwinkel in Grad im Geradeaus-, Seit-, Auf- und Abblick (jeweils 25°). Zwischen beiden Eingriffen (1. OP: OIR, 2. OP: OSF) lagen 75 Monate.

### 3.12 Fusionsblickfeld im Vergleich: Präoperativ - 3 Monate postoperativ

Unter Anwendung des Doppelbildschemas nach Haase und Steinhorst auf S. 25 ergab sich unter Auswertung von 53 Patienten eine Reduktion der MdE von insgesamt 1320 MdE-Punkten auf 780 MdE-Punkte.

In **Abbildung 27** sind exemplarisch für die Patienten Nr. 1–8 deren Fusionsblickfelder, d.h., die Blickbereiche, in welchen ohne Kopfwangshaltung binokulares Einfachsehen möglich ist, im Vergleich präoperativ versus drei Monate postoperativ als helle Flächen dargestellt. Die umgebenden dunklen Flächen geben den Blickbereich an, in dem Diplopie besteht. Bei frei gelassenen Feldern waren wegen fehlender Informationen in den Patientenakten keine Angaben möglich. Die Fusionsbilder der Patienten Nr. 9–70 befinden sich im Anhang (S. 76 ff.).

**Abbildung 28** zeigt die als transparente weiß-graue Flächen übereinander gelagerten prä- und postoperativen Fusionsblickfelder aller Patienten (weiß für Fusion, grau für Diplopie). Die Blickfeldbereiche, in denen alle Patienten binokular einfach sehen konnten, sind also weiß, in den hellgrauen Arealen konnten die meisten Patienten einfach sehen, in den dunklen Bereichen bestand vorwiegend Diplopie. Getrennt nach den Operationsmethoden OIR, KOP und OSF ist der Operationseffekt an der Verlagerung des Fusionsblickfeldes nach unten, in den Bereich des Gebrauchblickfeldes zu erkennen.

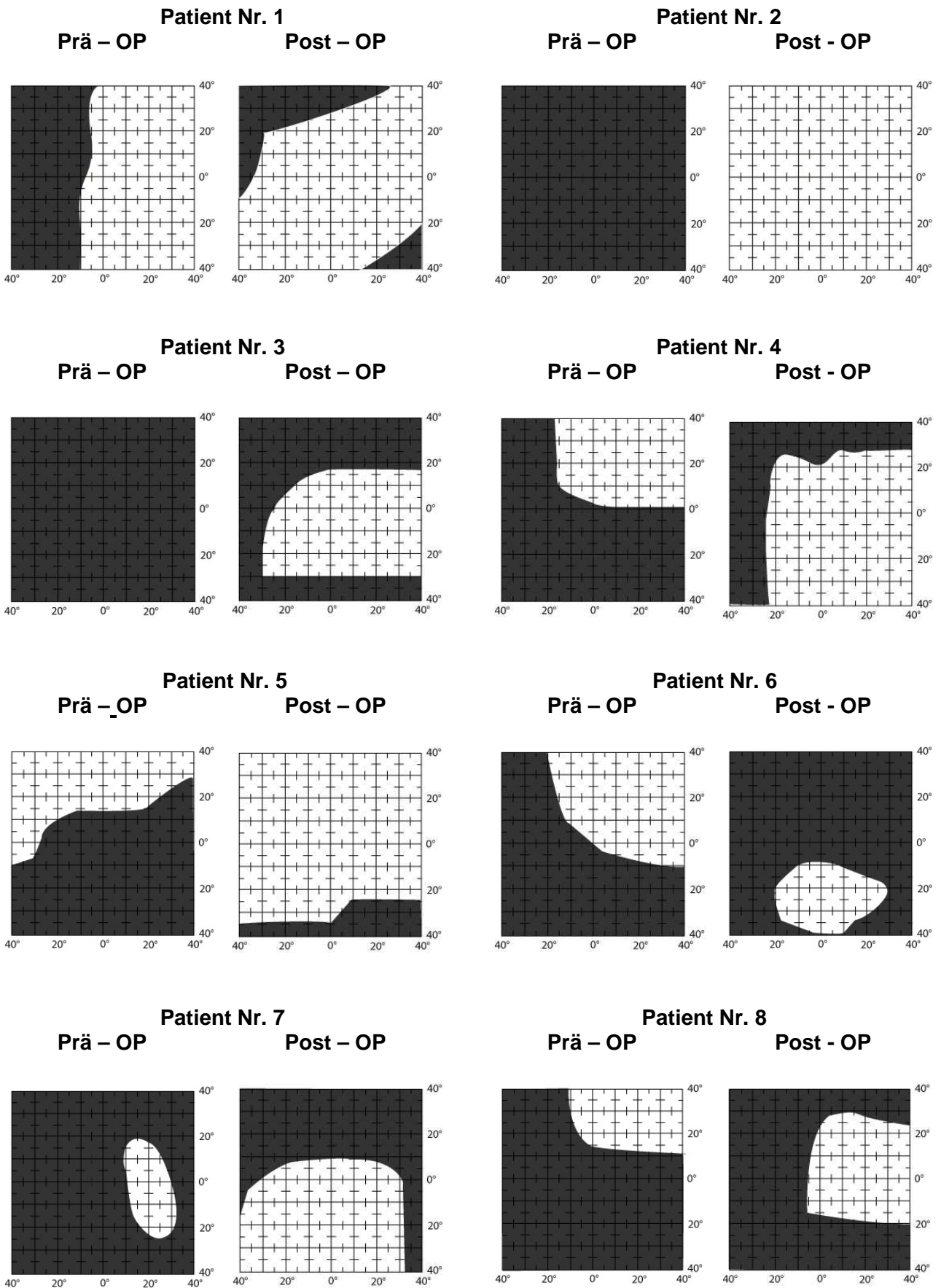
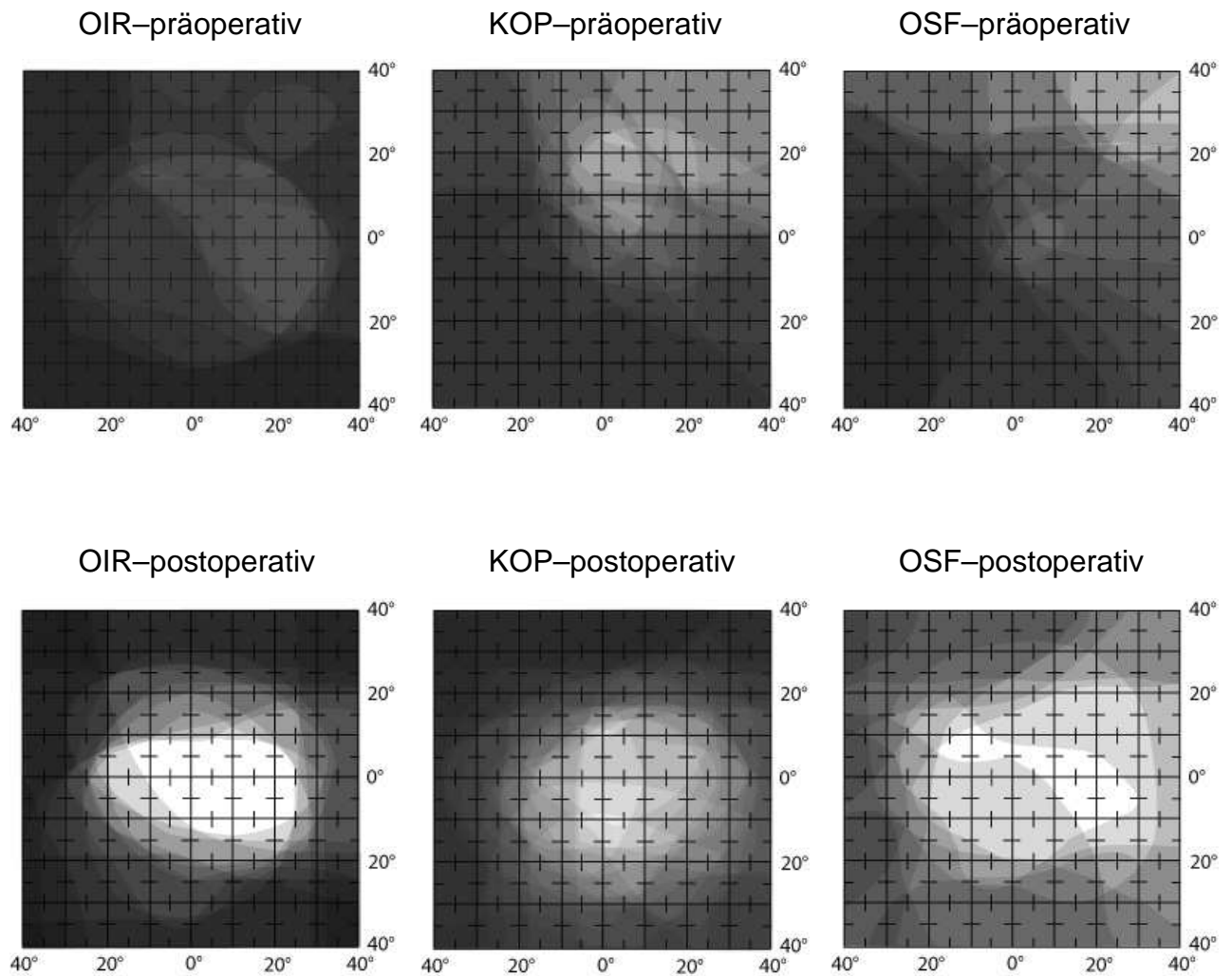


Abbildung 27: Fusionsblickfelder (hell) und Diplopiebereich (dunkel) der Patienten Nr. 1 - 8



**Abbildung 28:** Transparente Überlagerung der Fusionsblickfelder aller Patienten, die mit einer alleinigen Rücklagerung des M. obliquus inferior (OIR), einer Kombination aus Faltung des M. obliquus superior und Rücklagerung des M. obliquus inferior (KOP) oder einer alleinigen Faltung des M. obliquus superior (OSF) versorgt wurden, im prä- und postoperativen Vergleich. Je heller die Fläche, desto mehr Patienten wiesen dort binokulares Einfachsehen auf, je dunkler die Fläche, umso mehr Patienten nahmen in diesen Bereichen Doppelbilder wahr.

## 4 Diskussion

### 4.1 Trochlearisparese

Die Diagnose der erworbenen Trochlearisparese und deren Abgrenzung vom als kongenital geltenden dekompensierenden Strabismus sursoadductorius ist anhand der von Kaufmann und Kolling herausgearbeiteten Merkmale möglich (Kaufmann 1981, Kolling und Kaufmann 1984, Kolling und Einfeld 1985, Kolling 1986). Typisch für eine Trochlearisparese sind nach dem in der Regel akuten Beginn der Symptomatik eine Exzyklotropie, die im Aufblick abnimmt, im Abblick zunimmt und im Abblick bei Abduktion des paretischen Auges ihr Maximum erreicht, und ein Höherstand des paretischen Auges, der bei Adduktion und im Abblick zunimmt und bei Abduktion und im Aufblick abnimmt. Die maximale Vertikaldeviation ist bei der erworbenen Trochlearisparese nicht wesentlich größer als die maximale Exzyklodeviation. Das Kopfneigephänomen nach Hofmann und Bielschowsky ist positiv, mit einer Zunahme der Vertikaldeviation bei Kopfneigung zur Seite der Parese.

In dieser Studie zeigte die Auswertung der präoperativen Schielwinkel aller Patienten ein für die einseitige Trochlearisparese typisches Motilitätsmuster (Kaufmann 1981, Kolling und Einfeld 1985, Kolling 1986). Der Höherstand des betroffenen Auges war im kontralateralen Seitblick und im Abblick am ausgeprägtesten. Die maximale Exzyklodeviation erreichte etwa den Betrag der Vertikaldeviation und war im Abblick am größten. Die vielerorts als angeblich charakteristisch angeführte V-Inkomitanz war jedoch allenfalls gering, teilweise gar nicht vorhanden. Sie ist bei der beidseitigen Trochlearisparese regelmäßig vorzufinden, welche bei symmetrischer Ausprägung mit einer großen, im Abblick zum Teil bis 30° zunehmenden, Exzyklotropie, oft einer sehr geringen Vertikaldeviation und einem auch nur geringen Kopfneigephänomen einhergeht (Gräf et al. 2005). Bei den Patienten mit streng einseitiger Trochlearisparese war das Kopfneigephänomen mit einer Zunahme der Vertikal- und auch, in der Literatur häufig nicht erwähnt, der Exzyklodeviation bei ipsilateraler und Abnahme bei kontralateraler Kopfneigung deutlich ausgeprägt. Während die Veränderung der Zyklodeviation bei seitlicher Kopfneigung die eigentliche Störung widerspiegelt, stellt eine größere Veränderung der Vertikaldeviation teilweise ein Epiphänomen dar. Durch den Ausfall der senkenden Komponente des M. obliquus superior ist bei einer frischen Trochlearisparese zwar eine geringe Vertikaldeviation zu erwarten und vorzufinden, eine sehr ausgeprägte Änderung des Höhenschielens im Kopfneigetest und auch seine Zunahme im Geradeausblick

sind aber erst die Folge adaptiver Veränderungen, die bei Strabismus sursoadductorius sehr deutlich sind und dessen Unterscheidung von der frischen Trochlearisparese ermöglichen.

#### **4.2 Differentialdiagnose dekompensierender Strabismus sursoadductorius**

Der so genannte dekompensierende Strabismus sursoadductorius, im angloamerikanischen Raum als „congenital superior oblique palsy“ bezeichnet, stellt die wesentliche Differentialdiagnose zur erworbenen Trochlearisparese dar. Er unterscheidet sich von der erworbenen Parese typischerweise durch eine größere Vertikaldeviation (VD) von mehr als  $6^\circ$  in Primärposition mit Zunahme in Adduktion bis auf mehr als  $20^\circ$ , die im Auf- und Abblick ähnlich groß ist. Es besteht nur eine relativ geringe Zyklodeviation, so dass die maximale VD oft weit mehr als doppelt so groß ist wie die maximale Zyklodeviation. Zusätzlich zeigen die Patienten ein sehr ausgeprägtes Kopfneigephänomen mit zunehmender Vertikaldeviation bei Kopfneigung zur paretischen Seite. Der Beginn der Symptomatik ist nicht plötzlich, sondern schleichend, mit langsam zunehmender Kopfwangshaltung und eventuell zunehmenden Dekompensationsphasen, in denen der vertikale Strabismus deutlich auffällt. Vermutlich liegt meist eine angeborene Störung des M. obliquus superior und seiner Innervation zugrunde (Kolling und Eisfeld 1985, Kaufmann 2004, Rüssmann und Kaufmann 2004, Gräf und Kaufmann 2005). Der alleinige Ausfall des M. obliquus superior erklärt allerdings nicht das typische Motilitätsmuster des dekompensierenden Strabismus sursoadductorius, welches bei Fehlen sonstiger Einflüsse sehr ähnliche Schielwinkel wie die erworbene Trochlearisparese aufweisen müsste. Der Unterschied des Schielwinkel-musters ist durch zentrale Adaptation zum Zweck der fusionalen Kompensation zu erklären. Die Adaptation, die der Reduktion der Exzyklotropie dient, führt als Nebenwirkung zu einer Zunahme des Höhenschielens und des Kopfneigephänomens. Die Verstärkung des Kopfneigephänomens ist durch eine Modulation des Otolithenreflexes bzw. der okulären Gegenrollung zu erklären (Robinson 1985, Simonsz et al. 1985). Eine maßgebliche Rolle scheint dabei der Aufbau eines, vorwiegend unidirektionalen, fusionalen Vergenztonus zu spielen, denn bei symmetrischen beidseitigen Trochlearisparenen mit der gleichen Notwendigkeit fusionaler Vergenz in beide vertikale Richtungen bleiben die Amplifikation des Kopfneigephänomens und die Zunahme der Vertikaldeviation aus (Gräf et al. 2005, Gräf und Kaufmann 2005).

In anekdotischen Mitteilungen ist beschrieben, dass es sowohl infolge erworbener Läsionen der Trochlea als auch im Rahmen einer erworbenen Trochlearisparese schon innerhalb relativ

kurzer Zeit zur enormen Zunahme der Vertikaldeviation und zu einem sehr ausgeprägten Kopfniegephänomen kommen kann (Kommerell 1990, Kommerell 2004, Kommerell 2005). Das Schielwinkelmuster allein erlaubt also keine sichere Unterscheidung zwischen einer angeborenen und einer erworbenen Störung, was im Hinblick auf die Erfordernis einer weitergehenden neurologischen und neuroradiologischen Abklärung bedeutsam sein kann. Diese sollten erfolgen, wenn sich anamnestisch, unter anderem anhand alter Fotografien, kein Hinweis auf eine bereits länger bestehende Störung ergibt (in dem Fall und bei Fehlen weiterer Symptome ist eine neurologische Abklärung entbehrlich). Differentialdiagnostische Hinweise und wichtige Anhaltspunkte für die Dosierung einer Augenmuskeloperation kann die diagnostische Okklusion liefern.

### **4.3 Effekt der diagnostischen Okklusion bei erworbener Trochlearispause**

Bei Schwächung des M. obliquus superior durch eine erworbene Trochlearispause kommt es am betroffenen Auge im Wesentlichen zu einer Exzyklodeviation und, aufgrund der senkenden Wirkkomponente des Obliquus superior, auch zu einem Höherstand. Das Ausmaß der Pause, die anatomischen Gegebenheiten – die Zugrichtung der Obliqui und deren Insertion am Auge weisen im Vergleich zu den geraden Augenmuskeln eine erhebliche individuelle Variabilität auf (Fink 1962) – und die individuelle innervationelle Organisation der zyklvertikalen Augenbewegungen bestimmen die Größe der Exzyklodeviation und der Vertikaldeviation und deren Verhältnis zueinander. Durch den Aufbau eines fusionalen Inzyklovergenztonus nehmen die Exzyklodeviation ab, die Vertikaldeviation, ebenso wie das Kopfniegephänomen, dagegen regelmäßig zu (Kolling und Kaufmann 1984, Robinson 1985, Simonsz et al. 1985, Kushner 2004). Diese Zunahme ist als Folge einer zentralen Gain-Modulation zu verstehen, die zu einer veränderten neuronalen Ansteuerung, insbesondere auch der geraden Vertikalmotoren, führt (Gräf et al. 2005). Wie beim dekompensierenden Strabismus sursoadductorius bewirkt die Adaptation einen zunehmenden Unterschied zwischen Vertikal- und Zyklodeviation. Im Vergleich zur angeborenen Störung bleibt jedoch selbst bei länger bestehenden erworbenen Pausen in der Regel eine relativ ausgeprägte Exzyklodeviation bestehen (Kommerell 2005).

Durch die Unterbrechung des sensomotorischen Regelkreises mittels Okklusion eines Auges wird eine Rückkehr zur fusionsfreien Ruhelage erwartet (Marlow 1920, Marlow 1921, Marlow 1930, Marlow 1933). Bei der erworbenen Trochlearispause wäre dies eine Rückkehr

zum ursprünglichen Schielwinkelmuster, wie es kurz nach Beginn der Parese bestand, also mit größerer Exzyklo- und geringerer Vertikaldeviation.

Bei den im Rahmen dieser Arbeit untersuchten Patienten nahm die Exzyklodeviation unter diagnostischer Okklusion bei 33 Patienten zu und nur bei acht Patienten ab. Die Abnahme betrug allerdings nicht mehr als  $2^\circ$ . Bei 17 Patienten betrug auch die Zunahme nicht mehr als  $2^\circ$ . Wenn man Unterschiede bis zu  $2^\circ$  lediglich als Ausdruck von Messungenauigkeit und eventuellen Spontanschwankungen der Zyklodeviation betrachtet, so wies nur ein Drittel der Patienten eine deutliche Zunahme der Exzyklodeviation auf. Bei einem Viertel betrug die Zunahme mehr als  $3^\circ$  und bei drei Patienten mehr als  $5^\circ$ . In nur einem Fall kam eine deutliche Abnahme vor. Dieses Ergebnis deutet darauf hin, dass ein kompensatorischer Inzyklovergenztonus vorlag, der unter dreitägiger Okklusion teilweise reversibel war.

Die Änderung der Vertikaldeviation unter diagnostischer Okklusion lag bei der Hälfte der Patienten zwischen  $1^\circ$  Zunahme und  $2^\circ$  Abnahme (**Abb. 15**), im Median bei  $1^\circ$  Abnahme, mit erheblicher individueller Streuung. Im Abblick war diese Abnahme statistisch signifikant. Eine tendenzielle Abnahme der Vertikaldeviation (Das Nichterreichen des Signifikanzniveaus von 0,05 kann als Fehler zweiter Art bei relativ geringem Stichprobenumfang erklärt werden.) war auch in den anderen Blickrichtungen zu erkennen. Dies entspricht der Umkehr der Schielwinkelentwicklung, die bei der beschriebenen Adaptation an eine Trochlearisparese auftritt. Die Unterbrechung des Binokularsehens bewirkt also offenbar ein Nachlassen der Ausgleichsinnervation. Eine künstlich erzeugte Höhenabweichung wurde durch diagnostische Okklusion, wie von verschiedenen Autoren beschrieben (Slavin et al. 1988, Van Rijn et al. 1998, Liesch und Simonsz 1993), kürzlich auch bei Affen induziert (Shan et al. 2007) und als Residuum des entwicklungsgeschichtlich überholten dorsalen Lichtreflexes interpretiert. Diese Reaktion würde allerdings ein Abweichen des abgedeckten Auges nach oben induzieren und damit eine durch die Unterbrechung der Ausgleichsinnervation bedingte Abnahme der Vertikaldeviation verringern. Es ist auch denkbar, dass die adaptiv veränderten Innervationsverhältnisse relativ stabil sind und drei Tage Okklusion nicht genügen, um das ursprüngliche Innervationsmuster wieder herzustellen. Dies sind mögliche aber letztlich hypothetische Erklärungen für die Beobachtung, dass die Vertikaldeviation im Mittel nur eine geringe und das Kopfeigephenomen keine signifikante Änderung zeigte.

Die Mitteilungen zum Einfluss der diagnostischen Okklusion auf die Zyklodeviation beziehen sich im Wesentlichen auf den Strabismus sursoadductorius (Kolling 1986). In einer kürzlichen Studie wurden Patienten mit dekompensierendem Strabismus sursoadductorius vor



und nach dreitägiger Okklusion des betroffenen Auges untersucht (Kolling et al. 2005). Es wurden „typische“ und „atypische“ Fälle unterschieden. Als „typisch“ wurden Patienten eingestuft, die eine deutliche Zunahme der Vertikaldeviation im kontralateralen Seitblick zeigten, als „atypisch“ diejenigen Patienten, die bereits im Geradeausblick eine sehr große Höhenabweichung zeigten, welche daher im Blick zur Seite kaum noch zunehmen konnte. In beiden Gruppen war im Geradeausblick eine durchschnittliche Zunahme der Zyklodeviation von  $2^\circ$  zu verzeichnen. Beim „typischen“ Motilitätsmuster nahm das Höhenschielen um weniger als  $1^\circ$  ab, beim „atypischen“ Muster um  $3^\circ$ . In beiden Gruppen verringerte sich die Vertikaldeviation beim Blick zur Gegenseite der Parese um ca.  $1^\circ$ . Das heißt, unter der diagnostischen Okklusion wurden die zu Beginn „atypischen“ Winkelmuster (die dreimal häufiger waren als die „typischen“) oft in „typische“ Muster übergeführt (Kolling et al. 2005). Auch dies deutet auf den Einfluss zentraler, adaptiver Mechanismen auf die Vertikaldeviation und deren Inkomitanz hin.

Bei erworbener Trochlearisparese bewirkte die diagnostische Okklusion, wie die Ergebnisse der vorliegenden Arbeit zeigen, nicht stets, aber doch oft eine Abnahme der Vertikaldeviation und eine Zunahme der Exzyklodeviation. Unter der Okklusion bilden sich adaptive Einflüsse offensichtlich zurück und die Schielwinkel nähern sich dem ursprünglichen Muster einer frischen Trochlearisparese (Hofmann und Bielschowsky 1900, Bielschowsky 1913), was diagnostisch und dosimetrisch relevant sein kann (Kolling 1986). Die diagnostische Okklusion ist daher eine sinnvolle Maßnahme, denn sie erlaubt unter Umständen die Abgrenzung anderer zyklodeviatorischer Schielformen von der erworbenen Trochlearisparese und hilft im Fall einer deutlichen Zunahme der Exzyklodeviation, eine asymmetrische beidseitige Parese zu identifizieren, was im Hinblick auf die operative Versorgung überaus relevant ist. Darüber hinaus kann sie bei unklaren asthenopischen Beschwerden darüber Aufschluss geben, ob die Ursache der Beschwerden in einer Störung der binokularen Zusammenarbeit liegt.

#### **4.4 Kopfneigephänomen**

Die Schielwinkel einer Trochlearisparese sind in den Blickrichtungen am geringsten, in denen der M. obliquus superior normalerweise am wenigsten aktiv ist, also im Aufblick und im ipsilateralen Seitblick und besonders bei kontralateraler Kopfneigung. Bei dieser, für eine Trochlearisparese typischen, Haltung des Kopfes ist der M. obliquus superior im Rahmen der statischen okulären Gegenrollung down-reguliert, so dass die Parese wenig stört. Der Patient

reduziert durch die Kopfwangshaltung, in Form einer kontralateralen Neigung und Drehung und eventuell einer Kopfsenkung, die Schielwinkel, um in dieser Position normales Binokularsehen zu erhalten (Kommerell 1974, Kaufmann 1995, Rüßmann et al. 2004).

Klassischerweise wird das Kopfneigephänomen – die Zunahme des Höhenschielens bei ipsilateraler und seine Abnahme bei kontralateraler Kopfneigung – bei der einseitigen Trochlearisparese durch die synkinetische Innervation der Obliqui und der vertikalen Recti erklärt (Hofmann und Bielschowsky 1900). Wenn der Kopf zur Seite geneigt ist, kommt es durch den Otolithenreflex, aber auch durch visuelle Einflüsse, zur Innervation des ipsilateralen M. obliquus superior und des kontralateralen M. obliquus inferior. Da der M. obliquus superior das Auge nicht nur inzykloduziert, sondern auch senkt, und der M. obliquus inferior außer der Exzykloduktion auch eine Hebung bewirkt, werden der ipsilaterale M. rectus superior und der kontralaterale M. rectus inferior mitinnerviert, um die vertikale Wirkung der Obliqui zu neutralisieren. Dass die okuläre Gegenrollung durch die geringe zyklorotatorische Wirkung der Recti unterstützt wird, ist dabei nebensächlich. Wesentlich ist die Herstellung eines Kräftegleichgewichts, welches eine Höhenabweichung bei Kopfneigung verhindert. Fällt der M. obliquus superior aus, so überwiegt im Rahmen dieser Synkinesie die hebende Kraft des M. rectus superior. Dadurch nimmt der Höherstand des paretischen Auges bei ipsilateraler Kopfneigung zu. Die statische okuläre Gegenrollung macht nur ca. 10% der Kopfneigung aus, beträgt also bei 45° Neigung nur ca. 5°, mit erheblicher interindividueller Variabilität, die durch die individuell unterschiedliche Orbitageometrie und innervationelle Faktoren zu erklären ist. Eine Innervation der Obliqui, die eine entsprechende Zykloduktion bewirkt, hätte, ohne Berücksichtigung der Elastizität der übrigen Muskeln, lediglich einen Senkungseffekt von ca. 4° (Gräf et al. 2005). Eine Computersimulation von Robinson lieferte einen Betrag von 2,8° (Robinson 1985). Die bei länger bestehender Trochlearisparese und beim Strabismus sursoadductorius gemessene Zunahme der Vertikaldeviation bei ipsilateraler Kopfneigung ist jedoch in der Regel deutlich größer (Kolling 1986, Simonsz et al. 1985). Rein mechanische Erklärungen für diese Zunahme (Jampolsky 1994) sind unbefriedigend (Kushner 2004). Es wird angenommen, dass die Verstärkung des Kopfneigephänomens aus einer Innervationsänderung resultiert, die am betroffenen Auge zu einer verstärkten Kontraktion des Rectus superior führt (Kommerell 2004). Nach einer Hypothese von Kommerell und Klein würde der Otolithenreflex verstärkt, damit Binokularsehen mit einer möglichst geringen Kopfwangshaltung erreicht werden könne (Kommerell und Klein 1985, Kommerell und Klein 1986). Die Daten der vorliegenden Studie erlauben keine Aussage darüber, ob die kompensatorische Kopfneigung bei einseitiger Trochlearisparese durch die

Zunahme des Kopfneigephänomens tatsächlich abnimmt. Die klinische Erfahrung weist nicht auf diesen Zusammenhang hin. Der Vergleich der präoperativen Vertikaldeviationen bei Kopfneigung und orthograder Kopfhaltung zeigt, dass die Vertikaldeviation bei Neigung zur Seite des paretischen Auges mehr zunimmt als sie bei kontralateraler Kopfneigung abnimmt. Das bestätigt frühere Beobachtungen (Kolling 1986). Die Zunahme des Kopfneigephänomens scheint daher kein Kompensationsmechanismus, sondern lediglich ein Nebeneffekt zu sein, der durch die adaptive Änderung des fusionalen Vergenztonus bewirkt sein könnte. Die verstärkte Zunahme der Vertikaldeviation bei ipsilateraler Kopfneigung wäre mithin der „Preis“ für den Ausbau der vertikalen Fusionsbreite (Gräf et al. 2005). Aufgrund der genannten adaptiven Mechanismen ist es nicht zulässig, durch Addition der Abweichungen einer rechtsseitigen und einer linksseitigen Trochlearisparese auf die Winkelverhältnisse bei einer beidseitigen Parese zu schließen, was früher geschah (Kolling 1986). Dieses Konstrukt wäre allenfalls der Situation einer frischen Parese adäquat, deren Schielwinkelmuster allein dem Synkinesiemodell folgt. Bei länger bestehenden, symmetrischen Paresen unterscheiden sich die Motilitätsmuster und das Kopfneigephänomen grundlegend von den als Summe zweier einseitiger Paresen erhaltenen Werten (Gräf et al. 2005).

Bei den Patienten der vorliegenden Studie wurde das Kopfneigephänomen durch die alleinige Rücklagerung des M. obliquus inferior und die alleinige Faltung des M. obliquus superior im Median nur um  $1,5^\circ$  bzw.  $2^\circ$  reduziert, durch die kombinierte Obliquus-Operation dagegen um  $6^\circ$ . Der Effekt der kombinierten Operation war also deutlich größer, was zum einen auf den stärkeren vertikalen Effekt per se zurückgeführt werden kann, zum anderen erfordert der dadurch bedingte Umschlag der Vertikaldeviation fusionale Vergenz auch in die umgekehrte vertikale Richtung, wodurch die vermutete Amplifikation des Kopfneigephänomens entfällt, welche im Fall einer residuellen Vertikaldeviation in stets dieselbe Richtung erhalten bliebe. Die Kopfdrehung wurde bei den in Gießen operierten Patienten (für die in Essen operierten Patienten existieren diesbezüglich keine Aufzeichnungen) korrigiert, die Neigung wesentlich reduziert. Die Tatsache, dass die Reduktion der Kopfsenkung nur nach der Obliquus inferior-Rücklagerung, aber nicht nach der kombinierten Operation statistisch signifikant war, ist eher als statistischer Fehler zweiter Art, als durch eine geringere Wirkung der kombinierten Operation zu interpretieren.

#### **4.5 Operative Behandlung der erworbenen Trochlearisparese**

Zur Behandlung der erworbenen Trochlearisparese stehen unterschiedliche Methoden zur Verfügung. Kaufmann empfiehlt bei einer Vertikaldeviation bis max.  $12^\circ$  in  $25^\circ$  Adduktion des paretischen Auges die Einmuskelchirurgie (Kaufmann 2004). Bei Höhenabweichungen über  $12^\circ$  sollte die Wahl der operativen Versorgung auf die kombinierte Operation fallen, da die Operationsstrecken im Rahmen der kombinierten Obliquus-Operation dosierter gewählt werden könnten, so dass auch das postoperative Brown-Syndrom seltener und weniger ausgeprägt aufträte, als bei der alleinigen Faltung des M. obliquus superior (Kaufmann 2004). Dies kann anhand der vorliegenden Ergebnisse nicht bestätigt werden. Durch die kombinierte Operation wurde ein ausgeprägteres Brown-Syndrom induziert als durch die alleinige Faltung des Obliquus superior. Dies ist vorwiegend auf die zusätzliche Schwächung des M. obliquus inferior zurückzuführen, denn die Faltungsstrecke im Rahmen der kombinierten Operation war nicht größer, im Median sogar kleiner als bei der alleinigen Obliquus-superior-Faltung.

Die Rücklagerung eines Augenmuskels zeigt den größten Effekt in der Wirkungsrichtung des Muskels (Kaufmann 2004). Von der Rücklagerung des M. obliquus inferior ist daher im Abblick relativ wenig Effekt zu erwarten. Die Ergebnisse der vorliegenden Studie bestätigen diese Erwartung. Vielfach lag postoperativ noch eine ausgeprägte Zyklvertikaldeviation im unteren Blickbereich vor. Dennoch benötigte aus diesem Grund innerhalb des beobachteten Zeitintervalls nur ein Fünftel der Patienten einen Zweiteingriff. Für den Großteil der so operierten Patienten genügte die alleinige Obliquus-inferior-Rücklagerung. Insofern stellt dieses Verfahren als Ersteingriff bei geringer bis moderater Zyklvertikaldeviation eine durchaus gangbare Option dar, die auch von einer Reihe von Autoren empfohlen wird (Adelstein und Cüppers 1964, Fink 1962, Kolling und Kaufmann 1988, Kaufmann 2004, Hatz et al. 2006). Der Nachteil besteht in der eventuellen Notwendigkeit eines weiteren Eingriffs, der Vorteil in den nur geringen Nebenwirkungen und der meist fehlenden oder nicht störenden geringen initialen Überkorrektion.

Um eine langfristig ausreichende Wirkung der Obliquus-superior-Faltung zu ermöglichen, ist eine initiale Überkorrektion erforderlich. Diese klinische Erfahrung erscheint nachvollziehbar, denn durch die Faltung der Sehne wird der paretische Muskel nicht kräftiger und wohl auch kaum kontraktiler. Die Wirkung der Faltung der Obliquus-superior-Sehne beruht zu einem wesentlichen Teil, bei einer Paralyse vermutlich ausschließlich, darauf, dass das Auge durch das kaum dehnbare distale Sehensegment zwischen der Trochlea und der Insertion dauerhaft inzykloduziert wird. Der Muskelbauch wird infolge der Faltung proximal an die Trochlea

herangezogen. Diese stellt ein Passagehindernis dar und gewährleistet dadurch den permanenten Effekt der Faltung. Dies ist zwangsläufig mit einem mehr oder weniger ausgeprägten Brown-Syndrom verbunden. Besonders bei Berufen, die Fahrtauglichkeit oder Über-Kopf-Arbeiten voraussetzen, wirkt die Faltung des M. obliquus superior daher unangenehm und beeinträchtigt die Arbeitsfähigkeit. Kurzfristig ist sie fast immer störend.

Die modifizierten Harada-Ito-Techniken (Harada und Ito 1964, Metz und Lerner 1981) von Fells (Fells 1974) und Boergen (Boergen et al. 1996), bei denen selektiv die anterioren Sehnenfasern gefaltet bzw. vorgelagert werden, sollen die Hebung weniger beeinträchtigen, erfordern aber in Verrollungsrichtung ebenfalls die initiale Überkorrektur für ein dauerhaft gutes Resultat. Nach aktuelleren (Ehrt und Boergen 2004) und weiter zurück liegenden Mitteilungen (Boergen et al. 1996) waren die Resultate der modifizierten Harada-Ito-Operation in den horizontalen und unteren Blickrichtungen ebenso gut wie nach der konventionellen Faltung der Sehne in voller Breite und nahezu so gut wie nach der kombinierten Operation. Hierbei ist zu berücksichtigen, dass in diesen Studien lediglich die Mediane der postoperativen Schielwinkel verglichen wurden, nicht die Operationseffekte. Aufgrund mechanischer Aspekte ist von der Vorderrandfaltung ein schwächerer Effekt in vertikaler Richtung zu erwarten als von der Faltung der vollen Sehnenbreite, denn über den vorderen Rand wirkt der M. obliquus superior vorwiegend inzykloduzierend. Die senkende Wirkung wird vorwiegend dem Hinterrand zugeschrieben. Wenn, wie postuliert wird, im Aufblick weniger Brown-Syndrom induziert wird, so ist zu erwarten, dass der vertikale Effekt auch in den übrigen Blickrichtungen geringer ist. Der inzyklorotatorische Effekt kann, bei entsprechend hoher Dosierung, gleich gut sein. In der vorliegenden Studie zeigt allerdings schon die konventionelle Faltung im Vergleich zur kombinierten Operation einen geringeren zyklorotatorischen und vertikalen Effekt (Tab. 2, Abb. 18, Abb. 21). Insofern sind auch die Obliquus-superior-Faltung und ihre Varianten als Ersteingriff zur Behandlung der Trochlearisparese geeignet, möglicherweise besser als die Obliquus inferior-Rücklagerung. Der Vorteil besteht in der stärkeren Reduktion der Zyklotropie, die bei entsprechender Dosierung zu erreichen ist, und dem im Vergleich zur kombinierten Operation geringeren Brown-Syndrom, besonders bei der Vorderrandfaltung. Der Nachteil im Vergleich zur Obliquus-inferior-Rücklagerung besteht in der anfänglichen Beeinträchtigung durch die erforderliche Überkorrektur und möglicherweise persistierender Diplopie im Aufblick.

Auch für die kombinierte Obliquus-Operation ist die initial erforderliche Überkorrektur typisch. Sie klingt, zum Teil vermutlich durch ein gewisses Nachgeben der Obliquus-superior-Sehne und zum Teil durch eine Innervationsänderung, in der Regel im Lauf einiger

Wochen ab. Nach der Operation muss zur Kompensation der induzierten Inzyklodeviation, wie nach der alleinigen Faltung des M. obliquus superior, ein Exzyklovergenztonus aufgebaut werden. Allerdings ist der vertikale Effekt der kombinierten Operation stärker, was sich günstig auf das Kopfneigephänomen auswirkt, aber auch mit einem stärkeren Brown-Syndrom einhergeht. Der bessere Effekt im Abblick und in den horizontalen Blickbereichen wird also durch die schon bei geringerem Aufblick einsetzende Diplopie erkauft. Diese ist in üblichen Alltagssituationen kaum hinderlich, kann aber bei Arbeiten, die regelmäßigen Aufblick erfordern, deutlich stören. Das konsekutive Brown-Syndrom und die berufliche Tätigkeit des Patienten sind deshalb bei der Indikation der Operation zu berücksichtigen.

Alle Operationstechniken haben die möglichst weitgehende Wiederherstellung und Zentralisierung des Fusionsblickfeldes zum Ziel. Der Erfolg wird durch die Abnahme der MdE in der Gesamtsumme von 1320 MdE-Punkten auf 780 MdE-Punkte deutlich. In dieser noch relativ hohen Summe von 53 ausgewerteten Patienten, die einer durchschnittlichen postoperativen MdE von 14,7 % MdE entspricht, kommt zum Einen der Berechnungsmodus zum Ausdruck, der die Messung des FBF ohne seitliche Kopfneigung vorsieht. Das heißt, bereits eine residuelle oder erst postoperativ, nach Schielwinkelverkleinerung sinnvolle, unter Umständen relativ geringe Kopfneigung kann eine maßgebliche MdE bedingen. Außerdem schlägt Diplopie im zentralen Blickfeld und im Abblick bei der Bewertung der MdE stark zu Buche. Da der Funktionsausfall eines Augenmuskels postoperativ selbstverständlich bestehen bleibt, die Operation mithin nur die Augenstellung in einem bestimmten Blickbereich normalisieren kann, muss postoperativ zwangsläufig eine gewisse Beweglichkeitseinschränkung verbleiben. Durch die operative Überkorrektur, deren Ausgleich durch fusionale Vergenz und letztlich Vergenzadaptation, ist bei geringeren Paresen postoperativ ein normales Fusionsblickfeld erreichbar. Bei ausgeprägter Parese oder Paralyse des M. obliquus superior ist jedoch prinzipiell nur eine inkomplette Heilung möglich.

Bei geringen Schielwinkeln steht außer Zweifel, dass zunächst eine Einmuskelchirurgie erfolgen sollte. Die Wahl zwischen der Obliquus inferior-Rücklagerung und der Obliquus superior-Faltung hängt vom Ermessen des Operateurs ab. Beide Verfahren haben den stärksten Effekt im Aufblick, wo er nicht erforderlich ist bzw. stört, nach der Faltung eher als nach der Rücklagerung. Im für den Alltag meist wichtigeren Abblick hat die Faltung den besseren Zyklodeviation- und Vertikaleffekt. Eine Obliquus inferior-Rücklagerung als Ersteingriff kann dennoch sinnvoll sein, da der Effekt, wenn nötig, durch eine Faltung des M. obliquus superior ergänzt werden kann. Dies ist bei fünf Patienten dieser Studie geschehen. Wenn nicht

die Zyklotropie, sondern vorwiegend die Vertikaldeviation im Abblick stört und diese im Seitblick wenig inkomitant ist, wäre als Zweiteingriff im Sinne einer Gegenparese die Rücklagerung des kontralateralen M. rectus inferior sinnvoll.

Bei ausgeprägter Exzyklotropie ist zu entscheiden, ob die Obliquus superior-Faltung allein oder kombiniert mit einer Obliquus inferior-Rücklagerung erfolgen soll. Für die kombinierte Operation spricht in diesem Fall die vermutlich höhere Chance, mit einem einzigen Eingriff ein passables Resultat zu erzielen. Ein Argument für die alleinige Faltung, möglicherweise nur des Vorderrandes, wäre das geringere Brown-Syndrom. Bei störenden Restschielwinkeln besteht die Möglichkeit der Obliquus inferior-Rücklagerung oder der Ergänzung durch eine Rücklagerung des kontralateralen M. rectus inferior, welche, nach dem Prinzip der Gegenparese, die Chance einer Vergrößerung des Fusionsblickfeldes nach unten bietet.

Die primäre Rectus inferior-Rücklagerung am nicht paretischen Auge scheint nur bei geringer Exzyklotropie geeignet zu sein, da sie im Fall einer Trochlearisparese keinen wesentlichen Effekt in Verrollungsrichtung verspricht. Hierin besteht ein prinzipieller Unterschied zur Rücklagerung des restriktiv veränderten Rectus inferior bei endokriner Orbitopathie. Die in dieser Situation häufig vorhandene Exzyklotropie ist zum einen durch den rigiden Rectus inferior selbst, zum anderen oft durch eine vermehrte Aufblickinnervation bedingt, die auch den Obliqui inferiores zufließt. Wird die Hebung durch eine Rücklagerung des M. rectus inferior freigegeben, so nimmt dadurch die Exzyklotropie ab. Bei der Trochlearisparese liegt ein anderer Pathomechanismus vor. Falls aber die Zyklotropie gering ist und das Höhenschielen, wie bei der Trochlearisparese zu erwarten, im Abblick zunimmt, so erscheint auch die kontralaterale Rectus inferior-Rücklagerung als eine sinnvolle Option. Dem Postulat, dass sich die primäre Chirurgie an den vertikalen Recti bei einem ausgeprägten Kopfneigephänomen verbiete (Kolling 1986), sind Fallberichte von Patienten mit einem ausgeprägten (adaptiv hochmodulierten) Kopfneigephänomen gegenüberzustellen, die durch entsprechende Rectus-Chirurgie erfolgreich behandelt wurden (Kommerell 2005, Gräf 2006). Diesbezüglich sind weiterführende Auswertungen erforderlich.

## 5 Zusammenfassung

Bei zyklvertikalen Schielformen kann sich der fusionale Vergenztonus adaptiv verändern. Eine monokulare Okklusion unterbricht die binokulare Sensorik und hebt die Notwendigkeit fusionaler Vergenz auf, wodurch das genuine Profil der zugrunde liegenden Störung hervortreten soll, was diagnostisch und dosimetrisch relevant ist. Um den Effekt der diagnostischen Okklusion auf das Motilitätsmuster bei einseitiger Trochlearisparese zu untersuchen, wurden aus dem operativen Krankengut der Universitätsaugenklinik für Schielbehandlung und Neuroophthalmologie Gießen 51 Patienten im Alter von sechs bis 78 Jahren anhand der Operationsdokumentationen ausgesucht. Bei diesen Patienten wurden vor und unmittelbar nach einer dreitägigen diagnostischen Okklusion die subjektiv lokalisierten Schielwinkel an der Tangentenskala nach Harms in 2,5 m Distanz mit einem Dunkelrotglas vor dem nichtparetischen Auge gemessen. Statistisch ausgewertet wurden unter anderem die Vertikal- und Zyklodeviation in Primärposition, bei 25° Abduktion des nichtparetischen Auges (in Adduktion des paretischen Auges) und bei 25° Abblick. Unter Okklusion zeigte sich eine statistisch signifikante Zunahme der Zyklodeviation, die mit 1° im Median gering war, bei großer Variabilität. Die Abnahme der Vertikaldeviation war lediglich im Abblick signifikant. Die Auswertung zeigt, dass eine diagnostische Okklusion bei erworbener Trochlearisparese oft, aber nicht regelmäßig zu einer Abnahme der Vertikal- und einer Zunahme der Exzyklodeviation führt.

Zur operativen Behandlung der Trochlearisparese hat sich bisher keine einheitliche Vorgehensweise durchgesetzt. In dieser Studie wurden daher die Effekte der alleinigen Rücklagerung des M. obliquus inferior (OIR), der alleinigen Faltung des M. obliquus superior (OSF) und einer Kombination dieser beiden Operationsverfahren (KOP) untersucht, indem die Schielwinkel der unterschiedlich operierten Patienten prä- und drei Monate postoperativ an der Tangentenskala nach Harms gemessen und statistisch ausgewertet wurden. Hierzu wurden weitere 19 Patienten aus dem Zentrum für Augenheilkunde des Universitätsklinikums Essen rekrutiert, die nach denselben Kriterien ausgesucht worden waren und eine OSF erhalten hatten. Das Kopfneigephänomen und die Zyklvertikaldeviationen wurden durch die KOP stärker reduziert als durch die OIR oder die OSF allein. Besonders im unteren Blickbereich hinterließen die OIR und die OSF größere Restschielwinkel als die KOP. Der stärkere Effekt der KOP in den horizontalen und unteren Blickrichtungen ging im Aufblick mit einem Brown-Syndrom einher.



## Abstract

The fundamental motility pattern of cyclovertical strabismus can be modulated by adaption due to the compensatory fusional vergence tonus. Monocular occlusion interrupts binocular vision and eliminates the need of fusional vergence. So, diagnostic occlusion may be useful to isolate the genuine profile of the fundamental disorder as an important finding regarding both the diagnostics of the palsy and the dosage of surgery. In this study, the effect of diagnostic occlusion on the motility pattern of unilateral acquired trochlear nerve palsy was investigated. All together there were 51 patients aged 6 to 78 years with unilateral acquired trochlear nerve palsy who were examined before and after three days of diagnostic occlusion. The subjective squint angles localized with a dark red glass in front of the non-paretic eye were measured at a distance of 2.5 m using Harms' tangent scale. Vertical and torsional angles in primary position, in 25° abduction of the non paretic eye (adduction of the paretic eye), and in 25° down gaze were compared. Diagnostic occlusion caused an increase of excyclodeviation which was statistically significant but small, with the median at 1° and large variability. In down gaze, there was a significant decrease of the hyperdeviation. Concluding the diagnostic occlusion often but not regularly causes a decrease of the vertical and an increase of the excyclodeviation in patients with acquired trochlear nerve palsy.

For surgical treatment of unilateral acquired trochlear nerve palsy there are different surgical treatments recommended. In this study, recession of the inferior oblique muscle (OIR), tucking or advancement of the superior oblique tendon (OSF) and the combination of both procedures (KOP) were investigated regarding their effect on cyclo-vertical deviation and head-tilt phenomenon. Squint angles and fields of binocular fusion were measured at a distance of 2.5 m using Harms' tangent scale before and three months after surgery. For investigation of the effect of pure OSF, data of additional 19 patients were recruited in the Department of Ophthalmology, University of Essen. Head-tilt phenomenon and cyclo-vertical deviation were more effectively reduced by KOP than by pure IOR or OSF. Especially in downgaze residual squint angles were larger after pure OIR and OSF than after KOP. , but therefor a Brown-Syndrome often appeared at upgaze. The higher beneficial effect of KOP in the horizontal and downgaze directions came along with the distracting side effect of Brown's syndrome in upgaze.

## 6 Literatur

- Adelstein F, Cüppers C. Zum Problem der Vertikalparesen im Rahmen der Strabismustherapie (Beitrag zur operativen Therapie der schrägen Vertikalmotoren). *Klin Monatsbl Augenheilkd* 1964; 144: 555–566
- Averbuch-Heller L, Rottach KG, Zivotofsky AZ, Suarez JI, Pettee AD, Remler BF, Leigh RJ. Torsional eye movements in patients with skew deviation and spasmodic torticollis: responses to static and dynamic head roll. *Neurology* 1997; 48: 506–514
- Bagolini B. Presentation of a bar of light ray-absorbing filters of progressive density, its utility in the diagnosis & treatment of strabismus. *Boll Ocul* 1957; 36: 638–651
- Bagolini B. Technic for examination of binocular vision without introduction of dissociating elements: the striated glass test. *Boll Ocul* 1958; 37: 195–209
- Bielschowsky A. Über die relative Ruhelage der Augen. *Ber 39. Vers dtsh ophthalmol Ges Heidelberg* 1913; 67–79
- Bielschowsky A. Kompensatorische Operationen an den Augenmuskeln. *Monatsbl Augenheilkd* 1923; 71: 764–765
- Bielschowsky A. Motilitätsstörungen der Augen. In: Graefe-Saemisch: *Handbuch der gesamten Augenheilkunde*, 2. Aufl, Bd 8, Kapitel XI, Nachtrag I. Springer, Berlin 1939
- Bielschowsky A, Ludwig A. Das Wesen und die Bedeutung latenter Gleichgewichtsstörungen der Augen, insbesondere der Vertikalablenkungen. *Albrecht von Graefe's Arch Ophthalmol* 1906; 62: 400–463
- Boergen KP, Arzt M, Schworm HD. Results of different surgical procedures in trochlear palsy. *Trans 23<sup>rd</sup> Meeting European Strabismological Association Nancy* 1996; 289–292

Brazis PW. Palsies of the trochlear nerve: diagnosis and localization - recent concepts.  
Mayo Clin Proc 1993; 68: 501–509

Brodsky M. Marlow occlusion: does it create or eliminate artifact? Strabismus. Taylor &  
Francis 2005; 13: 149–150

Brückner R. Über die transkonjunktivale Aufsuchung und Rücklagerung des M. obliquus  
inferior. Ophthalmologica 1975; 163: 185

Cashell GTW, Durrant M. Grundriß der Orthoptik. Springer Verlag, Berlin-Heidelberg, 1969

Colewijn H, Van der Steen J, Ferman L, Jansen TC. Human ocular counterroll: assessment  
of static and dynamic properties from electromagnetic scleral coil recordings.  
Exp Brain Res 1985; 59: 185–196

Cooper J. Clinical stereopsis testing: contour and random dot stereograms. J Am Optom  
Assoc 1979; 50 (1): 41–46

Cüppers C. Beitrag zur Chirurgie des Obliquus superior. Ber. 34. Vers  
Rhein-Main Augenärzte 1961. Klin Monatsbl Augenheilkd 1963; 142: 760

de Decker W. Bindehauteröffnung am Limbus. Klin Monatsbl Augenheilkd 1967; 151: 76

de Decker W. Faltung des M. obliquus superior über dem Spatel. Klin Monatsbl Augenheilkd  
1975; 166: 311–314

DIN-EN ISO 8596 “Sehschärfeprüfung”. Beuth Verlag Berlin, Köln 1996

DIN 58220 “Sehschärfebestimmung” Teil 3 und 5. Beuth Verlag Berlin, Köln 1997

Dinu D, Grigorescu A, David R, Urda S. Some principles in surgical treatment of strabismus.  
Oftalmologia 2007; 51: 18–23

- Ehrt O, Boergen KP. A concept for the surgical treatment of trochlear palsy. *Strabismus* 2004; 12: 75–83
- Eisenkraft B, Ortiz AO. Imaging evaluations of cranial nerve 3, 4 and 6. *Semin Ultrasound CT MR* 2001; 22: 488–501
- Fells P. Management of paralytic strabismus. *Br J Ophthalmol* 1974; 58: 255–265
- Fink WH. *Surgery of the vertical muscles of the eye*. Thomas, Springfield, 1962
- Foster J. Certain operations on the superior oblique. *Br J Ophthalmol* 1946; 30: 676–682
- Gräf M. Akuter Strabismus. *Klin Monatsbl Augenheilkd* 2004; 221: R71–93
- Gräf M. Sehschärfe. In: Kroll P, Küchle M, Küchle HJ (Hrsg) *Augenärztliche Untersuchungsmethoden*. Thieme, Stuttgart, 2008: 1–21
- Gräf M, Kaufmann H. Pathophysiologie und Therapie des dekompensierenden Strabismus sursoadductorius. *Z prakt Augenheilkd* 2005; 26: 301–306
- Gräf M, Weihs J. In: Gomez de Liano R (ed). *Surgery for unilateral acquired trochlear nerve palsy. What´s the best choice?* Transactions 31<sup>st</sup> Meeting of the European Strabismological Association, Mykonos, Greece, 2007
- Gräf M, Weihs J. Surgery for acquired trochlear nerve palsy. *Ophthalmologie* 2008; 105: 931–935
- Gräf M, Weihs J. Effect of diagnostic occlusion in acquired trochlear nerve palsy. *Graefe´s Arch Clin Exp Ophthalmol* 2009; 247: 253–259
- Gräf M, Krzizok T, Kaufmann H. Kombinierte Obliquusoperation mit Ansatzverlagerung bei Strabismus sursoadductorius. *Klin Monatsbl Augenheilkd* 1994; 205: 329–335

Gräf M, Krzizok T, Kaufmann H. Das Kopfneigephänomen bei einseitigen und beidseitigen symmetrischen Trochlearispareesen. *Klin Monatsbl Augenheilkd* 2005; 222: 142–149

Gräf M, Lorenz B, Eckstein A, Esser J. Superior oblique tucking with vs. without additional inferior oblique recession for acquired trochlear nerve palsy. *Graefe's Arch Clin Exp Ophthalmol* 2009; im Druck

Gramberg-Danielsen B. *Rechtliche Grundlagen der augenärztlichen Tätigkeit.*  
Enke, Stuttgart, 2002

Haase H, Steinhorst U. Störungen des Binokularsehens. In: Gramberg-Danielsen B (Hrsg)  
*Medizinische Grundlagen der augenärztlichen Begutachtung.*  
Enke, Stuttgart, 1991: 117–133

Harada M, Ito Y. Surgical correction of cyclotropia. *Jpn J Ophthalmol* 1964; 8: 88–96

Harms H. Über die Untersuchung von Augenmuskellähmungen. *Albrecht von Graefe's Arch Ophthalmol* 1941; 144: 129–149

Hatz KB, Brodsky M, Killer HE. When is isolated inferior oblique muscle surgery appropriate for superior oblique palsy? *Eur J Ophthalmol* 2006; 16: 10–16

Helveston EM, Ellis FD. Superior oblique tuck for superior oblique palsy.  
*Aust J Ophthalmol* 1983; 11: 215–220

Herzau V. Sensorik des Binokularsehens. In: Kaufmann H (Hrsg): *Strabismus.*  
Enke, Stuttgart, 1995: 118–154

Hofmann FB, Bielschowsky A. Über die der Willkür entzogenen Fusionsbewegungen der Augen. *Pflügers Arch ges Physiol* 1900; 80: 1–39

Hofmann FB, Bielschowsky A. Die Verwertung der Kopfneigung zur Diagnostik von Augenmuskellähmungen aus der Heber- und Senkergruppe. *Albrecht von Graefe's Arch Ophthalmol* 1900; 51: 174–185

- Jampel RS, Shi DX. The absence of so-called compensatory ocular counter torsion the response of the eyes to head tilt. *Arch Ophthalmol* 2002; 120: 1331–1340
- Jampolsky A. A new look at the head tilt test. In: Fuchs AF, Brandt TH, Buettner U, Zee DS (Hrsg) *Contemporary ocular motor and vestibular research*. Thieme, Stuttgart, 1994: 432–439
- Julesz, B. Binocular depth perception of computer generated patterns. *Bell Systems Technical Journal* 1960; 39: 1125–1162
- Julesz, B. *Foundations of cyclopean perception*. University of Chicago Press, Chicago, 1971
- Kaufmann H. Zur Therapie von angeborenen und erworbenen Augenmuskelparesen. *Ber Dtsch Ophthalmol Ges* 1978; 75: 469
- Kaufmann H. Indikation zur Operation an den schrägen Augenmuskeln. *Orthoptik-Pleoptik* 1981; 9: 57–63
- Kaufmann H. Periphere Augenmuskelparesen. In: Lund OE, Waubke TN (Hrsg) *Neuroophthalmologie*. Enke, Stuttgart, 1993
- Kaufmann H. Mechanik pathologischer Augenbewegungen. In: Kaufmann H (Hrsg) *Strabismus*. Enke, Stuttgart, 1995: 168–175
- Kaufmann H. Augenmuskeloperationen. In: Kaufmann H (Hrsg) *Strabismus*. Thieme, Stuttgart, 2004: 497–564
- Kaufmann H, Steffen H. Anatomie und Physiologie der Orbita und des Bewegungsapparates. In: Kaufmann H (Hrsg) *Strabismus*. Thieme, Stuttgart, 2004: 26–59
- Kolling G. Diagnostik und operative Korrektur von Vertikal- und Zyklodeviationen bei Störungen schräger Augenmuskeln. Dosis-Wirkungsbeziehungen verschiedener Eingriffe. *Habilitationsschrift des Fachbereichs Humanmedizin der Justus-Liebig-Universität Giessen*. Giessen 1986

Kolling G, Kaufmann H. Concerning diagnosis and therapy of cyclovertical deviations. In Gregersen E (Hrsg) Transactions 14th Meeting European Strabismological Association, Kopenhagen, 1984: 131–137

Kolling G, Eisfeld K. Differentialdiagnose zwischen ein- und beidseitigem Strabismus sursoadductorius und erworbener Trochlearisparese. Orthoptik-Pleoptik 1985; 12: 17–24

Kolling GH, Kaufmann H. Therapie von Vertikaldeviation und Zyklotropie bei Störungen der Mm. obliqui. Z prakt Augenheilkd 1988; 9: 288–292

Kolling GH, Steffen H, Baader A, Unnebrink K. Diagnostic occlusion test in cases of unilateral strabismus sursoadductorius. Strabismus 2004; 12: 41–50

Konen W, Rüssmann W. Dosiswirkungsbeziehungen bei Schieloperationen. Schielen 1983; 14: 16

Kommerell G. Nystagmusoperationen zur Korrektur verschiedener Kopfzwangshaltungen. Klin Monatsbl Augenheilkd 1974; 164: 172–191

Kommerell G, Klein U. Das ungelöste Problem des Bielschowsky-Kopfneigephänomens. Orthoptik-Pleoptik 1985; 12: 25–29

Kommerell G, Klein U. Adaptive changes of the otolith-ocular reflex after injury to the trochlea. Neuroophthalmology 1986; 6: 101–107

Kommerell G. Adaptation des okulomotorischen Systems. Zeitschr prakt Augenheilkd 1990; 11: 223–229

Kommerell G. Störungen der Augen-, Lid- und Pupillenmotorik. In: Kaufmann H (Hrsg) Strabismus. Thieme, Stuttgart, 2004: 442–494

Kommerell G. Adaptation der Augenstellung bei Trochlearisparese. Vortrag 11. Strabologische und Neuroophthalmologische Falldemonstration, St. Gallen, 2005

Kretzschmar A, Rost D, Gräf M. Einfluss der Prismenüberkorrektur auf den postoperativen Restschielwinkel. *Klin Monatsbl Augenheilkd* 2007; 224: 659–663

Kretzschmar A. Prismenüberkorrektur bei großem Anomaliewinkel nach Konvergenzoperation. Inauguraldissertation des Fachbereichs Humanmedizin der Justus-Liebig-Universität Gießen. Giessen 2008

Krzizok T. Hinweise zur Begutachtung bei Störungen des Binokularsehens. In: Kaufmann H (Hrsg) *Strabismus*. Thieme, Stuttgart 2004: 567–570

Kushner BJ. Ocular torsion: Rotations around the „WHY“ axis. *J AAPOS* 2004 ; 8: 1–12

Laine FJ. Cranial nerve III, IV and VI. *Top Magn Reson Imaging* 1996; 8: 111–130

Lang J. Ein neuer Stereotest. *Klin Monatsbl Augenheilkd* 1983; 182: 373–375

Lang J. *Mikrostrabismus*. Enke, Stuttgart, 1982

Lang J. *Strabismus - Diagnostik, Schielformen, Therapie*. Huber, Bern, 1995: 24–34

Leigh RJ, Zee DS. *The Neurology of Eye Movements*. Oxford University Press, New York, 1999: 286–318

Liesch A, Simonsz HJ. Up- and downshoot in adduction after monocular patching in normal individuals. *Strabismus* 1993; 1: 12–36

Mackensen G. Die Tangentenskala nach Harms. In: Hollowich (Hrsg) *Augenmuskel-lähmungen*, Bücherei des Augenarztes, Heft 46, Enke, Stuttgart, 1977: 254–260

Marlow FW. The influence of prolonged monocular occlusion in revealing errors of the muscle balance. *Br J Ophthalmol* 1920(a); 4: 145–155



Marlow FW. Prolonged monocular occlusion as a test for the muscle balance. *Trans Am Ophthalmol Soc* 1920(b); 18: 275–290

Marlow FW. The prolonged occlusion test. *Br J Ophthalmol* 1930; 14: 385–393

Marlow FW. Recent observations on the prolonged occlusion test. *Am J Ophthalmol* 1933; 16: 519–527

Metz HS, Lerner H. The adjustable Harada-Ito procedure. *Arch Ophthalmol* 1981; 99: 624–626

Mollan SP, Edwards JH, Price A, Abbott J, Burdon MA. Aetiology and outcomes of adult superior oblique palsies: a modern series. *Eye* 2009; 23: 640–644

Nagel A. Ueber das Vorkommen von wahren Rollungen des Auges um die Gesichtslinie. *Albrecht von Graefe's Arch Ophthalmol* 1871; 17, Abt. 1: 237–264

Neikter B. Effects of monocular occlusion on ocular alignment in normal subjects. *Strabismus* 1994; 2: 67–77

Noorden GK v. Clinical observations in cyclodeviations. *Ophthalmology* 1979; 86: 1451–1461

Noorden GK v, Campos E. *Binocular Vision and Ocular Motility. Theory and Management of Strabismus*. Mosby, St. Louis, 2002

Robinson DA. The Bielschowsky head-tilt test. I. Quantitative mechanics of the Bielschowsky head-tilt test. *Vision Res* 1985; 25: 1983–1988

Roper KN, Bannon RE. Diagnostic values of monocular occlusion. *Arch Ophthalmol* 1944; 31: 316-320

- Rost D, Kretzschmar A, Gräf M. Durchführung und Ergebnisse der Prismenüberkorrektur nach Operation eines Strabismus convergens mit großem Anomaliewinkel. *Z prakt Augenheilkd* 2006; 27: 355–358
- Rucker CW. The causes of paralysis of the third, fourth and six cranial nerves. *Am J Ophthalmol* 1966; 61: 1293–1298
- Rush JA, Younge BR. Paralysis of cranial nerves III, IV and VI. *Arch Ophthalmol* 1981; 99: 76–79
- Rüßmann W, Kaufmann H. Anwendungsleitpfade und typische Befunde. In: Kaufmann H (Hrsg) *Strabismus*. Enke, Stuttgart, 2004: 405–415
- Rüßmann W, Fricke J, Neugebauer A. Heterophorie und Asthenopie. In: Kaufmann H (Hrsg) *Strabismus*. Enke, Stuttgart, 2004: 159–188
- Rüßmann W, Fricke J, Neugebauer A. Untersuchung der Sensorik. In: Kaufmann H (Hrsg) *Strabismus*. Thieme, Stuttgart, 2004: 376–405
- Rüßmann W, Fricke J, Neugebauer A. Untersuchung der Motorik. In: Kaufmann H (Hrsg) *Strabismus*. Thieme, Stuttgart, 2004: 333–375
- Saunders RA. Treatment of superior oblique palsy with superior oblique tendon tuck and inferior oblique muscle myectomy. *Ophthalmology* 1986; 93: 1023–1027
- Shan X, Tian J, Ying H, Quaia C, Optican L, Walker M, Tamargo R, Zee DS. Acute superior oblique palsy in monkeys: I. Changes in static eye alignment. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 2007; 48: 2602–2611
- Simonsz HJ. The history of the scientific elucidation of ocular counterrolling. *Doc Ophthalmol* 1985; 61: 183–189

Simonsz HJ, Crone RA, van der Meer J, Merckel-Timmer CF, van Mourik-Noordenbos AM. Bielschowsky head-tilt test – I. Ocular counterrolling and Bielschowsky head-tilt test in 23 cases of superior oblique palsy. *Vision Res* 1985; 25: 1977–1982

Slavin ML, Potash SD, Rubin SE. Asymptomatic physiologic hyperdeviation in peripheral gaze. *Ophthalmology* 1988; 95: 778–781

Stager DR, Parks MM. Inferior oblique weakening procedures. *Arch Ophthalmol* 1973; 90: 15–16

Staubach F, Lagrèze WA. Paresen okulomotorischer Hirnnerven. *Ophthalmologe* 2007; 104: 733–746

Stärk N. Tenonchirurgie bei Schieloperationen. *Klin Monatsbl Augenheilkd* 1992; 201: 178–180

Steffen H, Kolling G. Single or combined oblique surgery in acquired and congenital superior oblique palsy. *Ann N Y Acad Sci* 2005; 1039: 583–587

Trepel M. Peripheres Nervensystem. *Neuroanatomie – Struktur und Funktion*. Urban & Fischer, München, 2004: 21–80

Van Rijn LJ, Ten Tusscher MPM, De Jong I, Hendrikse F. Asymmetrical vertical phorias indicating dissociated vertical deviation in subjects with normal binocular vision. *Vision Res* 1998; 38: 2973–2978

Wieser D. Zur Klinik und Therapie der kongenitalen Trochlearisparesie. *Klin Monatsbl Augenheilkd* 1982; 180: 467–470

## 7 Anhang

**Tabelle 1:** Patienten mit einseitiger Trochlearisparese. OSF = Faltung des M. obliquus superior, OIR = Rücklagerung des M. obliquus inferior; Operationsdosis in mm.

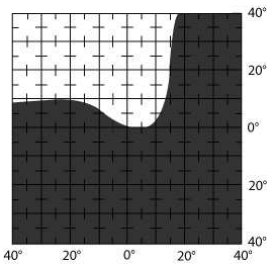
Pat. Nr.	Geschlecht	Alter bei OP (Jahre)	Ursache der Parese	Parese-dauer (Monate)	Seite der Parese	Operation: Dosierung (mm)
1	w	36	Trauma (Auto)	192	rechts	OSF: 8
2	m	75	Ischämie (Insult)	48	rechts	OIR: 5 / OSF: 5
3	m	68	Tumor (Meningeom)	36	links	OIR: 6 / OSF: 8
4	m	44	Trauma (Auto)	12	links	OIR: 4 / OSF: 4
5	m	44	Ischämie (Insult)	12	links	OIR: 8
6	w	61	Unbekannt	24	links	OIR: 6 / OSF: 6
7	w	21	Trauma (Klettern)	24	links	OIR: 8
8	w	35	Trauma (Snowboard)	24	links	OIR: 5 / OSF: 5
9	m	60	Unbekannt	24	links	OIR: 4 / OSF: 6
10	w	43	Tumor (Meningeom)	12	links	OIR: 6 / OSF: 6
11	w	46	Tumor (Meningeom)	12	rechts	OIR: 10 / OSF: 8
12	w	32	Trauma (Reiten)	180	links	OIR: 8
13	m	39	Tumor (Meningeom)	12	rechts	OIR: 5 / OSF : 6
14	m	14	Trauma (Klettern)	12	links	OIR: 8
15	m	18	Trauma (Fahrrad)	24	links	OIR: 10
16	m	48	Trauma (Sturz auf Eis)	12	links	OIR: 8
17	m	58	Ischämie (Insult)	12	links	OIR: 8
18	m	25	Trauma (Auto)	48	rechts	OIR: 6 / OSF: 6
19	m	61	Unbekannt	24	links	OIR: 5 / OSF: 5
20	m	55	Trauma (Auto)	12	links	OIR: 8
21	m	67	Subarachnoidalzyste	36	links	OIR: 8
22	m	68	Subduralhämatom	24	links	OIR: 4 / OSF: 6
23	m	42	Trauma (Auto)	12	rechts	OIR: 8
24	m	43	Trauma (Fahrrad)	36	links	OIR: 5 / OSF: 5
25	w	54	Trauma (Fahrrad)	12	links	OIR: 4 / OSF: 6
26	w	52	Unbekannt	12	rechts	OIR: 6
27	w	51	Subarachnoidalblutung	24	links	OIR: 5 / OSF: 6
28	w	46	Trauma (Auto)	420	rechts	OSF: 8
29	w	41	Trauma (Auto)	276	links	OIR: 10
30	w	46	Trauma (Auto)	252	links	OIR: 8 / OSF: 6
31	w	78	Trauma (Auto)	120	links	OIR: 10
32	w	24	Trauma (Auto)	36	links	OIR: 8 / OSF: 4
33	m	29	Trauma (Auto)	48	rechts	OIR: 6 / OSF: 6
34	w	47	Trauma (Auto)	276	links	OIR: 6 / OSF: 4
35	m	28	Trauma (Auto)	24	rechts	OIR: 8
36	w	18	Trauma (Auto)	24	rechts	OIR: 4 / OSF: 6
37	w	71	unbekannt	12	rechts	OIR: 4 / OSF: 5
38	w	56	unbekannt	24	rechts	OIR: 6 / OSF: 5
39	m	61	Tumor	12	links	OIR: 10
40	w	62	unbekannt	12	rechts	OIR: 8 / OSF: 4
41	w	75	Ischämie (Insult)	24	rechts	OIR: 8 / OSF: 4
42	w	6	Trauma (Glasschüssel)	12	rechts	OSF: 6
43	w	57	unbekannt	204	links	OSF: 4
44	m	63	Ischämie (Insult)	24	links	OIR: 8
45	m	57	unbekannt	72	links	OIR: 5 / OSF: 6
46	m	72	Borreliose	48	rechts	OIR: 10
47	w	44	Tumor	48	links	OIR: 4 / OSF: 6

**Fortsetzung Tabelle 1:** Patienten mit einseitiger Trochlearisparese. OSF = Faltung des M. obliquus superior, OIR = Rücklagerung des M. obliquus inferior; Operationsdosis in mm.

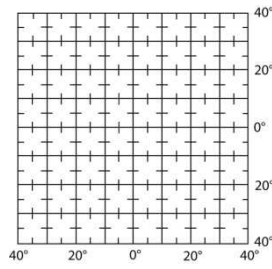
Pat. Nr.	Geschlecht	Alter bei OP (Jahre)	Ursache	Parese-dauer (Monate)	Seite der Parese	Operation: Dosierung (mm)
48	m	67	Trauma (Auto)	24	rechts	OSF: 4
49	m	72	Ischämie (Insult)	24	rechts	OIR: 4 / OSF: 4
50	w	74	Ischämie (Insult)	24	links	OIR: 5 / OSF: 5
51	m	35	Unbekannt	36	rechts	OIR: 8
52	m	24	Unbekannt	36	rechts	OSF: 8
53	w	42	Unbekannt	14	rechts	OSF: 8
54	w	43	Trauma	120	rechts	OSF: 8
55	w	42	Trauma	15	links	OSF: 8
56	m	43	Trauma	12	links	OSF: 6
57	w	50	Unbekannt	24	links	OSF: 8
58	m	75	Unbekannt	13	links	OSF: 6
59	w	66	Ischämie (Insult)	24	links	OSF: 8
60	m	67	Unbekannt	18	links	OSF: 8
61	w	28	Tumor	30	links	OSF: 6
62	w	39	Trauma	60	links	OSF: 8
63	w	39	Unbekannt	60	rechts	OSF: 8
64	m	73	Trauma (Auto)	23	rechts	OSF: 8
65	m	58	Unbekannt	12	rechts	OSF: 4
66	m	62	Trauma	36	rechts	OSF: 6
67	m	55	Unbekannt	174	links	OSF: 8
68	w	47	Unbekannt	14	links	OSF: 6
69	m	16	Unbekannt	14	links	OSF: 8
70	w	43	Trauma	13	rechts	OSF: 8

**Patient Nr. 9**

**Prä – OP**

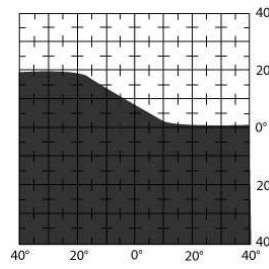


**Post – OP**

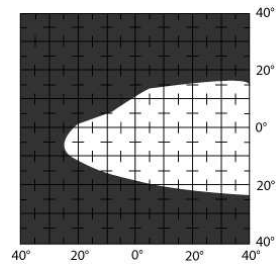


**Patient Nr. 10**

**Prä – OP**

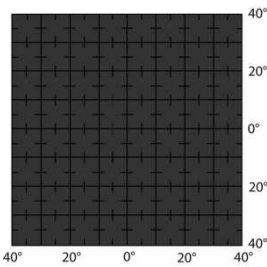


**Post – OP**

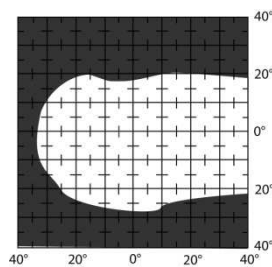


**Patient Nr. 11**

**Prä – OP**

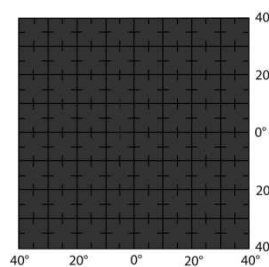


**Post – OP**

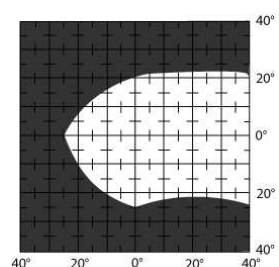


**Patient Nr. 12**

**Prä – OP**

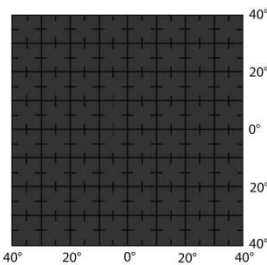


**Post – OP**

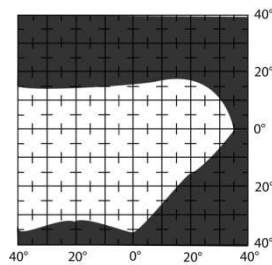


**Patient Nr. 13**

**Prä – OP**

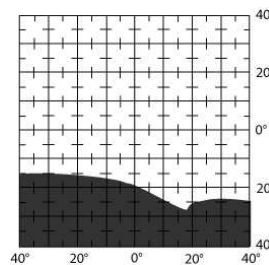


**Post – OP**

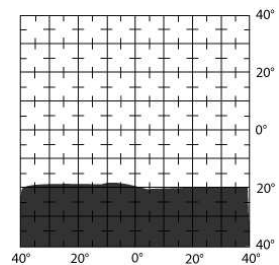


**Patient Nr. 14**

**Prä – OP**

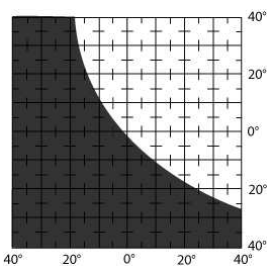


**Post – OP**

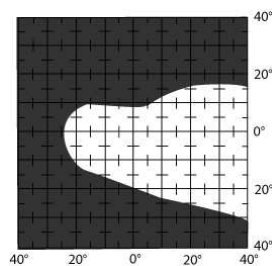


**Patient Nr. 15**

**Prä – OP**

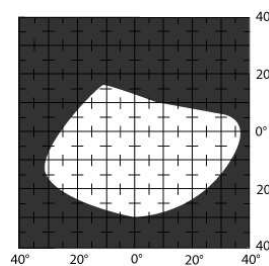


**Post – OP**

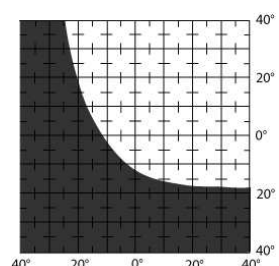


**Patient Nr. 16**

**Prä – OP**



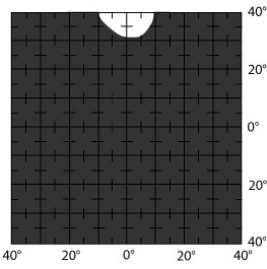
**Post – OP**



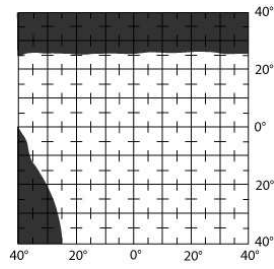
**Abbildung 29:** Fusionsblickfeld (hell) und Diplopiebereich (dunkel) der Patienten 9 – 16.

**Patient Nr. 17**

**Prä – OP**

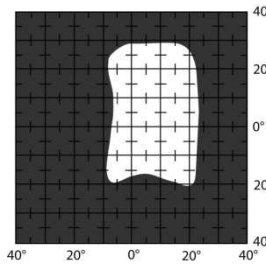


**Post – OP**

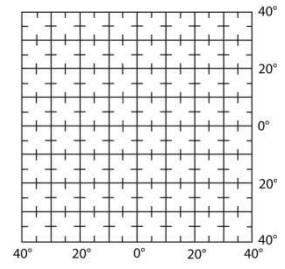


**Patient Nr. 18**

**Prä – OP**

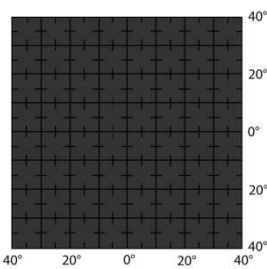


**Post – OP**

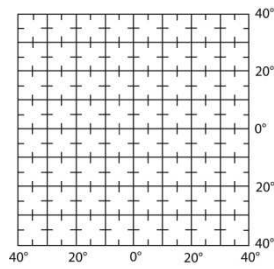


**Patient Nr. 19**

**Prä – OP**

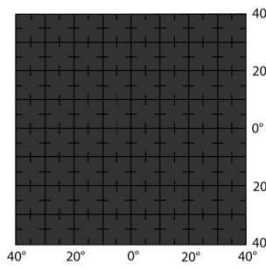


**Post – OP**

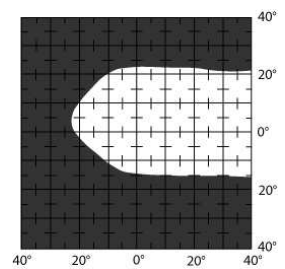


**Patient Nr. 20**

**Prä – OP**

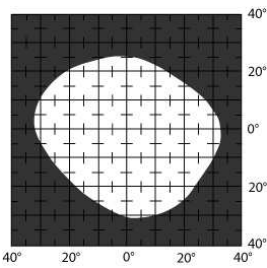


**Post – OP**

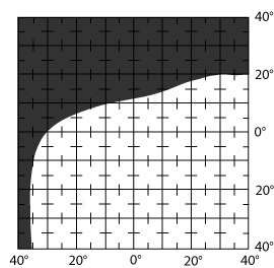


**Patient Nr. 21**

**Prä – OP**

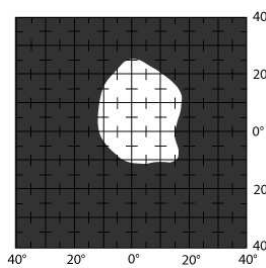


**Post – OP**

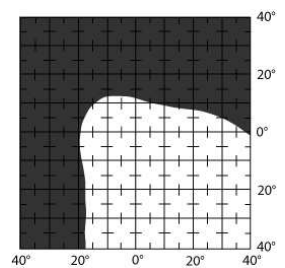


**Patient Nr. 22**

**Prä – OP**

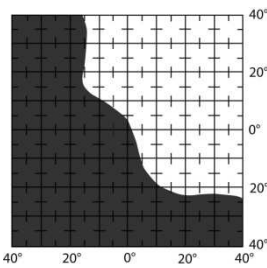


**Post – OP**

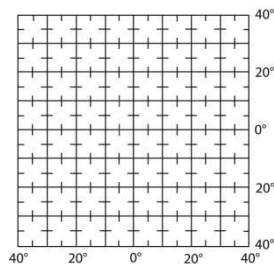


**Patient Nr. 23**

**Prä – OP**

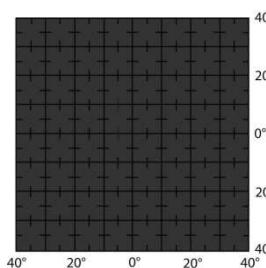


**Post – OP**

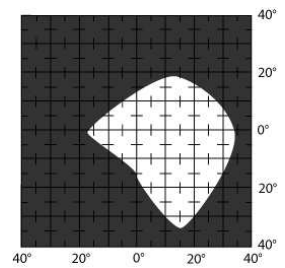


**Patient Nr. 24**

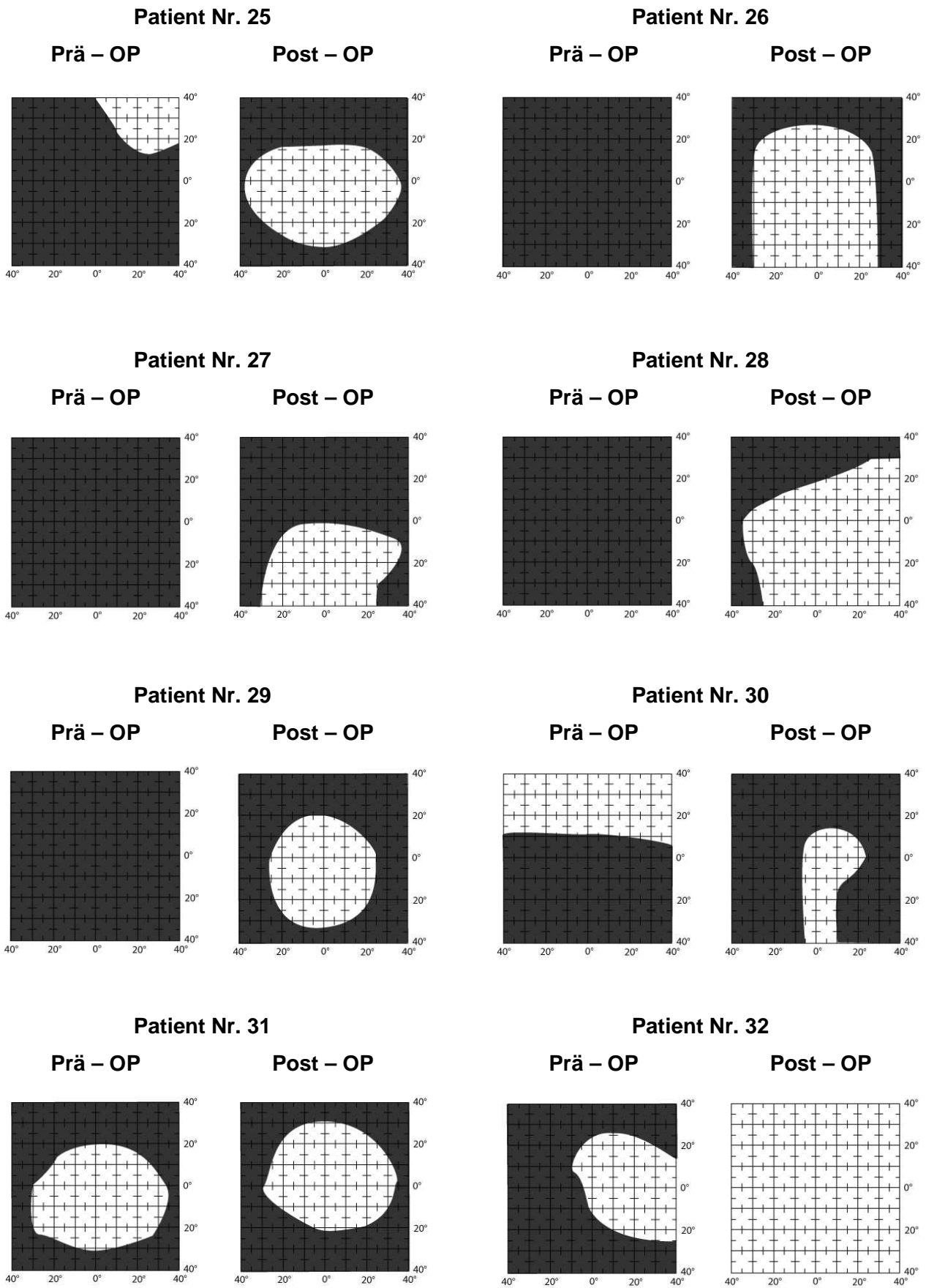
**Prä – OP**



**Post – OP**



**Abbildung 30:** Fusionsblickfeld (hell) und Diplopiebereich (dunkel) der Patienten 17 – 24.

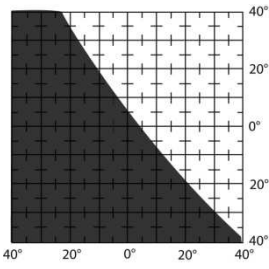


**Abbildung 31:** Fusionsblickfeld (hell) und Diplopiebereich (dunkel) der Patienten 25 – 32.

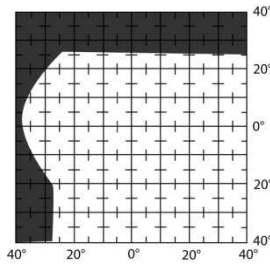


**Patient Nr. 33**

**Prä – OP**

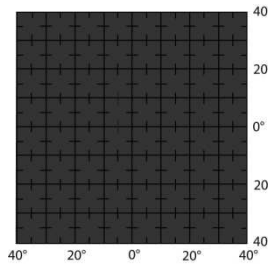


**Post – OP**

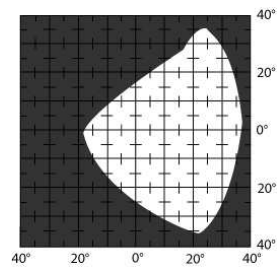


**Patient Nr. 34**

**Prä – OP**

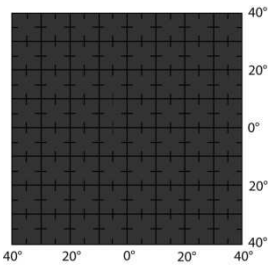


**Post – OP**

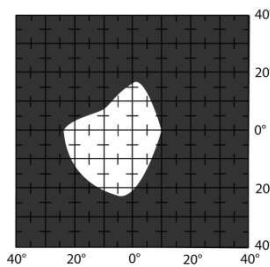


**Patient Nr. 35**

**Prä – OP**

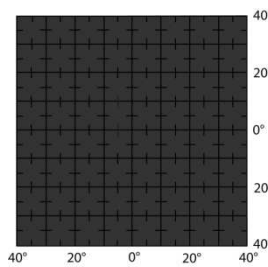


**Post – OP**

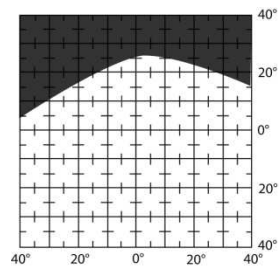


**Patient Nr. 36**

**Prä – OP**

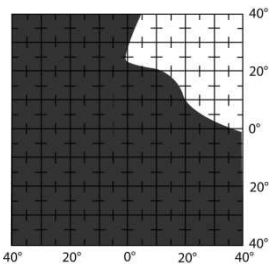


**Post – OP**

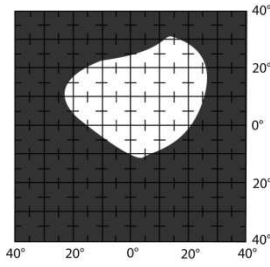


**Patient Nr. 37**

**Prä – OP**

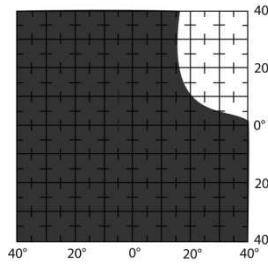


**Post – OP**

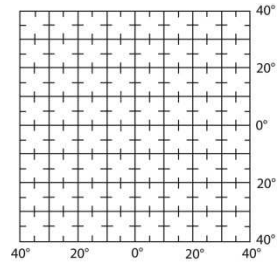


**Patient Nr. 38**

**Prä – OP**

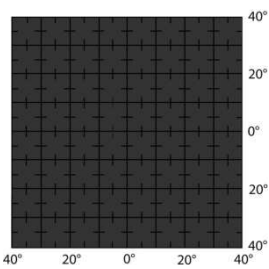


**Post – OP**

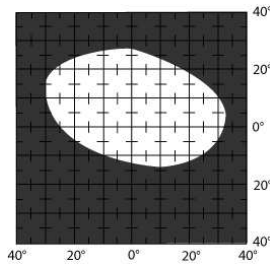


**Patient Nr. 39**

**Prä – OP**

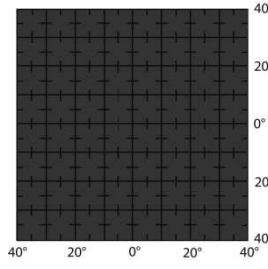


**Post – OP**

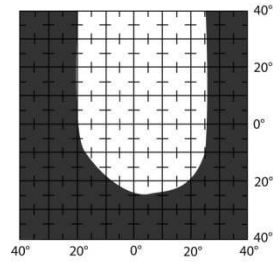


**Patient Nr. 40**

**Prä – OP**



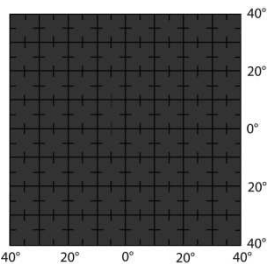
**Post – OP**



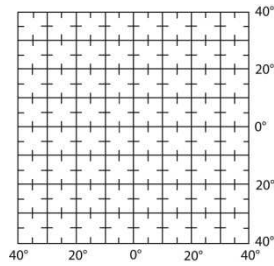
**Abbildung 32:** Fusionsblickfeld (hell) und Diplopiebereich (dunkel) der Patienten 33 – 40.

**Patient Nr. 41**

**Prä – OP**

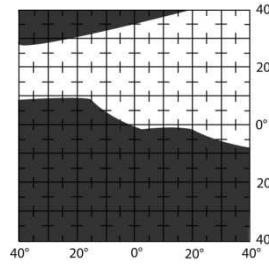


**Post – OP**

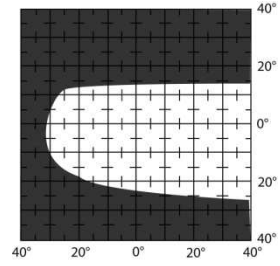


**Patient Nr. 42**

**Prä – OP**

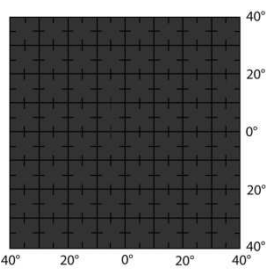


**Post – OP**

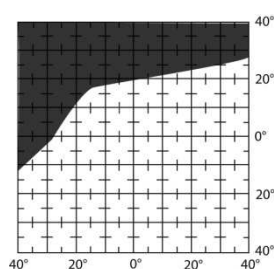


**Patient Nr. 43**

**Prä – OP**

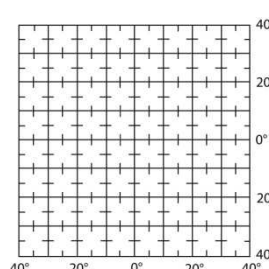


**Post – OP**

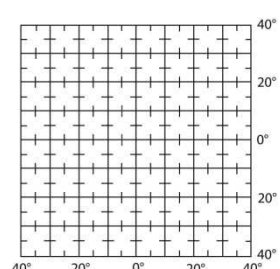


**Patient Nr. 44**

**Prä – OP**

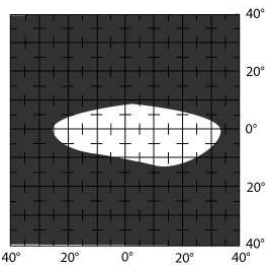


**Post – OP**

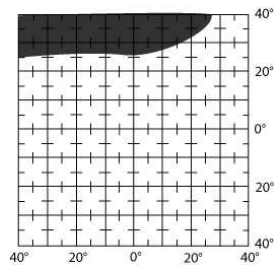


**Patient Nr. 45**

**Prä – OP**

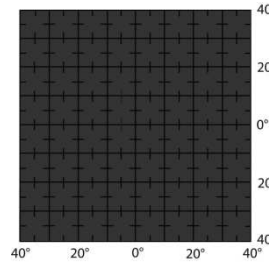


**Post – OP**

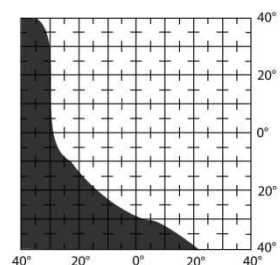


**Patient Nr. 46**

**Prä – OP**

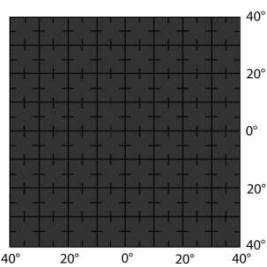


**Post – OP**

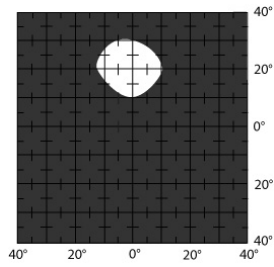


**Patient Nr. 47**

**Prä – OP**

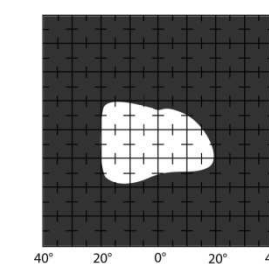


**Post – OP**

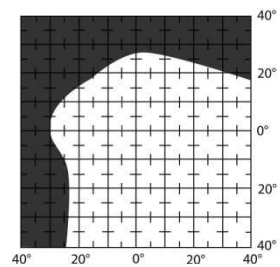


**Patient Nr. 48**

**Prä – OP**



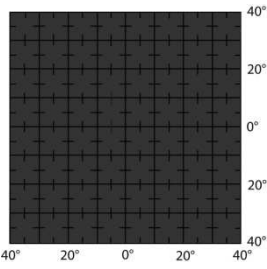
**Post – OP**



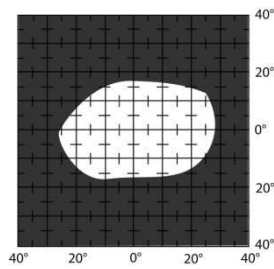
**Abbildung 33:** Fusionsblickfeld (hell) und Diplopiebereich (dunkel) der Patienten 41 – 48. Bei Patient Nr. 44 waren wegen fehlender Informationen in den Patientenakten keine Angaben möglich.

**Patient Nr. 49**

**Prä – OP**

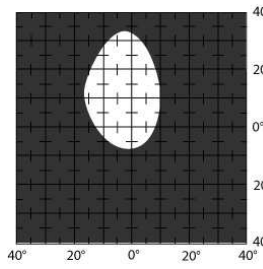


**Post – OP**

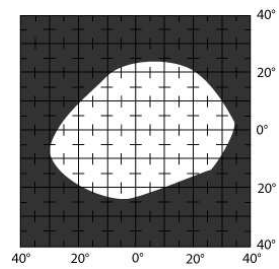


**Patient Nr. 50**

**Prä – OP**

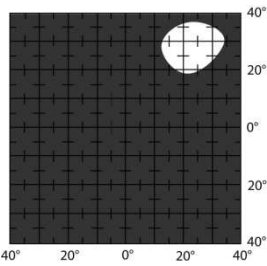


**Post – OP**

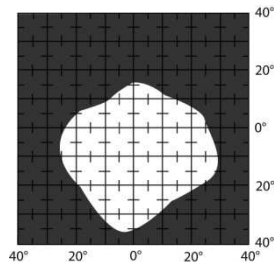


**Patient Nr. 51**

**Prä – OP**

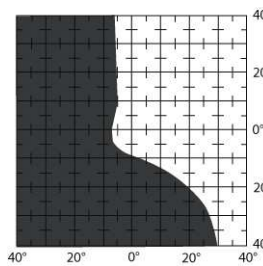


**Post – OP**

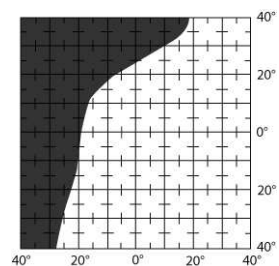


**Patient Nr. 52**

**Prä – OP**

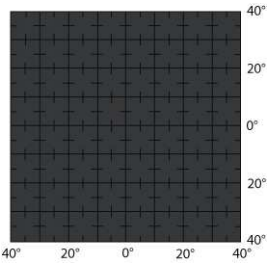


**Post – OP**

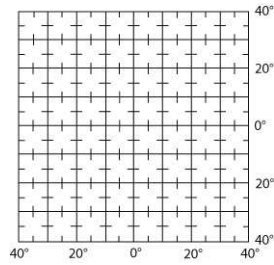


**Patient Nr. 53**

**Prä – OP**

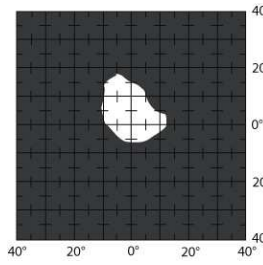


**Post – OP**

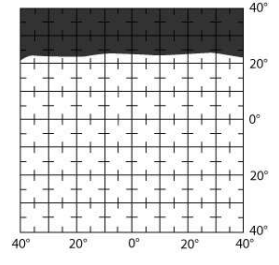


**Patient Nr. 54**

**Prä – OP**

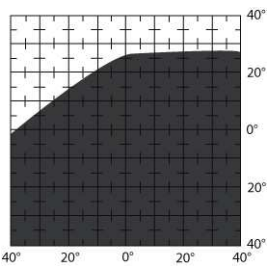


**Post – OP**

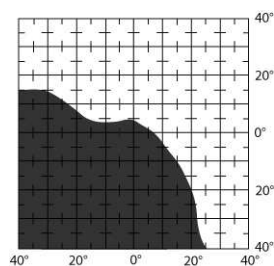


**Patient Nr. 55**

**Prä – OP**

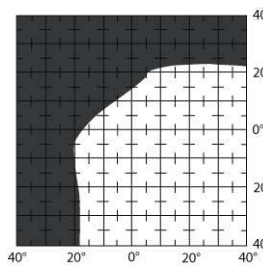


**Post – OP**

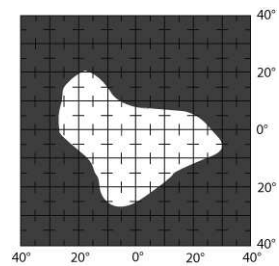


**Patient Nr. 56**

**Prä – OP**



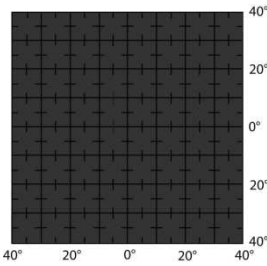
**Post – OP**



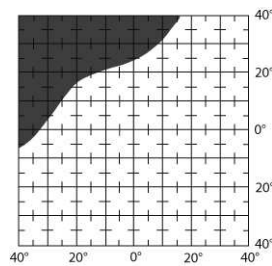
**Abbildung 34:** Fusionsblickfeld (hell) und Diplopiebereich (dunkel) der Patienten 49 – 56.

**Patient Nr. 57**

**Prä – OP**

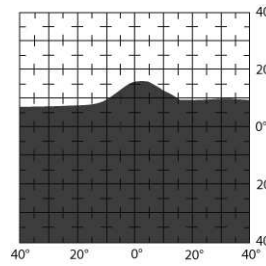


**Post – OP**

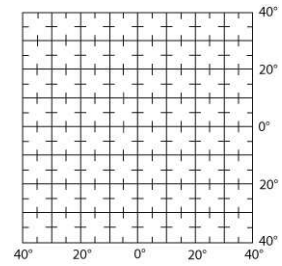


**Patient Nr. 58**

**Prä – OP**

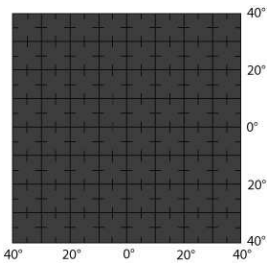


**Post – OP**

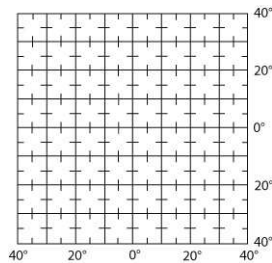


**Patient Nr. 59**

**Prä – OP**

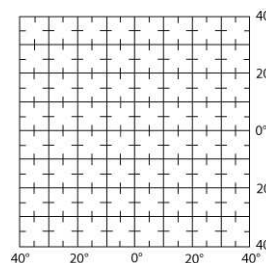


**Post – OP**

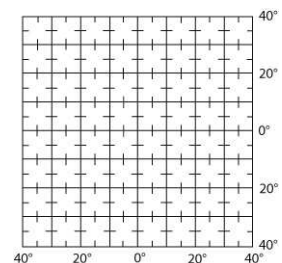


**Patient Nr. 60**

**Prä – OP**

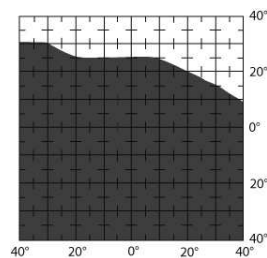


**Post – OP**

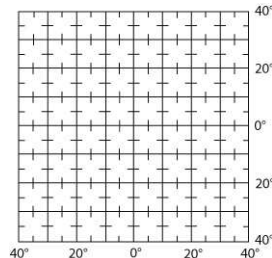


**Patient Nr. 61**

**Prä – OP**

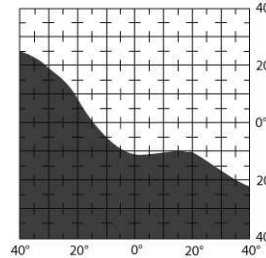


**Post – OP**

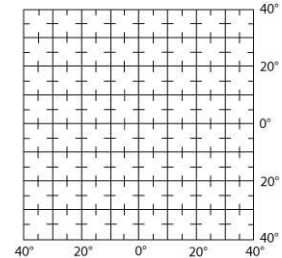


**Patient Nr. 62**

**Prä – OP**

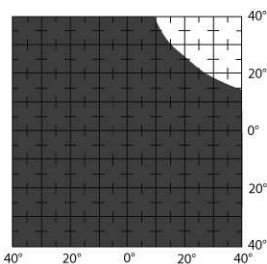


**Post – OP**

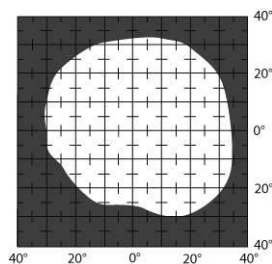


**Patient Nr. 63**

**Prä – OP**

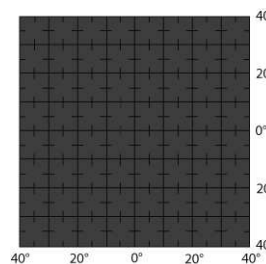


**Post – OP**

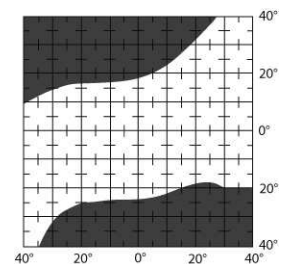


**Patient Nr. 64**

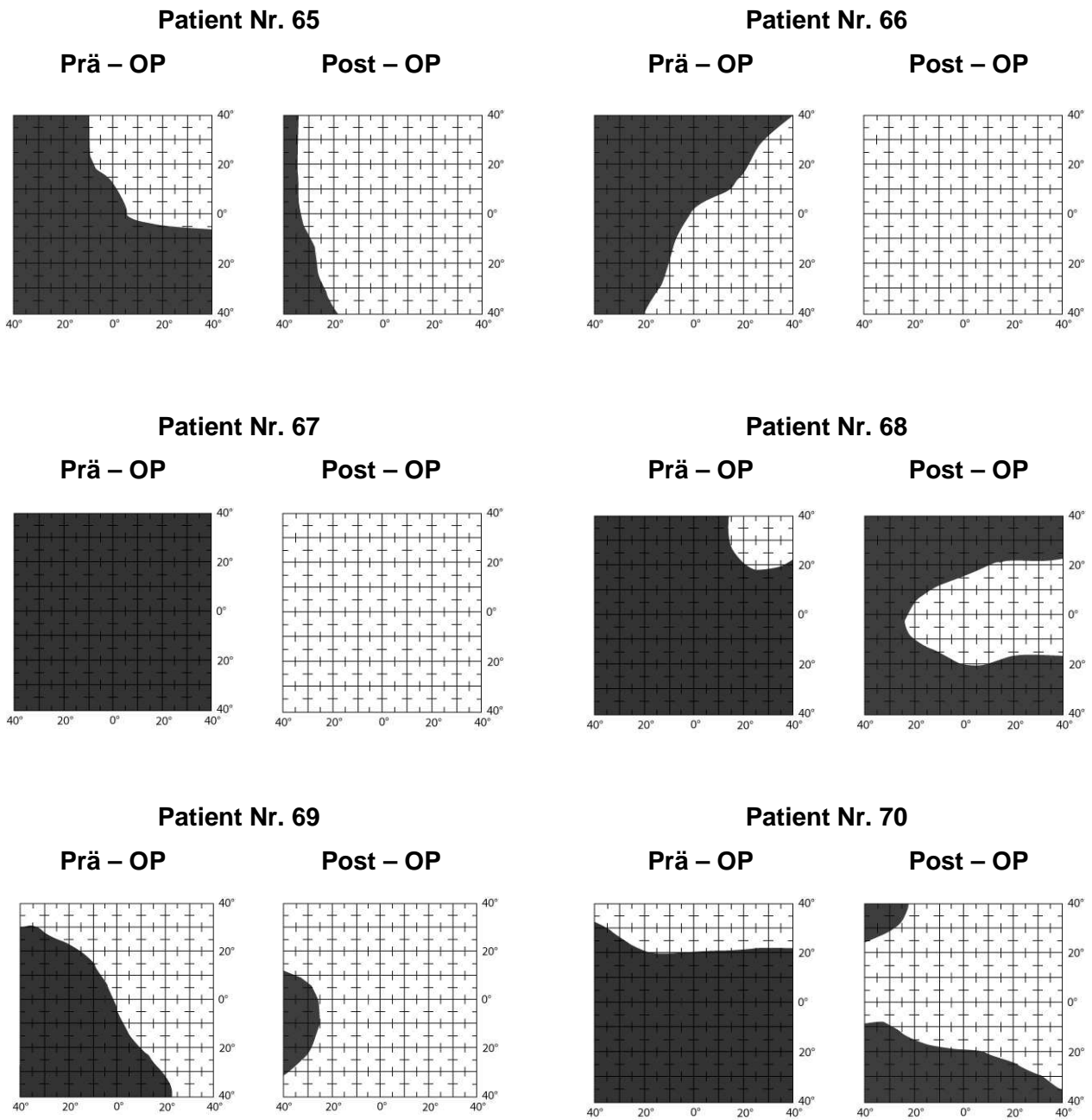
**Prä – OP**



**Post – OP**



**Abbildung 35:** Fusionsblickfeld (hell) und Diplopiebereich (dunkel) der Patienten 57 – 64. Bei Patient Nr. 60 waren wegen fehlender Informationen in den Patientenakten keine Angaben möglich.



**Abbildung 36:** Fusionsblickfeld (hell) und Diplopiebereich (dunkel) der Patienten 65 – 70.

## 8 Publikationen

### Originalarbeiten

Gräf M, Weihs J. Operative Behandlung der erworbenen Trochlearisparese. *Ophthalmologie* 2008; 105: 931–935

Gräf M, Weihs J. Effect of diagnostic occlusion in acquired trochlear nerve palsy. *Graefe's Arch Clin Exp Ophthalmol* 2009; 247: 253–259

Gräf M, Weihs J. Surgery for Unilateral Acquired Trochlear Nerve Palsy: What's the Best Choice? In: Gomez de Liano R (Hrsg) *Transactions 31st Meeting of the European Strabismological Association*, Mykonos, May 2007

### Poster

Gräf M, Weihs J. Effekt der diagnostischen Okklusion bei erworbener Trochlearisparese. 105. Jahrestagung der Deutschen Ophthalmologischen Gesellschaft, Berlin 20. – 23. September 2007 und 12. Jahrestagung der Bielschowsky–Gesellschaft für Schielforschung und Neuroophthalmologie, Würzburg 16. – 18. November 2007

Gräf M, Weihs J. Operative Behandlung der erworbenen Trochlearisparese. 105. Jahrestagung der Deutschen Ophthalmologischen Gesellschaft, Berlin 20. – 23. September 2007 und 12. Jahrestagung der Bielschowsky–Gesellschaft für Schielforschung und Neuroophthalmologie, Würzburg 16. – 18. November 2007

## **9 Erklärung**

Ich erkläre: Ich habe die vorgelegte Dissertation selbständig, ohne unerlaubte fremde Hilfe und nur mit den Hilfen angefertigt, die ich in der Dissertation angegeben habe. Alle Textstellen, die wörtlich oder sinngemäß aus veröffentlichten oder nicht veröffentlichten Schriften entnommen sind, und alle Angaben, die auf mündlichen Auskünften beruhen, sind als solche kenntlich gemacht. Bei den von mir durchgeführten und in der Dissertation erwähnten Untersuchungen habe ich die Grundsätze guter wissenschaftlicher Praxis, wie sie in der „Satzung der Justus-Liebig-Universität Gießen zur Sicherung guter wissenschaftlicher Praxis“ niedergelegt sind, eingehalten.

Giessen, 28.07.2009

**Der Lebenslauf wurde aus der elektronischen  
Version der Arbeit entfernt.**

**The curriculum vitae was removed from the  
electronic version of the paper.**



## **Danksagung**

An erster Stelle möchte ich mich bei Herrn Prof. Dr. Michael Gräf für das Angebot dieses Themas und seine ausgezeichnete und äußerst vorbildliche Betreuung während aller Abschnitte meiner Arbeit bedanken. Durch ihn konnte ich mein Wissen auf dem Gebiet der Schiel Diagnostik enorm erweitern und viel über wissenschaftliches Arbeiten lernen. Nur durch seine geduldige Hilfe und Unterstützung konnte diese Dissertation entstehen.

Des Weiteren möchte ich allen Orthoptistinnen und Orthoptisten der Augenklinik für Schielbehandlung und Neuroophthalmologie in Gießen für ihre Unterstützung bei der Patientensuche danken.

Besonders hervorheben möchte ich Frau Stephanie Kloss, die in der Anfangsphase meiner Arbeit stets ein offenes Ohr für fachliche Fragen hatte und ihre Freizeit zur Eingabe endloser Zahlenreihen mit mir geopfert hat.

Herrn Tim Hoffmann danke ich für die geduldige Erstellung und unterhaltsame Bearbeitung einiger spezieller Abbildungen.

Nicht vergessen möchte ich Frau Jasmin Basedow und Herrn Peter Michels, die sich während der kompletten Phase des Schreibens mein Leid anhören mussten.

Herzlichen Dank dafür !