Medizinische Fakultät der Universität Duisburg-Essen

Aus der Klinik für Augenheilkunde

Evaluierung des Langzeiterfolgs der operativen Behandlung des konsekutiven Strabismus divergens

Inauguraldissertation
zur
Erlangung des Doktorgrades der Medizin
durch die medizinische Fakultät der Universität Duisburg-Essen.

Vorgelegt von Marie-Sophie Hanet
aus Charleroi (Belgien)
2020

DuEPublico
Duisburg-Essen Publications online

UNIVERSITÄT DUISBURG ESSEN
Offen im Denken

ub | universitäts bibliothek

Diese Dissertation wird via DuEPublico, dem Dokumenten- und Publikationsserver der Universität Duisburg-Essen, zur Verfügung gestellt und liegt auch als Print-Version vor.

DOI: 10.17185/duepublico/74318
URN: urn:nbn:de:hbz:464-20210607-122841-0

Alle Rechte vorbehalten.

Dekan:	Herr Univ.-Prof. Dr. med. J. Buer
1. Gutachter:	Herr Prof. Dr. med. J. Esser
2. Gutachter:	Herr Priv.-Doz. Dr. med. G. Anastassiou

Tag der mündlichen Prüfung: 26. Oktober 2020

1. Einleitung 6

1.1. Augenstellung und Augenbewegung 6

1.1.1. Anatomische Grundlagen 6
1.1.2. Mechanische Grundlagen 7
1.1.3. Terminologie der Augenbewegungen 7
1.1.3.1. Duktionen 7
1.1.3.2. Versionen 8
1.1.3.3. Vergenzen 8

1.1.4. Funktion der Augenmuskeln 9
1.2. Das Schielen 9

1.2.1. Terminologie des Schielens 9
1.2.2. „Alphabet-Symptom“ und Obliquusdysfunktion 10
1.2.3. Verschiedene horizontale Schielformen 11
1.2.2.1 Frühkindliches Schielsyndrom (FKS) 11
1.2.2.2. Erworbenes Innenschielen (EIS) 12
1.2.2.3. Sekundärer und konsekutiver Strabismus divergens 12

1.3. Die Schieloperation 12

1.3.1. Operationstechniken zur Korrektur von horizontalen Strabismusformen 12
1.3.1.1. Rücklagerung (RL), Vorlagerung/ Wiedervorlagerung (WVL) 12
1.3.1.2. Resektion (Res) 12
1.3.1.3. Kombinierte Operationen (Kombi-Op) 13
1.3.1.4. Andere 13

1.3.2. Operationen zur Korrektur vom konsekutiven Strabismus divergens 13
1.3.3. Dosierung 14
1.4. Ziel der vorliegenden Arbeit 15

2. Patienten und Methoden 15

2.1. Rekrutierung 15

2.2. Patientendaten 16

2.3. Untersuchungsmethoden 16

2.3.1. Schielwinkel 16

2.3.2. Augenmotilität 17

2.3.3. Sehschärfe 17

2.4. Statistik 18

3. Ergebnisse 18

3.1. Patientencharakteristika und Übersicht der ausgewerteten Fälle 18

3.2. Gesamte Evolution des Schielwinkels 19

3.3. Erfolg der Operationen 21

3.3.1. Gesamte Erfolgsraten 22

3.3.2. Erfolgsrate der verschiedenen Operationstechniken 24

3.3.3. Einflussparameter auf den späten Erfolg 25

3.4. Augenmotilität 28

3.4.1. Abduktion- und Adduktionskapazität 28

3.4.2. Motilitätsgewinn 30

3.5. Dosis-Wirkungseffekt 31

3.5.1. Dosis-Wirkungskoeffiziente 31

3.5.2. Einfluss präoperativer Charakteristika auf den Dosis-Wirkungs-Effekt 36

4. Diskussion 36

4.1. Patientenkollektiv 36

4.2. Erfolg 37

4.2.1. Gesamterfolg und Stabilität der Ergebnisse 37

4.2.2. Erfolg nach Operationsverfahren 40

4.3. Dosis-Wirkungs-Effekt *42*
4.4. Augenmotilität *45*

5. Zusammenfassung **47**

6. Literaturverzeichnis **48**

7. Anhänge **52**

7.1. Abbildungsverzeichnis *52*
7.2. Tabellenverzeichnis *53*
7.3. Abkürzungsverzeichnis *54*

8. Lebenslauf **56**

1. Einleitung

1.1. Augenstellung und Augenbewegung

1.1.1. Anatomische Grundlagen

Der Augapfel ist ein nahezu kugelförmiges Organ mit einem Durchmesser von circa 24 mm. Er befindet sich in der Orbita, wo er enge Kontakte zu muskulärem, adipösem, und neurovaskulärem Gewebe sowie Bindegewebe hat. Die Augenäpfel werden durch Bindegewebe an den Orbitawänden fixiert und durch 6 äußeren Muskeln bewegt (Abb. 1).

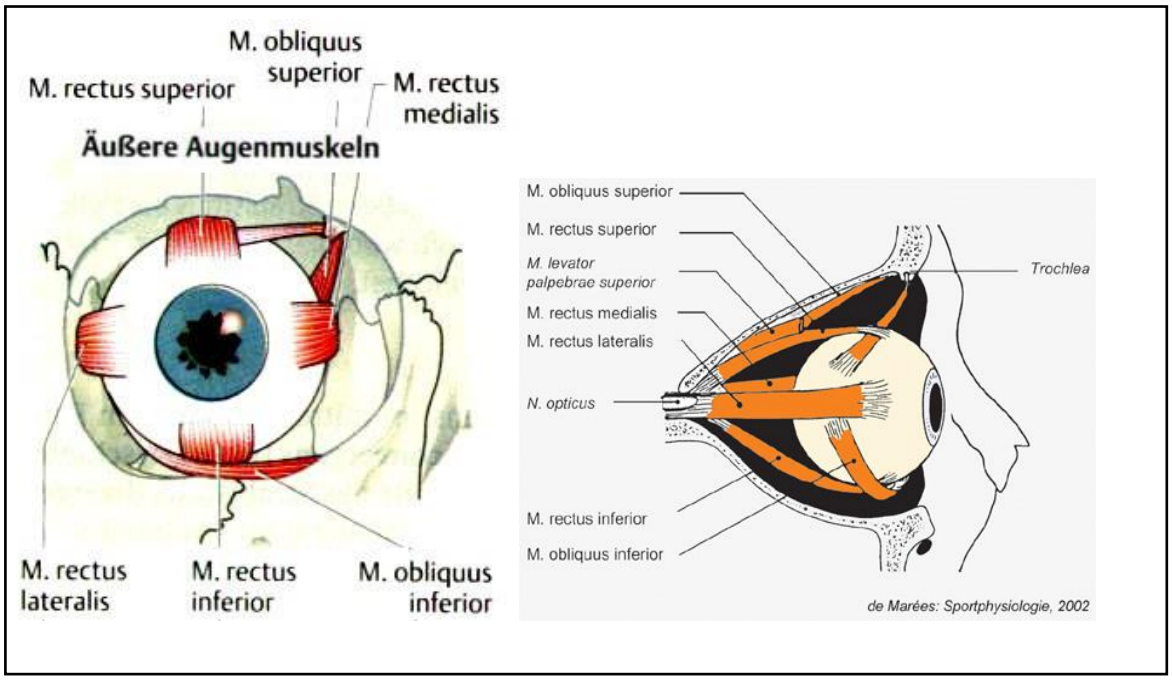

Abb. 1.

Diese werden gewöhnlich unter 4 geraden und 2 schrägen Augenmuskeln unterteilt werden (Kaufmann, H. und Steffen H., 2012).

Gerade Muskeln:

- M. rect. superior
- M. rect. inferior
- M. rect. medialis
- M. rect. lateralis

Schräge Muskeln:

- M. obliquus superior
- M. obliquus inferior

1.1.2. Mechanische Grundlagen

Durch seine Lage und Beziehung zu den anderen orbitalen Geweben können mit dem Augapfel ausschließlich rotatorische Bewegungen durchgeführt werden. Diese Rotationen erfolgen um beliebig viele Achsen, die sich in einem Punkt treffen, dem Drehpunkt des Auges. Um eine einheitliche Beschreibung der Augenbewegungen zu ermöglichen, definierte Fick 1854 drei Hauptachsen, auf denen sich alle Augenbewegungen reduzieren lassen (Fick, A. 1854).
Die X- und Z- Achsen verlaufen jeweils waage- und senkrecht in einer frontoparallelen Ebene, die den Drehpunkt des Auges einschließt.
Die Y- Achse bildet im Augendrehpunkt die Lotrechte auf diese Ebene (Abb.2).

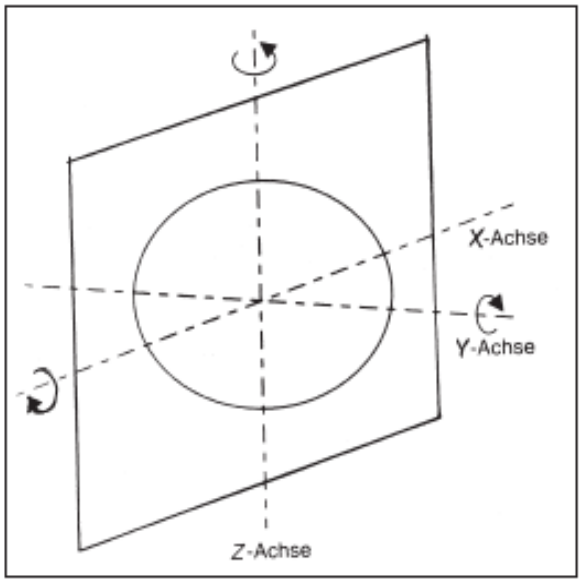

Abb.2.

Auf diesen Koordinatenachsen beruht die Terminologie der Augenbewegungen.

1.1.3. Terminologie der Augenbewegungen

1.1.3.1. Duktionen

Die Duktionen sind Rotationen des jeweiligen Auges um die zuvor beschriebenen Achsen:

- *Horizontalduktionen* sind die Folge einer Rotation des Auges um die senkrechte Z-Achse. Eine Horizontalduktion zur Nase hin wird als *Adduktion*, zur Schläfe hin als *Abduktion* bezeichnet.
- *Vertikalduktionen* entstehen durch Rotation um die X-Achse. Die *Supraduktion* ist eine Vertikalduktion nach oben, die *Infraduktion* nach unten.
- *Zykloduktion* (oder Rollung) beschreibt eine Bewegung um die Y-Achse. Eine Inzykloduktion bringt den oberen Umfang der Hornhaut zur Nase hin, eine Exzykloduktion von der Nase weg (Kaufmann, H. und Steffen H., 2012).

1.1.3.2. Versionen

Der Begriff Version wird benutzt, um konjugierte Augenbewegungen zu beschreiben, bei denen sich beide Augen in die gleiche Richtung drehen:

- *Dextro- und Lävoversion* bezeichnen die horizontale Drehung beider Augen jeweils nach rechts und nach links.
- *Supra- und Infraversion* sind vertikale Drehungen jeweils nach oben und nach unten.
- *Dextrozyklo- und Lävozykloversion* bezeichnen die Rollung beider Augen jeweils nach rechts und nach links (Kaufmann, H. und Steffen H., 2012).

1.1.3.3. Vergenzen

Vergenzen sind diskonjugierte Augenbewegungen um die gleiche Drehachse, aber bei entgegengesetzten Drehrichtungen:

- Bei einer *Konvergenz* vollführen beide Augen eine Adduktion, sodass sich die Sehachsen beider Augen vor den Augen schneiden. Der Begriff Konvergenz bezeichnet auch die Bewegung, bei der der Schielwinkel beider Augen in konvergenter Stellung zunimmt, bzw. der Schielwinkel beider Augen in divergenter Stellung abnimmt.
- Eine *Divergenz* besteht aus einer Abduktion beider Augen. In Analogie zur Konvergenz wird er auch benutzt, um Bewegungen zu beschreiben, bei der der Schielwinkel zweier konvergenter Augen abnimmt bzw. zweier divergenter Augen zunimmt.

- Die *Vertikaldivergenz* beschreibt die Bewegung, bei der ein Auge nach oben und das andere nach unten gedreht wird. Eine positive Vertikaldivergenz bezeichnet die Bewegung, die zu einem Höherstand des rechten Auges führt.
- Die *Zyklovergenz* ist die Folge eine Rollung beider Augen in die entgegengesetzte Richtung. Eine Inzyklovergenz kommt bei Inzykloduktion beider Augen, eine Exzyklovergenz bei beidseitiger Exzykloduktion zustande (Kaufmann, H. und Steffen H., 2012).

1.1.4. Funktion der Augenmuskeln

Auf Grund ihrer Wirkung auf die Augenbewegungen werden sie gewöhnlich in drei Muskelpaare unterteilt:

- Die M. rect. med. und lat. dienen ausschließlich der Adduktion und Abduktion des Augapfels. Sie sind für die horizontalen Bewegungen zuständig.
- Die M. rect. superior und inferior bewirken hauptsächlich die Supraduktion und Infraduktion des Augapfels, nehmen aber auch, je nach Richtung der Sehachse, an der Adduktion und Inzykloduktion bzw. Exzykloduktion Teil.
- Die Muskeln obliquus superior und obliquus inferior dienen jeweils primär der Infraduktion und Supraduktion, sekundär der Inzykloduktion und Exzykloduktion. Zusätzlich bewirken beide obliqui eine Abduktion des Augapfels (Kaufmann, H. und Steffen H., 2012).

1.2. Das Schielen

1.2.1. Terminologie des Schielens

Eine Störung des Parallelstandes der Augen wird als Heterotropie oder Heterophorie bezeichnet, wobei die Heterophorie, eine Schielstellung bezeichnet, die sich nur nach Unterbrechung des Binokularsehens (z.B. durch eine vor einem Auge gehaltene Klappe) manifestiert.
Die Richtung der Störung wird durch zusätzliche Präfixe angegeben (Abb. 3):

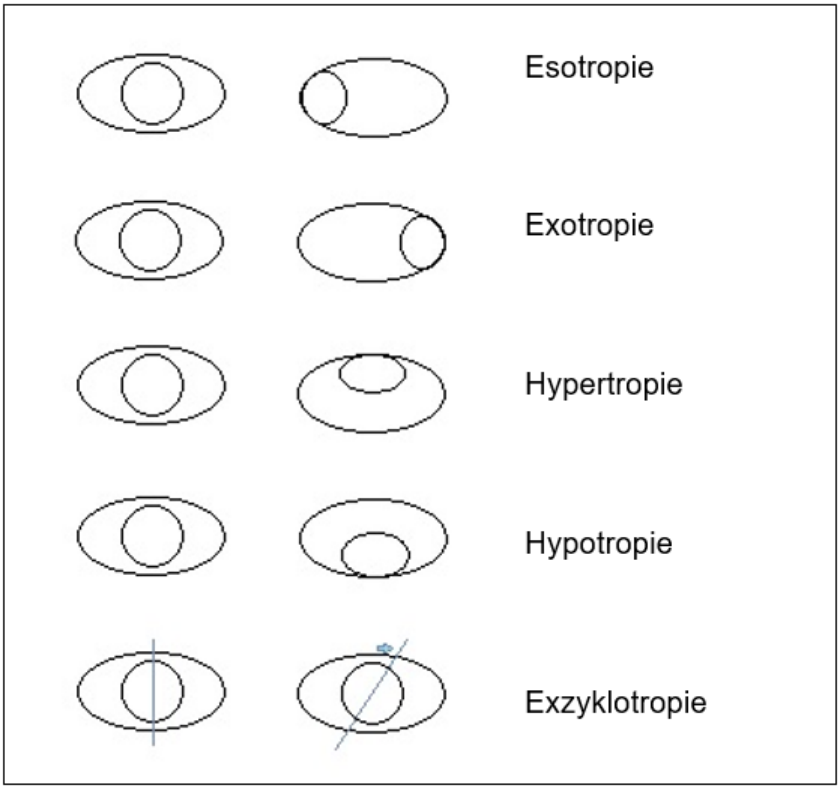

Abb. 3.

- *Eso- und Exotropie/trophie* beschreiben eine horizontale Abweichung nach innen und nach außen. Innen- bzw. Außenschielen werden in der Praxis durch ein vor dem Schielwert gesetzten Plus- bzw. Minuszeichen symbolisiert. Alternativ werden auch die Begriffe „Strabimus convergens“ anstatt Eso-, und „Strabismus divergens“ anstatt Exotrophie/phorie benutzt.
- *Hyper- und Hypotropie/trophie* bezeichnen eine vertikale Abweichung der Blickrichtung jeweils nach oben und nach unten.
- *Inzyklo- und Exzyklotropie/trophie* werden zur Bezeichnung von Abweichungen um die Sehachse benutzt, wenn der oberen Hornhautrand zur Nase hin bzw. von der Nase weggedreht wird (Kaufmann, H. und Steffen H., 2012).

1.2.2. „Alphabet-Symptom“ und Obliquusdysfunktion

Der Begriff „Alphabet-Symptom“ wird benutzt, wenn eine Änderung der horizontalen Schielwinkelgröße in den unterschiedlichen vertikalen Blickrichtungen beobachtet wird. Man spricht dabei häufig von einem A- und V- Symptom, abhängig vom Bruchstaben, dem die Winkeländerung gleicht:

- beim *A- Symptom* nimmt die Winkelgröße im Abblick zu
- beim *V- Symptom* nimmt die Winkelgröße in Aufblick zu

Seltener werden zudem Y-, ʎ- oder X- Symptome beschrieben:

- beim *Y- Symptom* ist die Schielstellung im Geradeaus- und Abblick gleich, im Aufblick jedoch exotrope
- beim *ʎ-Symptom* ist die Schielstellung umgekehrt im Geradeaus- und Aufblick gleich, im Abblick exotrope
- beim *X- Symptom* zeigt sich eine Exotropie sowohl in Auf- und Abblick, die im Geradeausblick geringer ist.

Wie in Paragraphen 1.1.4 beschrieben, haben die Muskel obliquii sowohl einen vertikalen als auch einen abduktorischen Effekt auf die Augenbewegung. Diese Effekte variieren in ihrer Ausprägung abhängig von der Blickrichtung. Bei einer Lähmung des Muskels obliquus superior, beobachtet man eine Zunahme der Esotropie im Abblick, wo die abdutorische Wirkung des Muskels am höchsten ist. Eine Obliquusdysfunktion geht dementsprechend oft mit einem Alphabet-Symptom einher. Zudem wird bei Obliquusdysfunktionen typischerweise auch eine Vertikaldeviation im Seitblick beobachtet: schaut das adduzierte Auge nach oben bzw. unten, spricht man von Strabismus *surso-* bzw. *deorso-adductorius*; driftet das abduzierte Auge nach oben bzw. nach unten, werden die Begriffe Strabismus *surso-* bzw. *deorso-abductorius* benutzt (Kaufmann, H. und Steffen H., 2012).

1.2.3. Verschiedene horizontale Schielformen

1.2.2.1 Frühkindliches Schielsyndrom (FKS)

Das frühkindliche Schielsyndrom bezeichnet eine Form von Innenschielen, das bei der Geburt vorhanden ist oder innerhalb der ersten 6 Lebensmonate entsteht. Typischerweise wird diese Schielform mit einem oder mehreren der folgenden Symptome assoziiert: fehlendes Binokularsehen, dissoziierte Vertikaldeviation, Alphabet-Syndrom, Strabismus surso- oder deorsoadductorius, latenter Nystagmus, Kopffehlhaltung (Kaufmann, H. und Steffen H., 2012).

1.2.2.2. Erworbenes Innenschielen (EIS)

Unter dem Begriff „erworbenes Innenschielen“ werden unterschiedlichen Schielformen zusammengefasst, die sich im späteren Leben entwickeln und sich in allen Altersgruppen manifestieren können. Eine wichtige Form davon ist das normosensorische Spätschielen. Es manifestiert sich durch einen akut auftretenden Innenschielwinkel bei Kindern ab dem 2. Lebensjahr. Andere Formen des EIS sind das akkommodative Schielen, die dekompensierte und dekompensierende Esophorie oder das sekundäre Innenschielen (Kaufmann, H. und Steffen H., 2012).

1.2.2.3. Sekundärer und konsekutiver Strabismus divergens

Unter dem sekundären und konsekutiven Strabismen divergens versteht man Schielformen, die meistens im späteren Leben auftreten. Sie entwickeln sich infolge einer visusmindernden Augenerkrankung (sekundärer Strabismus) oder einer Schieloperation (konsekutiver Strabismus) (Kaufmann, H. und Steffen H., 2012).

1.3. Die Schieloperation

1.3.1. Operationstechniken zur Korrektur von horizontalen Strabismusformen

1.3.1.1. Rücklagerung (RL), Vorlagerung/ Wiedervorlagerung (WVL)

Das Prinzip der Rück- oder Vorlagerung besteht darin, den Ansatz des Muskels an der Sklera zurück bzw. vor zu verlagern. Diese Technik wird auch angewandt, um einen schon früher zurück gelagerten Muskel wieder an seine ursprüngliche Ansatzstelle vorzubringen; in diesem Fall wird den Begriff „Wiedervorlagerung“ bevorzugt (Kaufmann, H. und Steffen H., 2012).

1.3.1.2. Resektion (Res)

Sie besteht darin, die Spannung eines Muskels zu verstärken, in dem man ihn verkürzt. Dabei wird der Muskel an seinem Ansatz abgetrennt, um die gewünschte Strecke

vorgelagert und dort an seinem ursprünglichen Ansatz wieder angenäht. Der überflüssige Anteil wird reseziert (Kaufmann, H. und Steffen H., 2012).

1.3.1.3. Kombinierte Operationen (Kombi-Op)

Unter „kombinierten Operationen“ versteht man die Durchführung gleichzeitiger Eingriffe an beiden Horizontalmusklen, um eine Konvergenz- oder eine Divergenzstellung zu korrigieren:

- Eine kombinierte Konvergenzoperation besteht aus einer RL des M. rect. med und einer Res. oder Vorlagerung des M. rect. lat.
- Eine kombinierte Divergenzoperation besteht aus einer RL des M. rect. lat. und einer Res. oder Vorlagerung des M. rect. med. (Kaufmann, H. und Steffen H., 2012).

In dieser Arbeit wird ausschließlich über die letzte Art kombinierter Operationen gesprochen, wobei der M. rect. med. oft eine WVL unterzogen werden muss.

1.3.1.4. Andere

- *Retroäquatoriale Myopexie ("Fadenoperation"):* Bei der von Cüppers verbreiteten Fadenoperation wird der Muskelbauch durch Fäden auf der Sklera fixiert, sodass ein neuer artifizieller Ansatz entsteht. Dieses Verfahren wird oft bei primärem Schielen mit variablen Winkeln benutzt.
- *Verlängerung:* Diese besteht darin, den Muskel selber oder seine Sehne zu verlängern. Technisch gibt es mehrere Methoden, wie z. B. das Ansetzen marginaler Schnitte im Muskelkörper oder das Einnähen eines Interponats zwischen dem Muskel und der Sklera.
- *Tenotomie:* Bei dieser Technik wird die Sehne eines Muskels von der Sklera dauerhaft abgetrennt, sodass der Muskel keine aktive Wirkung auf die Bulbusstellung ausüben kann. Sie gilt heutzutage als Therapie der letzten Wahl bei extremen Winkelgrößen und sollte immer mit Befestigung der frei hängenden Sehne an einer lockeren Schlinge eingehen, um eine mögliche und oft nötige Revisionsoperation zu erleichtern (Kaufmann, H. und Steffen H., 2012).

1.3.2. Operationen zur Korrektur vom konsekutiven Strabismus divergens

Die Behandlung des konsekutiven Strabismus divergens kann konservativ oder operativ erfahren. Die operativen Möglichkeiten bestehen aus einer WVL des M. rect. med. (mit oder ohne Res.), einer alleinigen Res. des M. rect. lat. oder einer Kombination beider Prozeduren. Aktuell ist nicht klar, welches Operationsverfahren bei der konsekutiven Strabimuskorrektur am erfolgsversprechendsten ist (Smith, K. und Nischal, K., 2009).
Gelegentlich kommen Patienten mit konsekutivem Strabismus divergens vor, bei denen eine Tenotomie des M. rect. med. erfolgte. In diesen Fällen sollte die Revisionsoperation anstreben, den abgetrennten Muskel wiedervorzuholen und an seinen alten Ansatz zu refixieren (Krzizok, T. und Kaufmann, H., 1995). Derartige Fälle werden in dieser Studie nicht besprochen.

1.3.3. Dosierung

Vor jedem die Muskelwirkung verändernden Eingriff muss die notwendige Strecke, um die ein Muskel verändert werden soll, festgelegt werden. Auf Grund der Vielheit von mechanischen Einflussfaktoren, ist die Dosierung von Schieloperationen nicht einfach zu berechnen. Trotzdem wird es immer wieder versucht, die passende Dosierung je nach Indikation und beteiligten Muskeln zu optimieren.
Die Effektivität der Operationstechniken wird oft als das Verhältnis zwischen der Schielwinkelveränderung, in Grad (°) oder Prismendioptrien (PD), und der Operationsstrecke der Muskelverschiebung, in Millimeter (mm), charakterisiert. Dieses Verhältnis wird „Dosis-Wirkungseffekt“ (DWE) gennant und kann mittels eines „Dosis-Wirkungs-Koeffizients“ (DWK) nach der u.g. Formel quantifiziert werden.

$$DWK = \frac{\text{Winkelreduktion (°/PD)}}{\text{Operationsstrecke (mm)}}$$

Im Lehrbuch „Strabismus“ werden die in der Tab. 1 genannten DWK der verschiedenen Operationsverfahren benutzt.

Operationsverfahren	**DWK**
Rücklagerung	Zwischen 0,7 und 1,3 °/mm
Resektion	1,3 °/mm
Kombinierte Operationen	1,7 °/mm

Tab. 1.

Für die Vorlagerung werden die DWK nicht genau rapportiert; gebräuchlich werden die gleiche Werte benutzt, wie für die Resektion (Mohan, K. et al., 2006; Gesite-de Leon, B. und Demer, JL., 2014).
Diese Ergebnisse variieren mehr oder weniger in der vorliegenden Literatur (Jaensch, PA., 1942; Langmann, A. et al., 2005; Clark, RA. und Demer, JL., 2018).

1.4. Ziel der vorliegenden Arbeit

Ein konsekutiver Strabismus divergens kann sich Jahre nach einer Schieloperation manifestieren. In der Literatur werden Inzidenzwerte von 3 bis zu 29% angegeben (Donaldson, MJ. et al., 2004; Gesite-de Leon, B. und Demer, JL., 2014). Obwohl die Chirurgie des konsekutiven Strabismus divergens sich bis heute in der Praxis bewährt hat, besteht aktuell kein Konsens über die beste Operationstechnik. Vor allem die Effektivität dieser Operationen beim konsekutiven Strabismus divergens wird in Studien, die meistens über kleine Fallserien berichten, unterschiedlich dargestellt (Marcon, GB. und Pittino, R., 2011).

In dieser Arbeit haben wir die Ergebnisse von Schieloperationen bei einer großen Anzahl an Patienten mit konsekutivem Strabismus divergens untersucht. Angestrebt wurde, die passende Dosierung sowie potentielle Einflussfaktore auf den Erfolg dieser Prozeduren festzustellen.

2. Patienten und Methoden

1. Rekrutierung

Es wurden alle Patienten aus der Datenbank der Sehschuhle entnommen, die sich einer Schieloperation wegen konsekutivem Strabismus divergens zwischen 2000 und 2016 in unserer Augenklinik unterzogen haben. Die Patienten, bei denen keine postoperative Verlaufskontrolle in unserer Klinik erfolgte, wurden neu kontaktiert und zu einer Kontrolluntersuchung eingeladen. Wenn der Patient weder erreichbar, noch in der Lage war, in die Klinik zu kommen, wurde es versucht, Informationen über den niedergelassenen Haus-Augenarzt zu bekommen. Als Ausschlusskriterien galten eine begleitende neurologische Erkrankung, Entwicklungsverzögerung, unzureichende Informationen oder eine Beobachtungszeit von weniger als 1 Monat.

2.2. Patientendaten

Zwischen 2000 und 2016 wurden 223 Patienten an konsekutivem Strabismus divergens in unserer Klinik operiert. Darunter hatten 114 Patienten eine unzureichende Nachbeobachtungszeit und mussten ausgeschlossen werden. Von den Restlichen konnten 38 Patienten wieder einbestellt werden, und bei 4 Patienten wurden postoperative Informationen über den niedergelassenen Augenarzt gewonnen. Aufgrund eines Rezidivs des Strabimus divergens während der Beobachtungszeit müssten 6 Patienten ein zweites Mal, darunter 1 Patient ein drittes Mal in unserer Klinik operiert werden; jede Operation wurde als separater Fall betrachtet.
Es wurden insgesamt 116 Operationen bei 109 Patienten untersucht.
Folgende Daten wurden erhoben: Alter, Geschlecht, Art der primären Esotropie, Alter bei der Exotropieoperation, bestkorrigieter Visus, präoperative Augenmotilität, Vorliegen einer Obliquusdysfunktion, präoperativer Schielwinkel, angewandtes Operationsverfahren zur Korrektur der konsekutiven Exotropie, Operationsstrecke, postoperativer Schielwinkel, und postoperative Augenmotilität nach 1 Tag, 4 bis 6 Wochen und am Ende der Beobachtungszeit.

2.3. Untersuchungsmethoden

2.3.1. Schielwinkel

Zur Bestimmung des Schielwinkels wurde der alternierende Prismencovertest (PCT) in Primärposition in der Ferne (5 m) und in der Nähe (33 cm) durchgeführt. Dabei werden beide Augen wechselnd mit einem Abdeckscheibe verdeckt, während Prismen zunehmender Höhen vorgehalten werden, bis keine Augenbewegung mehr erfolgt. In den wenigen Fällen, wo die Sehschärfe des schielenden Auges zu gering war, um der PCT durchzuführen, wurde der Hirschberg-Test benutzt. Dabei wird der Schielwinkel anhand der Stellung des Hornhautreflexes einer 5 m und 33 cm vor den Augen gehaltenen Lichtquelle evaluiiert (Flick, H., 1975; Kaufmann, H. und Steffen H., 2012). Dabei galten die in Tab. 2. aufgeführten Werte.

Stellung des Hornhautreflexes	Schielwinkel
An der Pupillenmitte	0°
Am Pupillenrand	15°
Zwischen Limbus und pupillenrand	30°
Auf dem Limbus	50°

Tab. 2.

2.3.2. Augenmotilität

Die monokularen Bulbus-Exkursionsstrecken wurden anhand von Führungsbewegungen in beiden horizontalen sowie beiden vertikalen Blickrichtungen bestimmt. Dabei wurde der Patient gebeten, dem Finger des Untersuchers in diese vier Blickrichtungen zu folgen. Der Untersucher beobachtete den ihm direkt gegenübersitzen Patienten und notierte die exzentrische Bulbus-Stellung am Ende der jeweiligen Bewegung. Hierbei wurde der Lichtreflex einer gleichzeitig vorgehaltenen Lichtquelle auf der Hornhaut bzw. der Sklera nach der Tab. 2. benutzt.

Normalwerte der monokularen Bulbus-Exkursionsstrecken sind in Tab. 3. dargestellt (Kaufmann, H. und Steffen H., 2012).

Hebung	40°
Senkung	60°
Abduktion	50°
Adduktion	50°

Tab. 3.

2.3.3. Sehschärfe

Die Sehschärfe wurde separat an beiden Augen nach bestmöglicher Refraktion und mit geeigneter Sehhilfe erhoben. Im klinischen Alltag wird sie als Dezimalzahl notiert. Zur

Ausführung dieser Studie wurden alle Sehschärfenwerte ins dekadisch logarithmische System umgewandelt. Eine Amblyopie wurde dann entsprechend der Definition der Deutschen Ophthalmologischen Gesellschaft dokumentiert, wenn eine Sehschärfendifferenz von mehr als eine dekadisch logarithmische Stufe zwischen den beiden Augen bestand (DOG Leitlinien, 2010).

2.4. Statistik

Alle statistischen Berechnungen wurden mithilfe der Softwares SPSS und GraphPad Prism durchgeführt. Es wurden ausschließlich nonparametrische Teste für die Berechnungen eingesetzt.

3. Ergebnisse

3.1. Patientencharakteristika und Übersicht der ausgewerteten Fälle

Die Charakteristika der 116 Operationen bei 109 Patienten sind in Tab. 4 zusammengefasst.

Charakterisika		**Anzahl (n) oder Wert**	**Total**
Alter		51 Jahre (11-80 Jahre)	109
Geschlecht	m	42	109
	w	67	
Art der Esotropie	FKS	29	70
	EIS	41	
Sehkraft		0,3 (LogMar)	108
Amblyopie	Ja	45	108
	Nein	59	
Obliquusdysfunktion	Ja	40	105
	Nein	65	
Präoperativer Schielwinkel	Fernfixation	-17,5° (+/- 8,1°)	116

	Nahfixation	-18,1° (+/- 8,9°)	116
Operationsverfahren	M. rect. med. WVL +/- Res.	70	116
	M. rect. lat. RL	13	
	Kombi-Op	33	
Beobachtungszeit		3,2 Jahre (0,2-15 Jahre)	116

Tab. 4.

Bei 39 Patienten konnte die Art der primären Esotropie nicht sicher identifiziert werden, bei 1 Patienten fehlte die präoperative Sehschärfe und in 11 Fällen war die Obliquusfunktion nicht genau dokumentiert. Alle anderen Informationen konnten erhoben und ausgewertet werden.

Das mittlere Alter bei der Operation war 51 Jahre und circa 2/3 der Patienten waren Frauen. Die ursprüngliche Esotropie-Art, wenn bekannt, war ein frühkindliches Schielen in 41 % und ein erworbenes Innenschielen in 58 % der Fälle. Die mittlere Sehkraft des schielenden Auges betrug 0,5 im Dezimalsystem, was ein Wert von 0,3 nach dekadisch-logarithmischer Abstufung entspricht. Eine Amblyopie lag bei 42% der Patienten, eine Obliquusdysfunktion bei 38%, und der präoperative Schielwinkel betrug im Durchschnitt -17,5° bei Fern- und -18,1° bei Nahfixation.

Die Fälle wurden je nach Operationsverfahren in 3 Gruppen unterteilt. Dabei wurden die M. rect. med. Res und WVL gleichgesetzt und gemeisam ausgewertet: 60% der Operationen wurden am M. rect. med., 11% am M. rect. lat. und 29% an beiden horizontalen Muskeln durchgeführt. Alle Operationen wurden am schielenden Auge vorgenommen.

3.2. Gesamte Evolution des Schielwinkels

Die Durschnittswerte der Schielwinkel an jedem Beobachtungspunkt sind in Tab. 5 dargestellt.

Winkel (°) / Fixation	präOp		1. postOp Tag		4-6 Wochen postOp		Ende	
	MW	**StdAbw**	**MW**	**StdAbw**	**MW**	**StdAbw**	**MW**	**StdAbw**
Ferne	-17,5	8,1	-1,3	4,3	-5,1	6,4	-5,9	7,3
p-Wert	**< 0,001**		**< 0,001**		0,405			
Nähe	-18,1	8,9	-1,7	4,7	-5,5	6,7	-6,2	7,5
p-Wert	**< 0,001**		**< 0,001**		0,416			

Tab. 5.

Bei Fernfixation betrugen die postoperativen Schielwinkel -1,3° am 1. postoperativen Tag, -5,1° nach 4-6 Wochen und -5,9° am Ende der Beobachtungszeit im Durchschhnitt (Abb. 4).

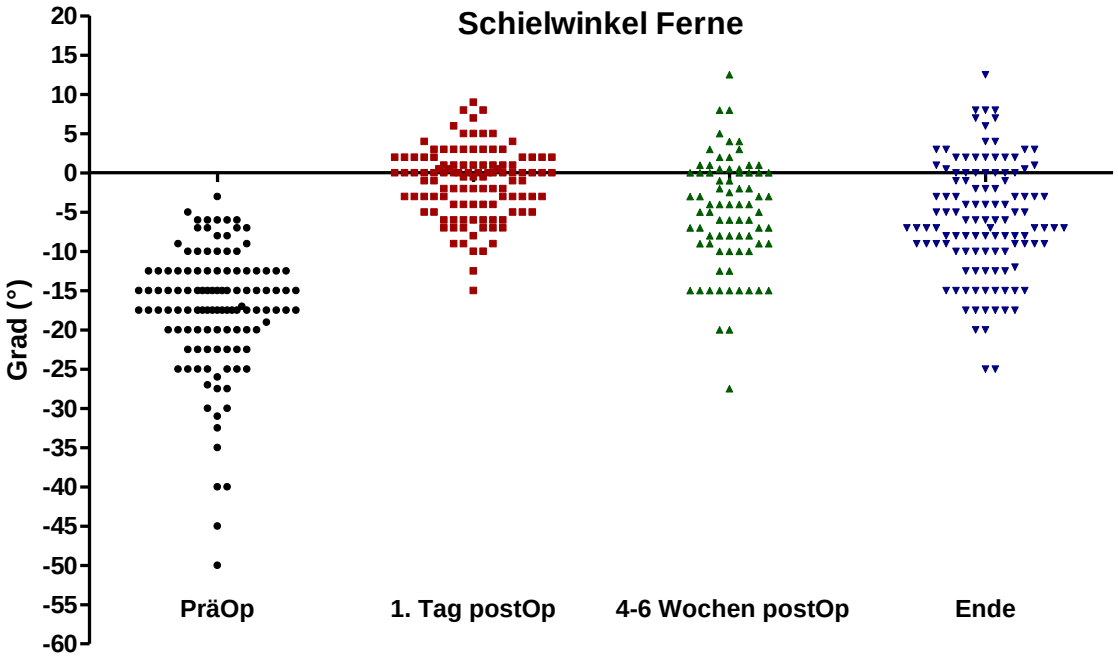

Abb.4.

Bei Nahfixation betrugen die postoperativen Schilewinkel -1,7° am 1. postoperativen Tag, -5,5° nach 4-6 Wochen und -6,2° am Ende der Beobachtungszeit (Abb. 5).

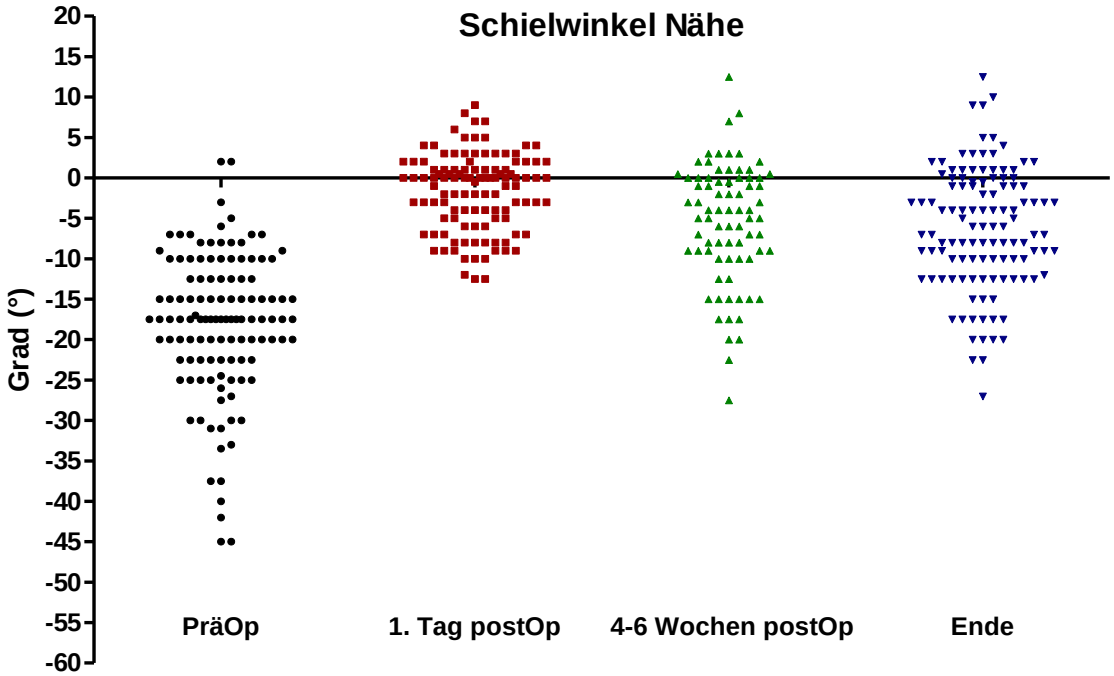

Abb. 5.

Zwischen dem präoperativen und dem am 1. postoperativen Tag gemessenen Schielwinkel zeigte sich eine Reduktion der Exotropie mit einer mittleren Winkelregression von 16,2° für die Fern- und 16,4° für die Nahfixation.
Im postoperativen Verlauf zeigte sich, sowohl beim Fern- als auch beim Nahblick, eine signifikante Zunahme der Exotropie von durchschnittlich 4,6° bzw. 4,5°, die überwiegend in den ersten postoperativen Wochen auftrat. Zwischen den Kontrollen nach 4-6 Wochen und am Ende der Beobachtungszeit war der Unterschied hinsichtlich des Schielwinkels nicht signifikant.

3.3. Erfolg der Operationen

Der Erfolg wurde in unserer Studie, wie auch in der Literatur beschrieben, als ein postoperativer Schielwinkel von +/- 5° definiert.
Im Folgenden werden die Ergebnisse am 1. postoperativen Tag und am Ende der Beobachtungszeit diskutiert.

3.3.1. Gesamte Erfolgsraten

Am 1. postoperativen Tag erreichten unsere Patienten erfolgreiche Ergebnisse in 72% der Fälle bei Fern- und 69% bei Nahfixation.
Ein Untereffekt wurde in 20-25% der Fälle beobachtet, wobei dieser meistens kleiner als -10° war. Seltener ergab sich ein Übereffekt bis +10° (Abb. 6).

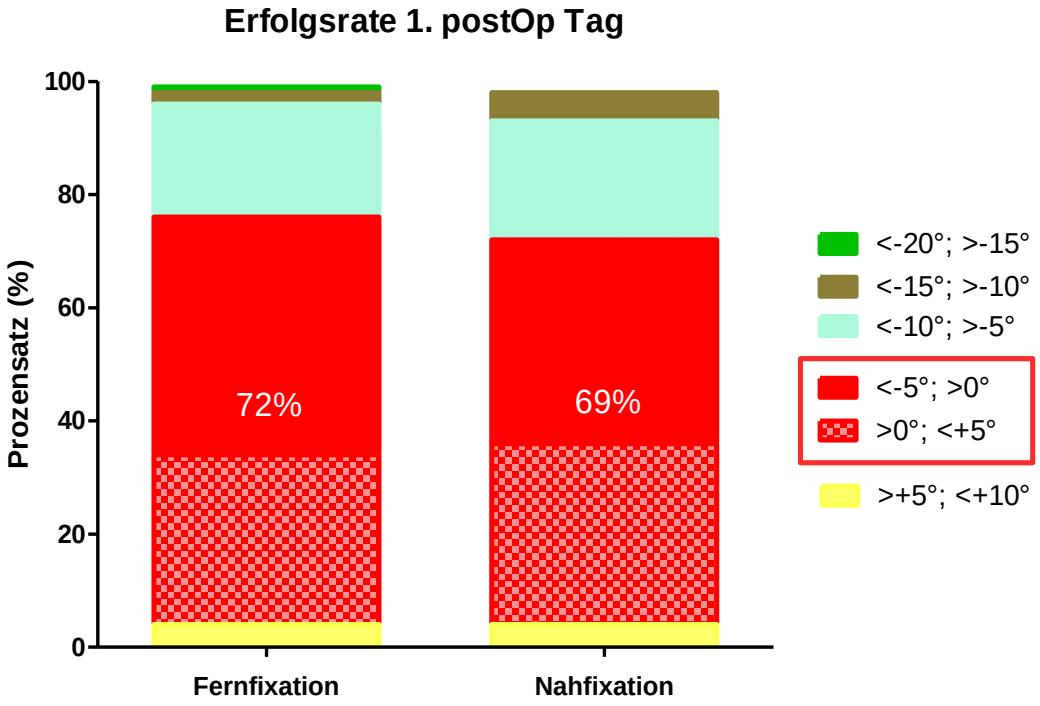

Abb. 6.

Die Erfolgsraten lagen zum Ende der Beobachtungszeit bei 41,5% bei Fern- und 44,5% bei Nahfixation. Die restlichen Fälle, die postoperativ die Erfolgskriterien nicht erfüllten, zeigten ebenfalls eine Zunahme der Exotropie bis maximal -25° am Ende der Beobachtungszeit (Abb. 7).

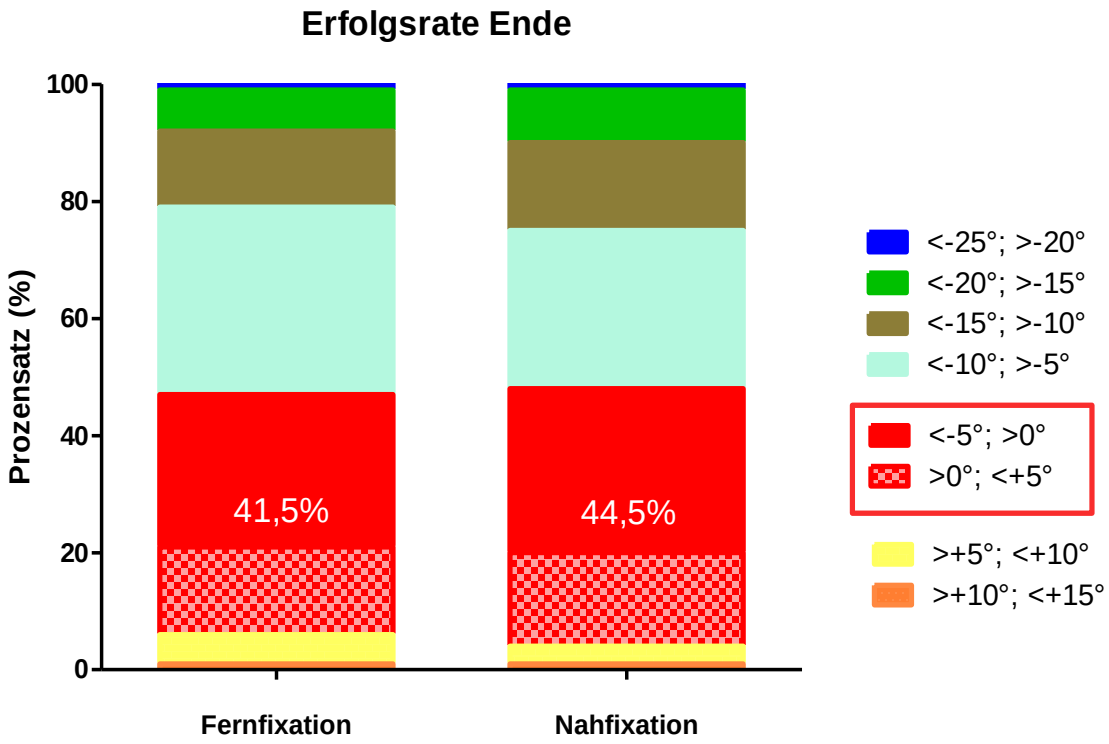

Abb. 7.

Die Ergebnisse sind in Tab. 6 detailliert dargestellt.

	1. postop Tag		Ende	
Fixation	**Ferne**	**Nähe**	**Ferne**	**Nähe**
Gesamt (%)	112 (100)	112 (100)	116 (100)	116 (100)
-25° bis -20°	0 (0)	0 (0)	2 (1,5)	3 (2,5)
-20° bis -15°	1 (1)	0 (0)	8 (7)	10 (8,5)
-15° bis -10°	3 (2)	6 (5)	15 (13)	17 (15)
-10° bis -5°	22 (20)	24 (21)	37 (32)	31 (27)
-5° bis 0°	47 (42)	41 (36)	30 (26)	32 (27,5)
0° bis +5°	34 (30)	36 (32)	18 (15,5)	20 (17)
+5° bis +10°	5 (4)	5 (4)	6 (5)	3 (2,5)
+10° bis + 15°	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)

Tab. 6.

3.3.2. Erfolgsrate der verschiedenen Operationstechniken

Am 1. postoperativen Tag zeigten alle 3 Operationsgruppen eine ähnliche Erfolgsrate von ca. 70%. Wie bei der gesamten Erfolgsquote fiel die Erfolgsrate jeder Operation zum Ende der Beobachtungszeit ab, wobei die Operationen am M. rect. med. schlechtere Erfolgsraten (30-38%) als die Operationen am M. rect. lat. (54%) oder die Kombi-Ops (45-51%) zeigten. Diese Ergebnisse waren bei Fern- und Nahfixation vergleichbar (Abb. 8 und 9; Tab. 7 und 8).

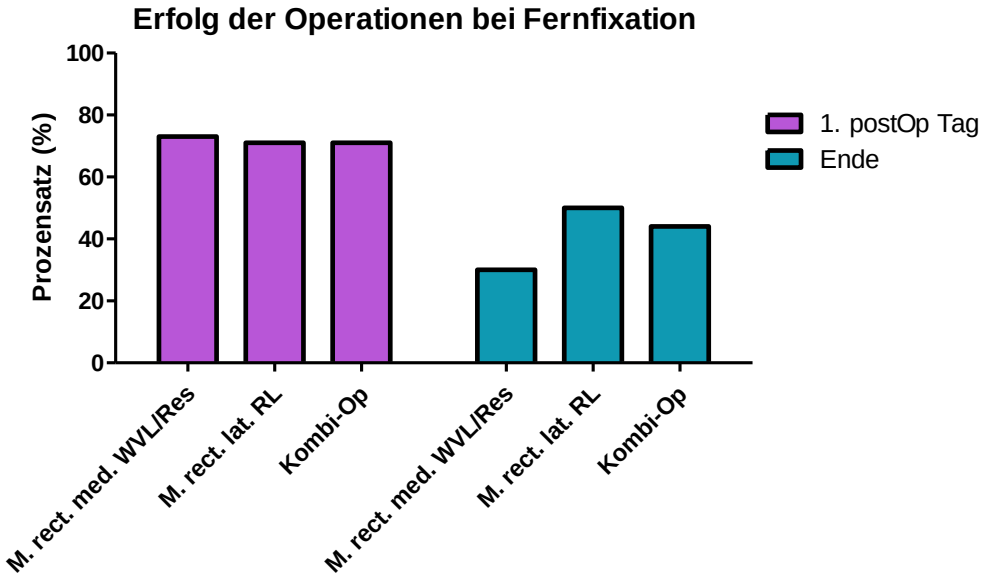

Abb. 8.

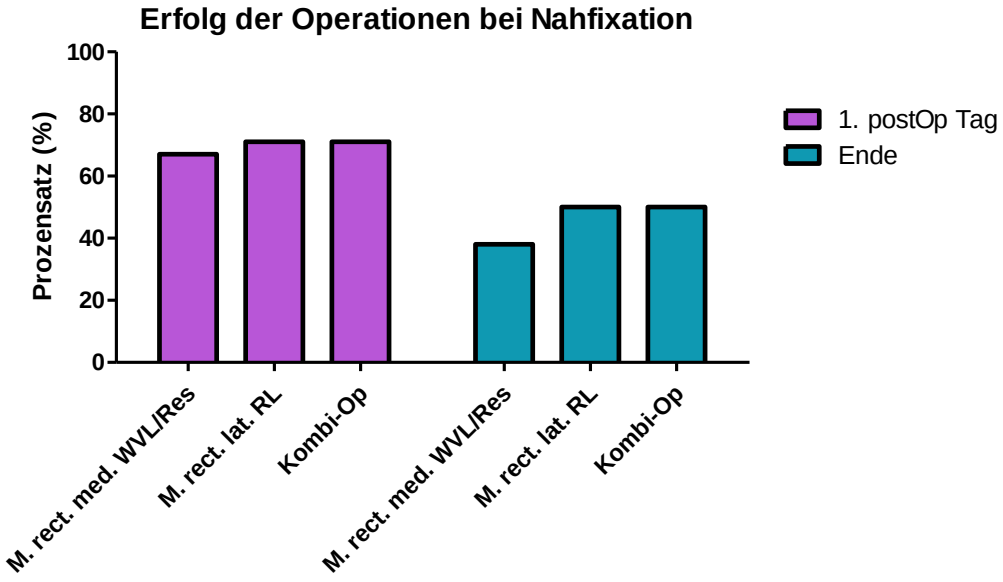

Abb. 9

1. postoperativer Tag						
Operation	**M. rect. med. WVL +/- Res**		**M. rect. lat. RL**		**Kombi-Op**	
Fixation	**Ferne**	**Nähe**	**Ferne**	**Nähe**	**Ferne**	**Nähe**
Erfolg (%)	49 (73)	45 (67)	9 (69)	9 (69)	22 (71)	22 (71)
Gesamt (%)	67 (100)		13 (100)		31 (100)	

Tab. 7.

Ende der Beobachtungszeit						
Operation	**M. rect. med. WVL +/- Res**		**M. rect. lat. RL**		**Kombi-Op**	
Fixation	**Ferne**	**Nähe**	**Ferne**	**Nähe**	**Ferne**	**Nähe**
Erfolg (%)	21 (30)	26 (38)	7 (54)	7 (54)	15 (45)	17 (51)
Gesamt (%)	70 (100)		13 (100)		33 (100)	

Tab. 8.

3.3.3. Einflussparameter auf den späten Erfolg

Der Einfluss von verschiedenen präoperativen Charakteristika wurde sowohl einzeln als auch mithilfe einer multivarianten logistischen Regression analysiert. Bei der letzteren konnten mögliche Abhängigkeiten zwischen mehreren Charakteristika berüchsichtigt werden. Die Ergebnisse beider Tests wurden für jedes Charakteristikum verglichen, um somit die Wahrscheinlichkeit einer tatsächlich vorhandenen Signifikanz bei ähnlichen Ergebnissen zu erhöhen.

Um die Charakteristika einzeln zu analysieren wurden einen Mann-Whitney-Test für die stetigen Variablen (Alter, präoperative Schielwinkel, Adduktionskapazität) und einen Chi^2-Test für die kategorialen Variablen (Obliquusdysfunktion, Amblyopie) benutzt. Dabei zeigten sich die präoperativen Schielwinkel, die Adduktionskapazität, sowie das Vorliegen einer Obliquusdysfunktion als signifikante Einflussfaktoren auf den Erfolg sowohl bei Fern- als auch bei Nahfixation. Waren die präoperativen Schielwinkel kleiner, die Adduktionskapazität größer, oder lag eine Obliquusdysfunktion vor, waren die

Erfolgschancen höher. Das Alter bei der Operation sowie das Vorliegen einer Amblyopie hatten keinen Einfluss auf den Erfolg auszuüben (Tab. 9-13).

		Präoperativer Nahwinkel		Präoperativer Fernwinkel	
		MW (°)	**p-Wert**	**MW (°)**	**p-Wert**
Erfolg bei Fernfixation	Ja	-14,9	**0,002**	-14,8	**0,003**
	Nein	-20,4		-19,5	
Erfolg bei Nahfixation	Ja	-13,6	**< 0,001**	-14,3	**0,001**
	nein	-21,8		-20,3	

Tab. 9.

		Adduktion	
		MW (°)	**p-Wert**
Erfolg bei Fernfixation	Ja	35,8	**0,016**
	Nein	30,5	
Erfolg bei Nahfixation	Ja	36,6	**0,002**
	Nein	29,8	

Tab. 10.

		Obliquusdysfunktion			
		Ja (%)	**Nein (%)**	**Gesamt (%)**	**p-Wert**
Erfolg bei Fernfixation	Ja	22 (55)	22 (32)	44 (40,4)	**0,018**
	Nein	18 (45)	47 (68)	65 (59,6)	
Erfolg bei Nahfixation	Ja	23 (59)	25 (36)	48 (44,4)	**0,022**
	Nein	16 (41)	44 (64)	60 (55,6)	

Tab.11.

		Alter	
		MW (in Jahren)	**p-Wert**
Erfolg bei Fernfixation	Ja	41,1	0,810
	Nein	41,4	
Erfolg bei Nahfixation	Ja	40,5	0,872
	nein	41,6	

Tab. 12.

		Amblyopie			
		Ja (%)	**Nein (%)**	**Gesamt (%)**	**p-Wert**
Erfolg bei Fernfixation	Ja	18 (38)	25 (41)	43 (40)	0,777
	Nein	29 (62)	36 (59)	65 (60)	
Erfolg bei Nahfixation	Ja	34 (76)	47 (80)	81 (78)	0,617
	Nein	11 (24)	12 (20)	23 (22)	

Tab. 13.

Bei der multivarianten Regressionsanalyse zeigte sich ein signifikanter Einfluss vom präoperativen Schielwinkels, bei Nahfixation aber nicht bei Fernfixation, auf den Operationserfolg. Dieses Phänomen könnte sich dadurch erklären, dass eine gewisse Abhängigkeit zwischen beiden Winkeln besteht, die durch die multivariante Regression zu Tage tritt. Im Gegenteil zur Einzelanalyse konnte keine Signifikanz bezüglich der Einflüsse der Adduktionskapazität und der Obliquusfunktion auf den Erfolg, sowohl bei Fern- als auch bei Nahfixation, nachgewiesen werden. Zudem erreichte das Alter eine knappe Signifikanz, deren Glaubwürdigkeit im Hinblick auf die Tatsache, dass sie sich nur in dieser multivarianten Regression und bei alleiniger Fernfixation ergab, allerdings kritisch angesehen werden muss (Tab.14 und 15).

Erfolg bei Fernfixation				
Variablen		**Parameterschätzer**	**Standardfehler**	**p-Wert**
Amblyopie	*	-0,004	0,503	0,994
Obliquusdysfunktion		0,795	0,500	0,112
Alter	**	-0,255	0,182	0,161
Adduktion		0,013	0,024	0,584
Fernwinkel		0,044	0,055	0,431
Nahwinkel		0,059	0,052	**0,008**

Tab. 14.

* kategoriale Variablen

** stetige Variablen

Erfolg bei Nahfixation				
Variablen		**Parameterschätzer**	**Standardfehler**	**p-Wert**
Amblyopie	*	0,226	0,575	0,694
Obliquusdys.		0,853	0,565	0,131
Alter	**	-0,353	0,206	**0,086**
Adduktion		0,034	0,028	0,230
Fernwinkel		-0,038	0,064	0,559
Nahwinkel		0,235	0,072	**< 0,001**

Tab. 15.

* kategoriale Variablen

** stetige Variablen

3.4. Augenmotilität

3.4.1. Abduktion- und Adduktionskapazität

Die Veränderung der Abduktion- und Adduktionskapazität durch die konsekutive Exotropiekorrektur ist in Abb. 10 dargestellt. Um die statistischen Berechnungen zu

vereinfachen wurden ausschließlich die am Ende der Beobachtungszeit erhobenen Motilitätswerte als postoperative Ergebnisse bewertet.

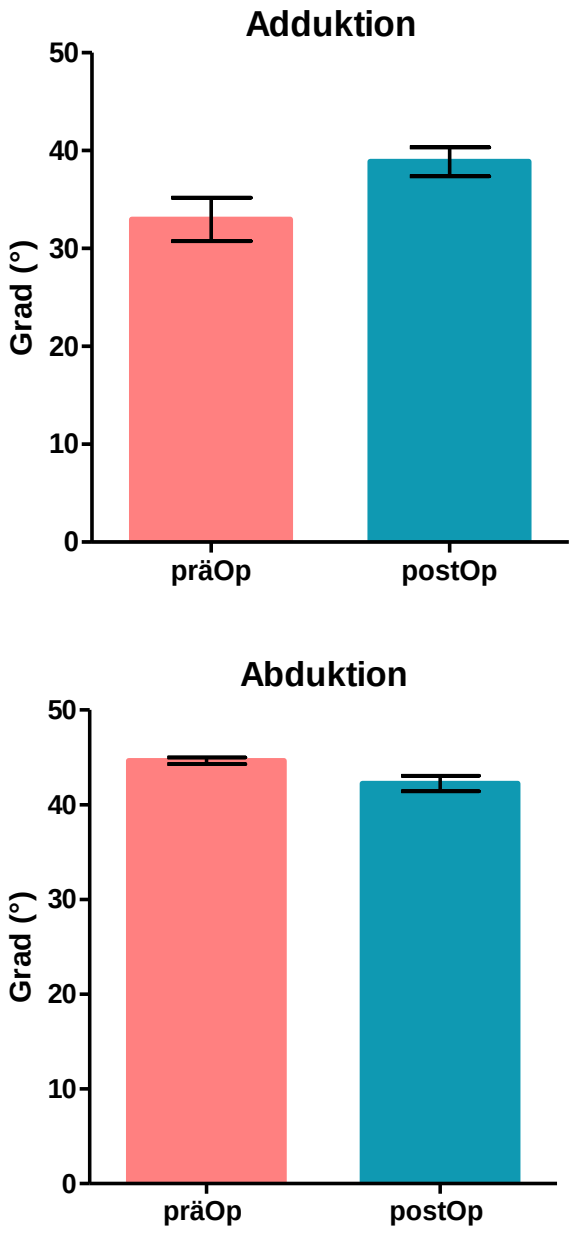

Abb.10.

Die Abduktionskapazität lag vor der Operation bei fast allen Patienten regelrecht bei einem Durchschnittswert von 44,6°. Postoperativ konnte eine Reduktion der allgemeinen Abduktionskapazität auf durchschnittlich 42,2° beobachtet werden ($p< 0,0001$, Mann-Whitney-Test). Obwohl diese Reduktion eine statistische Signifikanz erreichte, kann die postoperative Abduktionskapazität noch als normal angesehen werden. Üblicherweise werden Einschränkungen der Augenmotilität erst ab einer Reduktion von 25% oder mehr der Normwerte als pathologisch betrachtet (Kasi, K. et al., 2013; Gong, Q. et al., 2016).

Die präoperative Adduktion war in 2/3 der Fälle reduziert mit einem Durchschnittswert von 33°. Postoperativ konnte eine signifikante Verbesserung der allgemeinen Adduktionskapazität auf 39° im Durchschnitt beobachtet werden (p= 0,0002, Mann-Whitney-Test).

3.4.2. Motilitätsgewinn

Um den Effekt von den konsekutiven Divergenzoperationen auf die Beweglichkeit des operierten Auges zu evaluieren, haben wir die gesamte Augenmotilität als die Summe der Adduktion und Abduktionskapazität in Grad berechnet. Der gesamte Motilitätsgewinn wurde dann als der Unterschied zwischen post- und präoperativer Gesamtmotilität des operierten Auges bewertet.

Die Ergebnisse des Motilitätsgewinns für jede operative Prozedur und ihr Vergleich sind in Tab. 16 und 17 dargestellt.

Operationsverfahren	**n**	**Motilitätsgewinn**		**p-Wert**
		MW (°)	**StdAbw (°)**	
M. rect. med. WVL +/- Res.	64	8,8	13,5	**0,005**
M. rect. lat. RL	11	-3,6	8,4	
Kombi-Op	27	3,9	11,8	

Tab. 16.

Intergruppenvergleich	**p-Wert**
M. rect. med. WVL +/- Res. *VS* M. rect. lat. RL	**0,003**
M. rect. med. WVL +/- Res. *VS* Kombi-Op	0,079
M. rect. lat. RL *VS* Kombi-Op	0,082

Tab. 17.

Den größten Motilitätsgewinn ermöglichten die Operationen am M. rect. med., gefolgt von den kombinierten Operationen und den Operationen am M. rect. lat. Letztere führten sogar zu einer leichten Reduzierung der Motilität am operierten Auge.
Beim Vergleich der unterschiedlichen Operationsgruppen zeigte sich ein signifikanter Unterschied zwischen beiden Ein-Muskel-Operationen. Hingegen ließ sich der Motilitätsgewinn jeder Ein-Muskel-Operation von dem der kombinierten Operationen statistisch nicht unterscheiden.

3.5. Dosis-Wirkungseffekt

3.5.1. Dosis-Wirkungskoeffiziente

Um die Berechnungen zu vereinfachen, wurden lediglich die Messungen am Ende der Beobachtungszeit ausgewertet.

Die mittlere DWK der M. rect. med. WVL +/- Res. betrug 1,2°/mm sowohl für die Fern- als auch für die Nahfixation (Abb.11).

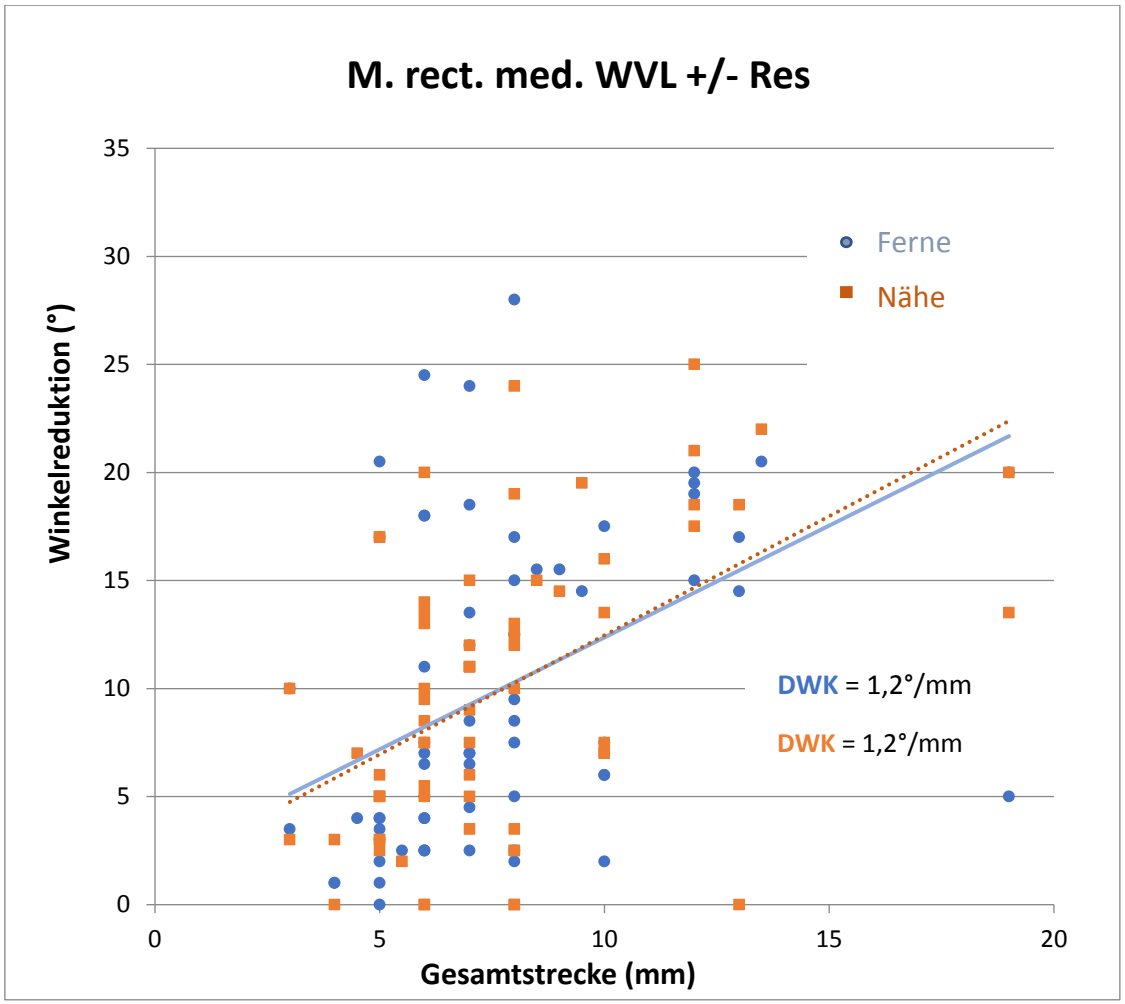

Abb. 11.

Im Vergleich waren die mittlere DWK bei Kombi-Ops mit 1,5°/mm für die Fern- und 1,6°/mm für die Nahfixation höher (Abb. 12).

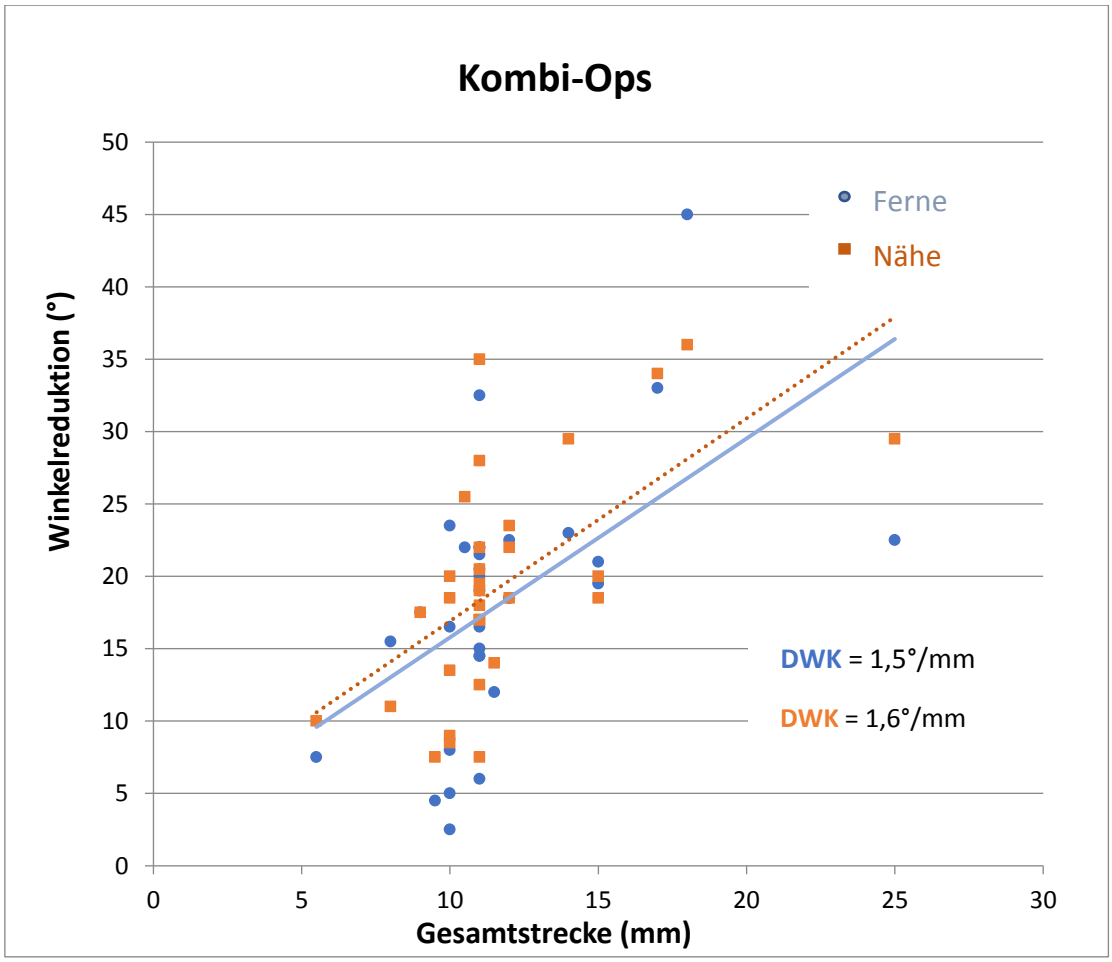

Abb.12.

Die M. rect. lat. RL ergab unterschiedliche DWK von 1,6°/mm für die Fernfixation und 0,9°/mm für die Nahfixation (Abb. 13).

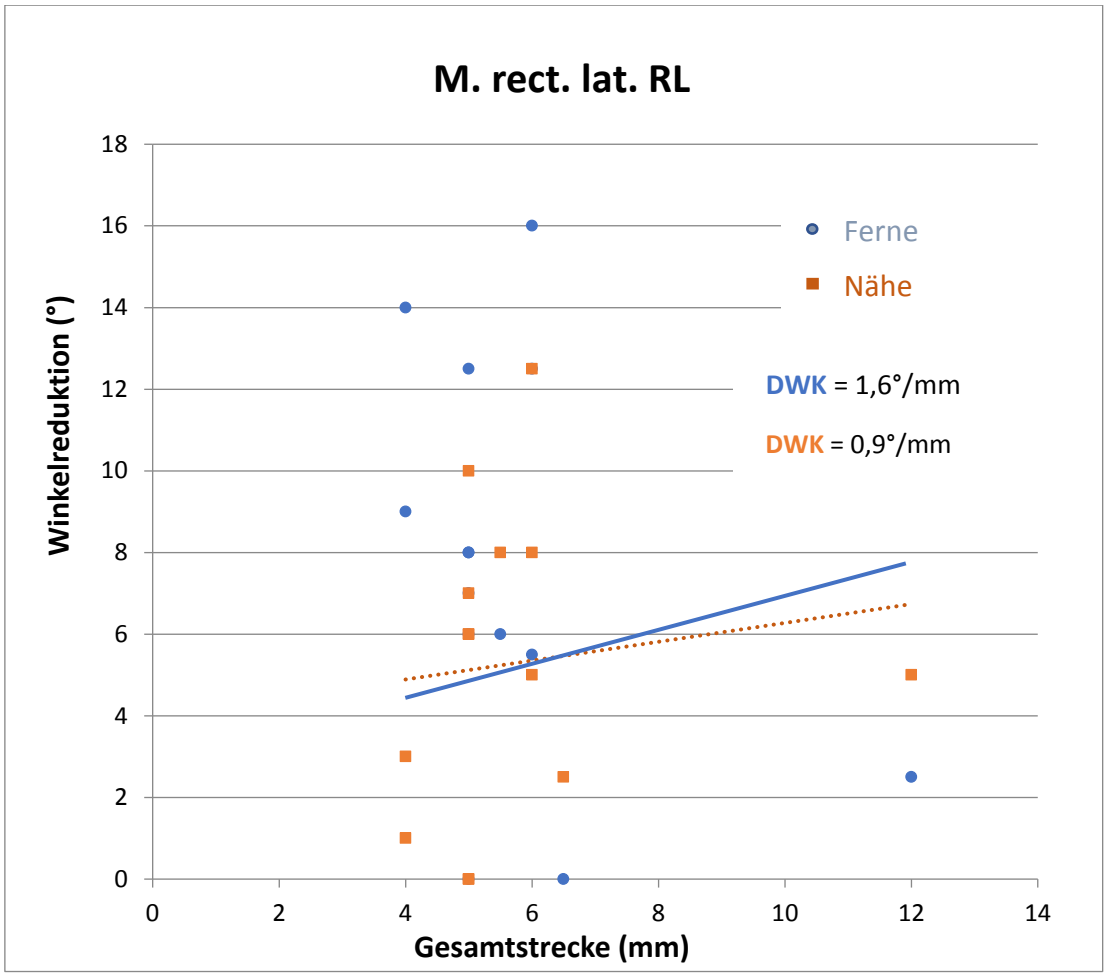

Abb. 13.

Zwischen den 3 Operationsgruppen bestand ein signifikanter Unterschied hinsichtlich ihrem DWK, sowohl für die Fern- als auch für die Nahfixation (Tab. 18).

Fixation	Operationsverfahren						p-Wert
	M. rect. med. WVL +/- Res		M. rect. lat. RL		Kombi-Op		
	MittlW (°/mm)	StdAbw (°/mm)	MittlW (°/mm)	StdAbw (°/mm)	MittlW (°/mm)	StdAbw (°/mm)	
Ferne	1,2	1,1	1,6	1,0	1,5	0,7	**0,044**
Nähe	1,2	0,9	0,9	0,8	1,6	0,6	**0,024**

Tab. 18.

Beim Vergleich der Einzelgruppen untereinander zeigte sich allerdings nur eine Signifikanz zwischen den Kombi-Ops und den Operationen am einzigen M. rect. med. oder M. rect. lat. (p= 0,02 bzw. 0,03; Mann-Whitney-Test); die DWK der Operationen am M. rect. med. und M. rect. lat. allein waren statistisch vergleichar (Tab. 19).

Intergruppenvergleich	p-Wert	
M. rect. med. WVL +/- Res. *VS* Rect. lat. RL	Fernfixation	0,130
	Nahfixation	0,316
M. rect. med. WVL +/- Res. *VS* Kombi-Op	Fernfixation	**0,023**
	Nahfixation	**0,020**
M. rect. lat. RL *VS* Kombi-Op	Fernfixation	0,822
	Nahfixation	**0,028**

Tab. 19.

Die DWK zwischen Fern- und Nahfixation zeigten keinen signifikanten Unterschied unter den Gruppen der M. rect. med. WVL +/- Res. und der Kombi-Op (p>0,2). In der Gruppe der M. rect. lat. RL lag ein noch gerade signifikanter Unterschied zwischen DWK bei Fern- und Nahfixation (p=0,05), was allerdings, aufgrund der geringen Anzahl an Patientien (n=14), kritisch betrachtet werden muss.

3.5.2. Einfluss präoperativer Charakteristika auf den Dosis-Wirkungs-Effekt

Die DWK verschiedener, nach präoperativen Charaketristika unterteilter Subgruppen wurden berechnet und mittels Mann-Whitney-Test verglichen.
Es zeigten sich vergleichbare DWK in jeder Subgruppe, sodass kein der untersuchten Charakteristika, einen Einfluss auf die DWK auszuüben erscheinte (Tab. 20).

Charakteristika		**n**	**DWK Fernfixation**			**DWK Nahfixation**		
			MW (°/mm)	**StdAbw (°/mm)**	**p-Wert**	**MW (°/mm)**	**StdAbw (°/mm)**	**p-Wert**
Geschlecht	m	42	1,2	1,1	0,6	1,2	1,0	0,5
	w	67	1,3	0,9		1,3	0,7	
Art der Esotropie	FKS	29	1,1	0,8	0,2	1,2	0,7	0,5
	EIS	41	1,4	0,9		1,4	0,8	
Vor-operation	Ja	7	1,0	1,5	0,5	0,8	1,4	0,7
	Nein	102	1,3	0,9		1,3	0,8	
Amblyopie	Ja	45	1,4	1,0	0,2	1,3	1,0	0,6
	Nein	59	1,2	0,9		1,3	0,8	
Obliquus-dysfunktion	Ja	40	1,2	0,8	0,4	1,2	0,7	0,3
	Nein	65	1,4	1,1		1,4	1,0	

Tab. 20.

4. Diskussion

4.1. Patientenkollektiv

In dieser Arbeit wurde die größte jemals in der Literatur publizierte Kohorte ausgewertet, bei der eine Schieloperation zur Korrektur eines nach Esotropiekorrektur aufgetretenen konsekutiven Strabismus divergens durchgeführt wurde. Jeder Patient wurde prä- und postoperativ in der eigenen Sehschule, durch das gleiche orthoptistische Team voruntersucht, und die Operationen wurden von 2 Operateuren durchgeführt, die die gleichen Operationstechnicke benutzen. Dadurch konnte die Variabilität durch eventuell unterschiedliche Behandlungsmethode minimiert werden. Ein anderer Vorteil dieser

Studie ist ihre lange Nachbeobachtungszeit, was uns erlaubte, langfristige Erfolgsrate festzustellen.

Unser Patientenkollektiv war in vielen Hinsichten ähnlich zu dem anderer Publikationen über konsekutiven Strabismus divergens, was die Aussagekraft des Inter-Studien-Vergleiches erhöht. Vor allem lag der mittlere präoperative Schielwinkel unserer Patienten (-17,5°) in der oft zugrunde gelegten Winkel-Spanne von -16,6° bis -27° (Marcon, GB. und Pittino, R., 2011; Langmann, A. et al., 2005; Donaldson, MJ. et al., 2004; Marcon, GB. und Pittino, R., 2012). Außerdem stimmten die höheren Frauensquote und EIS-Patientenanteil, sowie unsere Amblyopie-Prevalenz mit den anderer Studien überein. Auffällig war nur das etwas höhere mittlere Alter unserer Patientenkohorte, was allerdings auch an der Wartezeit bei der Operationsterminvergabe liegen kann.

4.2. Erfolg

4.2.1. Gesamterfolg und Stabilität der Ergebnisse

Der Erfolg von Operationen zur Korrektur eines konsekutiven Strabismus divergens schwankt je nach Autoren erheblich (50-92%).
Der Inter-Studien-Vergleich wird allerdings, zusätzlich zu dem manchmal unterschiedlichen Patientenkollektiv und den Operationsmethoden, auch dadurch erschwert, dass die Nachbeobachtungszeit nur selten übereinstimmt. Dies ist wichtig, wenn man sich der zeitlichen Variabilität einer postoperativen Schielstellung bewusst ist. Mehrere Autoren berichten von einer Tendenz zum Außenschielen nach Schieloperationen bei konsekutiven Strabismen (Jung, SH. und Rah, SH., 2007; Marcon, GB. und Pittino, R., 2011; Donaldson, MJ. et al., 2004). In seiner 2004 publizierten Studie zeigte allerdings Donaldson, dass die Entwicklung eines Außenschielens häufig in den ersten 6 postoperativen Wochen auftritt. Diese Exodeviation betrug 8 PD im Durchschnitt und blieb in der Nachbeobachtungszeit weitgehend stabil, so dass er empfiehlt, eine Innenstellung von 5 bis 10 PD zu erzielen. Marcon und Pittino stellten eine postoperative Exodeviation von 9 PD noch nach 6 Monaten fest und unterstützten Donaldson's Empfehlung, eine leichte Innenschielstellung postoperativ anzustreben. Entsprechend dieser Beobachtungen konnten wir auch eine Zunahme der Exotropie feststellen; diese manifestierte sich ebenfalls zum größten Teil während der ersten 4-6 Wochen und hat ein ähnliches Ausmaß von 4,5° bzw. 8 PD am Ende unserer Beobachtungszeit.

Dennoch könnten mehrere Studien mit längeren Beobachtungszeiten notwendig sein, um diese Ergebnisse zu bestätigen.

Im Allgemeinen erwies sich unsere gesamte Erfolgsquote vor allem am Ende der Nachbeobachtungszeit als niedriger als in der Literatu angegeben. Obwohl die postoperative Exodeviation vergleichbar zu anderen Autoren war, konnten wir einen deutlichen Abfall der Erfolgsquote zwischen dem 1. postoperativen Tag und unserer letzten Kontrolle feststellen. Dies lässt sich dadurch erklären, dass unsere durchschnittlichen Ausgangswinkel am 1. postoperativen Tag noch eine leichte Exotropie (-1,7°) aufwiesen. Die Tendenz zum Außenschielen, die in unserer sowie in anderen Studien gezeigt wurde, treibte dann diese dezente in eine signifikante Unterkorrektion.

Die Ursache der postoperativen Exodeviation ist nicht genau bekannt. Mehrere Autoren haben diese anomale Anheftung des voroperierten M. rect. med. als ursächlich angesehen (Jung, JH. et al., 2016; Ludwig, IH und Chow, AY., 2000). Der pathologische Muskelansatz wurde abhängig von seiner Morphologie in folgenden Kategorien geteilt:

- „Slipped muscle“: der Muskel hat sich in seiner Kapsel zurückgezogen und die leere Kapsel bleibt alleine an der Sklera befestigt.
- „Lost muscle“: der Muskel ist nicht mehr an seinem Ansatz zu finden und gilt als „verloren“.
- „Stretched scar“: der Muskel scheint weder durch seine Sehne noch seine Muskelfaser, sondern durch gestrecktes Narbengewebe an die Sklera verbunden zu sein.

Da aber solche pathologische Muskelansätze nicht in jedem Fall von konsekutivem Strabismus beobachtet werden, lässt sich eine postoperative Exodeviation nicht allein durch eine anomale Muskelfixation erklären. Unter der anderen Ursachen, die einen Einfluss auf den Erfolg von Divergensoperationen im Allgemeinen haben könnten, wurde das Vorhandsein einer Amblyopie, einer Adduktionseinschränkung, einer pathologischen Obliquusfunktion, einer starken Weitsichtigkeit oder einer Störung des räumlichen Sehens festgestellt (Gong, Q. et al., 2016; Gezer, A. et al., 2004; von Noorden, GK. und Campos, EC., 2002). Der präoperative Schielwinkel wurde auch als Erfolgsprädiktor bei primärer Exotropie identifiziert, wobei Patienten mit größeren Ausgangswinkeln ungünstigere Ergebnisse aufwiesen (Gezer, A. et al., 2004).

Im speziellen Fall des konsekutiven Strabismus divergens haben auch verschiedene Studien den Einfluss dieser Faktoren auf den Erfolg der Korrekturoperation untersucht; allerdings erwiesen sich die Ergebnisse meist nicht als signifikant:
Mohan (Mohan K. et al., 2006) und Chatzistefanou (Chatzistefanou, KI. et al., 2009) fanden eine Tendenz zu höreren Erfolgsraten bei Patienten ohne Amblyopie, die in anderen Studien nicht nachgewiesen werden konnte (Kasi, SK. et al., 2013; Nabie, R. et al., 2008; Marcon, GB. und Pittino, R., 2012; Gesite-de Leon, B. und Demer, JL., 2014; Chang, CY. und Lin, MC., 2017). In seiner Studie erzielte Donaldson sogar tendenziel bessere Erfolgsraten bei Amblyopen. Gesite-de Leon untersuchte mehrere Faktoren (Geschlecht, Operationsalter, präoperative Schielwinkel, Visus, Amblyopie, Adduktionsdefizit, A- oder V-Symptom, und Refraktionsfehler) und konnte keinen identifizieren, der einen Einfluss auf den chirurgischen Erfolg hätte (Gesite-de Leon, B. und Demer, JL., 2014). Kasi stellte hingegen fest, dass das Vorhandsein eines Adduktionsdefizits, eines A- oder V- Symptoms, sowie größere Schielwinkel mit schlechteren Erfolgsaussichten einhergingen (Kasi, SK. et al., 2013).

Entsprechend früherer Studien zeigte sich in unseren multiplen und einfachen Analysen eine signifikante Korrelation zwischen dem Ausmaß des präoperativen Schielwinkels und dem chirurgischen Erfolg, wobei der Erfolg um so schlechter war, je größer der präoperative Schielwinkel gemessen wurde. Ein Grund dafür, könnte eine unzureichende chirurgische Dosierung bei Patienten mit großem präoperativen Schielwinkel sein, bei denen mehrere Operationen möglicherweise bessere Ergebnisse erziehlt hätten.
Weiterhin und im GegenteiI zu Mohan und Chatzistefanou konnten wir keine schlechteren Endergebnisse bei unserer amblyopen Patienten gegenüber nicht Amblyopen nachweisen.

Bezüglich der Einflüsse der Adduktionskapazität, dem Alter bei der Operation und dem Vorhandsein einer Obliqussdysfunktion, ergaben unsere statistischen Analysen folgende Ergebnisse:

- In der multifaktoriellen Analyse ergab sich keine signifikante Korrelation zwischen der Adduktionskapazität des schielenden Auges und demOperationseErfolg. Einzeln untersucht, zeigte sich allerdings eine schlechtere Adduktionskapazität in der Patientengruppe, die eine unzufriedestellende Schielstellung am Ende der Beobachtungszeit aufwies. Auch wenn die statistische Aussagekraft, aufgrund der Inkommitanz zwischen beiden Analysen, reduziert erscheint, unterstreichen diese Ergebnisse, die Beobachtugen anderer Studien (Folk, ER. et al., 1983; Kasi, SK. et al., 2013).

- Das Alter bei der Operation erreichte in der multiplen Analyse bei Nahfixation eine knappe Signifikanz, was aber sowohl bei Fernfixation als auch in der einfachen Analyse nicht bestätigt werden konnte, sodass wir diese Signifikanz mit Zurückhaltung betrachten müssen.
- Umgekehrt scheint das Vorhandsein einer Obliquusdysfunktion einen positiven Einfluss auf den Operationserfolg zu haben, nur wenn er einzeln untersucht wurde. Die Rolle einer begleitenden Obliqussdysfunktion auf die Stabilität des postoperativen Schielwinkels wurde mehrmals untersucht und verschieden interpretiert (Han, SY., et al., 2016; Bryselbout, S. et al., 2018; Qianwen, G. et al., 2016). Allerdings wurde in der Literatur nicht über einen positiven Einfluss einer Obliquusstörung berichtet. Für diese überraschenden Ergebnisse finden wir keine Erklärung. Möglicherweise besteht hier eine Korrelation zwischen der Variablen „Obliquusdysfunktion“ und einer anderen Variablen, die unsere Auswertung über den Einfluss von der Obliquusfunktion verfälschen.

4.2.2. Erfolg nach Operationsverfahren

Die Erfolgsraten unserer und anderer Studien sind in Tabelle 21 zusammengefasst.

Studie	**Operationsverfahren**	**Erfolg (%)**	**n**	**Beobachtungszeit**
Unsere (2018)	M. rect. med. WVL	30	70	3,2 Jahren
	M. rect. lat. RL	54	13	
	Kombi-Op	45	33	
	Gesamt	*41,5*	*116*	
Chang und Lin (2017)	M. rect. med. WVL	50	8	3 Monaten
	M. rect. lat. RL	60	14	
	Kombi-Op	71,4	5	

Leon und Demer (2014)	M. rect. med. WVL	50	20	1,6 Jahr
Kasi (2013)	mehrere Verfahren	72	46	2,5 Jahre
		65	20	4,9 Jahre
Marcon und Pittino (2011)	M. rect. med. WVL	67	24	6 Monaten
Tinley (2010)	M. rect. med. WVL	64	11	4 Monaten
Chatzistefanou (2009)	Kombi-Op	80	52	2,5 Jahre
Mohan (2006)	Kombi-Op	92 53	12 19	1,1 Jahr 5,1 Jahre
Donaldson (2004)	Kombi-Op	71	42	16 Monaten
Gómez de Liaño (2001)	mehrere Verfahren	70	30	15 Monaten
Patel (2000)	M. rect. lat. RL	65	31	30 Monaten

Tab. 21.

Es finden sich zum Teil deutlich voneinander abweichende Ergebnisse.

Im Durchschnitt erschienen kombinierte Operationen, die höchsten Erfolgsraten zu erziehlen.

In unserer Studie war die Rücklagerung des Muskels lateralis die erfolgreichste Methode. Allerdings war unsere Patientenanzahl in dieser Gruppe sehr gering, was den statistischen Aussagewert einschränkt.

Anhand dieses Vergleiches erscheint es schwierig, die Überlegenheit einer Technik gegenüber den anderen festzustellen. In der Entscheidung des idealen Operationsverfahrens sollten daher andere Kriterien berücksichtigt werden. Zwei Vorteile der M. rect. lat. RL liegen darin, dass der häufig durchgeführte Eingriff zur Korrektur der primären Esotropie, die Rücklagerung des M. rect. med. ist. In vielen Fällen von konsekutiven Strabismus divergens bleibt daher der Bereich des M. rect. lat. unberührt, sodass die M. rect. lat. RL nicht durch narbige Gewebe erschwert wird und die gleichen Dosierungstabellen, wie für die primäre Exotropie, angewandt werden können (Nabie, R., et al., 2008; Patel, S. et al., 2000).
Die Operation des M. rect. med. hat hingegen den Vorteil, gleichzeitig den Muskelansatz inspizieren zu können, und so die Korrektur einer potentiell falschen Insertion oder Sehendehnung durchzuführen (Gesite-de Leo, B. und Demer, JL., 2014).

4.3. Dosis-Wirkungs-Effekt

Aktuell ist noch wenig darüber bekannt, wie gut Patienten mit konsekutivem Strabismus divergens auf eine erneute Schieloperation ansprechen. Viele Studien haben versucht, anhand Berechnungen von DWK, einen Grundsatz für die chirurgische Dosierung zu etablieren. Die DWK unterscheiden sich allerdings zwischen Operationsverfahren und Autoren erheblich (Tab. 22).

Studien	n	Operationsverfahren	DWK (°/mm)	Beobachtungszeit
Unsere (2018)	116	M. rect. med. WVL+/-Res (60%)	1,2	3,2 Jahre
		M. rect. lat. RL (11%)	1,6 (Fernfix.)	
			0,9 (Nahfix.)	
		Kombi-Op (28%)	1,5 (Fernfix.)	
			1,6 (Nahfix.)	
Chatzistefanou et al. (2009)	52	Kombi-Op	1,7*	2,5 Jahre
Kasi, Tamhankar et al. (2013)	46	M. rect. med. WVL+/-Res (35%)	1,3 *	2,5 Jahre
		Kombi-Op (50%)	1,5 *	
		Andere (15%)	-	
Marcon und Pittino (2011)	24	M. rect. med. WVL (100%)	2	6 Monate
Merchel-Timmer und Jellema (2013)	62	M. rect. med. WVL+/-Res (% nicht angegeben)	1,5	6 Wochen
		Kombi-Op (% nicht angegeben)	2	
Kolling und Schmidt-Bacher (2005)	62	M rect.med. WVL +/- Res (24%)	1,4	3 Monate
		Kombi-Op (76%)	1,6	

Sterker und Tegetmeyer (2006)	86	Kombi-Op (100%)	1,6 (Fernfix.)	3 Monate
			1,7 (Nahfix.)	
Langmann, Lindner et al. (2005)	46	M. rect.med. WVL+/-Res (39%)	2	1. postOp Tag
		Kombi-Op (61%)	1,6 (Fernfix.)	
			1,8 (Nahfix.)	

Tab. 22.

* Werte ursprünglich in Prismen Dioptrien vom Autor angegeben und mittels der von Lanthony beschriebenen Formel in Grad umgerechnet: 1 PD = 0,573 Grad [109].

In der Gruppe der M. rect. med. WVL +/- Res. ergab sich in unserer Studie einen mittleren DWK von 1,2° /mm Operationsstrecke, sowohl für die Fern- als auch für die Nahfixation. Andere Studien, die diese Operationsverfahren untersucht haben, berichten von DWK zwischen 1,3 und 2°/mm, wobei kleinere Werten meistens bei längeren Beobachtungszeiten gefunden werden (Kasi, SK. et al., 2013; Langmann, A. et al., 2005). Unsere Ergebnisse kommen der Studie mit der längsten Nachbeobachtuingszeit sehr nah. Bei Kombi-Ops zeigten sich in unserem Patientenkollektiv höhere DWK von 1,5 °/mm bei Fern- und 1,6 °/mm bei Nahfixation. Mit Ausnahme einer Studie, bei der eine überraschende DWK von 2°/mm nach kurzer postoperativer Nachbeobachtungszeit berechnet wurde (Merchel-Timmer, CF. und Jellema, HM., 2013), sind die Ergebnisse in der Literatur sehr homogen und decken sich weitgehend mit den unserigen.

Unsere DWK erscheinen daher eine plausible Basis für die Planung der chirurgischen Korrektur von konsekutivem Strabismus divergens mittels M. rect. med. WVH +/- Res. oder Kombi-Op. Diese Werte stimmen außerdem mit der in Kaufmann's Lehrbuch berichteten DWK für Schieloperationen an den Horizontalmuskeln überein (Kaufmann, H. und Steffen H., 2012).

Nach unseren Kenntnissen wurde in keiner anderen Studie die DWK der M. rect. lat. RL bei konsekutiven Strabismen berechnet. Oft werden die gleiche Tabelle benutzt, wie bei der primären Exotropie (Nabie, R. et al., 2008; Patel, A. et al., 2000). In unserer

Patientengruppe, der eine M. rect. lat. RL unterzogen wurde, zeigte sich eine starke Inkomitanz zwischen den bei Fernfixation (1,6°/mm) und bei Nahfixation (0,9°/mm) gemessenen DWK. Dies lässt sich dadurch erklären, dass eine Inkommitanz zwischen Fern- und Nahwinkel bei diesen Patienten schon präoperativ messbar war. Eine ähnliche Beobachtung wurde schon von Patel berichtet, wobei er eine Verbesserung der Fern-Nah-Inkommitanz seines Patientenkollektives durch bilaterale M. rect. lat. RL bemerkte (Patel, S. et al., 2000). Allerdings erlaubt uns unsere geringe Patientenzahl, bei der eine M. rect. lat. RL erfolgte, nicht eine zuverlässige Aussage diesbezüglich zu treffen.

4.4. Augenmotilität

Die Motilität des Auges ist ein wichtiges Thema in der Strabimuschirurgie. Mehrere Autoren haben eine reduzierte Adduktionsfunktion als Risikofaktor für die Entwicklung eines konsekutiven Strabismus divergens nach Esotropiekorrektur festgestellt (Oğuz, V. et al., 2002; Gong, Q., et al., 2016; Ganesh, A. et al., 2011). Den negativen Einfluss einer beeinträchtigten Adduktionskapazität auf den Erfolg der konsekutiven Divergenzkorrektur wurde auch in anderen Studien nachgewiesen (Folk, ER. et al., 1983; Kasi, SK. et al., 2013). In unserer Studie stellte sich ebenso ein Adduktionsdefizit als signifikanter Einflussfaktor auf den Erfolg in der multiplen Analyse dar.

Dass das durchgeführte Operationsverfahren, auch eine gewisse Korrektur eines vorliegenden Motilitätsdefizites erzielt, erscheint daher sinnvoll. Dieser Aspekt wird heutzutage nicht bestritten, und eine generelle Empfehlung lautet, dass die Auswahl des für den Patienten beste Operationsverfahrens, Rücksicht auf die Augenmotilität des Patienten nehmen sollte (Marcon, GB. und Pittino, R., 2012; Gesite-de Leon, B. und Demer, JL., 2014; Kushner, BJ., 2018). Bei Patienten mit einer eingeschränkten Adduktion nach bilateraler M. rect. med. RL empfiehlt Donaldson eine Kombi-Op, und rät von einer M. rect. lat. RL ab (Donaldson, MJ et al., 2004). Marcon und Pittino haben mehrere Operationsverfahren ausgewertet, unabhängig von der früheren Esotropieoperationstechnik, die den M. rect. med. betraf, und erzielten gute Ergebnisse bezüglich der Korrektur des Adduktionsdefizites (Marcon, GB. und Pittino, R., 2012). Leon berichtet ebenfalls über eine Verbesserung der Adduktion in seinem Patientenkollektiv nach M. rect. med. WVL (Gesite-de Leon, B. und Demer, JL., 2014).

In unserer Studie konnten wir eine gesamte Verbesserung der Adduktionskapazität auf Kosten einer geringen Reduktion der Abduktionskapazität feststellen. Den größten Motilitätsgewinn hatten die Patienten, die einer M. rect. med. WVL mit oder ohne Res.

unterzogen wurden. Die Kombi-Op bewirkten ebenfalls eine Verbesserung der Augenmotilität, jedoch etwas geringer als die M. rect. med. WVL.
Somit einigen sich unsere Ergebnisse mit denen anderen Studien überein: wichtig erscheint es, beim Vorhandsein eines Adduktionsdefizites, den Effekt des M. rect. med. durch WVL oder Res. zu verstärken. Zudem könnte bei dem Eingriff am M. rect. med. eine eventuelle fehlerhafte Muskelinsertion festgestellt und korrigiert werden.

5. Zusammenfassung

Re-Operationen sind ein schwieriges Thema in der Strabologie. Trotz des nicht seltenen Auftretens eines konsekutiven Strabismus divergens nach Esotropiekorrektur gibt es derzeit wenige Studien, die die Effektivität von konsekutiven Divergenzoperationen untersuchen. Zudem berichten die meisten Autoren über zu geringe Patientenkollektive. In dieser Arbeit haben wir die Ergebnisse von Schieloperationen bei einer großen Anzahl von Patienten mit konsekutivem Strabismus divergens ausgewertet.

Nach einer durchschnittlichen Nachbeobachtungszeit von drei Jahren zwischen Operation und letzter Nachuntersuchung konnten wir folgende Dosis-Wirkungs-Koeffizente für jede Operationsart etablieren: 1,2°/mm für die Muskel rectus medialis Wiedervorlagerung, 1,5 bis 1,6 °/mm für die kombinierte Operationen und 0,9 bis 1,6°/mm für die Muskel rectus lateralis Rücklagerung.

Im postoperativen Verlauf konnten wir zudem eine Tendenz zu Exodeviation nachgewiesen, deren Aussmaß (4,5°) dem anderer Studien mit kürzerer Nachbeobachtungszeit gleichgestellt werden kann. Somit konnte auch gezeigt werden, dass der postoperative Schielwinkel eine gewisse Stabilität im späten Verlauf erreicht.

Der Erfolg war signifikant abhängig vom präoperativen Schielwinkel und ist vom Vorliegen einer Amblyopie unbeeinflusst. Andere Einflussfaktoren wurden nicht eindeutig herausgefunden, wobei das Alter, die Adduktionskapazität des schielenden Auges und die Obliquusfunktion unterschiedliche Ergebnisse in unseren verschiedenen statistischen Analysen ergaben. Weitere Studien mit Analyse dieser speziellen Faktoren könnte sinnvoll sein, um genauere Aussagen bezüglich ihres Einflusses auf den Erfolg einer Revisionsoperatoin feststellen zu können.

6. Literaturverzeichnis

1. Bryselbout S., Promelle V., Pracca F., Milazzo S. (2018): Clinical and surgical risk factors for consecutive exotropia. Eur J Ophthalmol. 29, 33-37.

2. Chatzistefanou, K., Droutsas, K., Chimonid, E. (2009): Reversal of unilateral medial rectus recession and lateral rectus resection for the correction of consecutive exotropia. Br J Ophthalmol. 93, 742–746.

3. Chang, C.Y., Lin, M.C. (2017): Surgical results for consecutives exotropia. Taiwan J Ophthalmol. 7, 100-103.

4. Clark, R.A., and Demer, J.L. (2018): The globe's eccentric rotational axis: why medial rectus surgery is more potent than lateral rectus surgery. Ophthalmology. 125, 1234-1238.

5. Deutsche Ophthalmologische Gesellschaft und Berufsverband der Augenärzte Deutschlands (2010): Leitlinie 26 a Amblyopie. S2e Leitlinie AWMF-Registernummer 045/009.

6. Donaldson, M.J., Forrest, M.P., Gole, G.A. (2004): The surgical management of consecutive exotropia. J AAPOS. 8:230-6.

7. Fick, A. (1854): Die Bewegungen des menschlichen Auges. Z rationnelle Med. 4, 101.

8. Flick, H. (1975): Das Schielen des Kindes. Köln-Lövenich: Deutscher Ärzte-Verlag GmbH.

9. Folk, E.R., Miller, M.T., Chapman, L. (1983): Consecutive exotropia following surgery. Br J Ophthalmol. 67, 546-548.

10. Ganesh, A., Pirouznia, S.S., Ganguly, S., Fagerholm, P., Lithander, J. (2011): Consecutive exotropia after surgical treatment of childhood esotropia: a 40-year follow-up study. Acta Ophthalmol. 89, 691-695.

11. Gesite-de Leon, B., Demer, JL. (2014): Consecutive exotropia: why does it happen, and can medial rectus advancement correct it? J AAPOS. 18, 554-558.

12. Gezer, A., Sezen, F. Nasri, N., Gözüm, N. (2004): Factors influencing the outcome of strabismus surgery in patients with exotropia. J AAPOS. 8, 56–60.

13. Gómez De Liaño, S., Ortega Usobiaga, J. (2001): Consecutive exotropia surgery. Arch Soc Esp Oftalmol. 76, 371-378.

14. Gong, Q., Wei, H., Zhou, X., Li, Z., Liu, L. (2016): Risk factor analysis of consecutive exotropia: Oblique muscle overaction may play an important role. Medicine. 95, 50.

15. Han, S.Y., Han, J., Rhiu, S., Lee, JB., Han, SH. (2016): Risk factors for consecutive exotropia after esotropia surgery. Jpn J Ophthalmol. 60, 333-340.

16. Jaensch, P.A. (1942): Operation an den Augenmuskeln. In: Thiel, R. (Hrsg.): Ophthalmologische Operationslehre. S. 119-188. Leipzig: Thieme.

17. Jung, E.H., Kim, S.J., Yu, Y.S. (2016): Factors associated with surgical success in adult patients with exotropia. J AAPOS. 20, 511-514.

18. Jung, J.H., Leske, D.A., Holmes, J.M. (2016): Classifying medial rectus muscle attachment in consecutive exotropia. JAAPOS. 20, 197-200.

19. Jung, S.H., Rah, S.H. (2007): The clinical course of consecutive esotropia after surgical correction. Korean J Ophthalmol. 21, 228-231.

20. Kaufmann, H., Steffen, H. (2012): Strabismus. Stuttgart: Georg Thieme Verlag KG.

21. Kasi, S.K., Tamhankar, M.A. Pistilli, M., Volpe, NJ. (2013): Effectiveness of medial rectus advancement alone or in combination with resection or lateral rectus recession in the management of consecutive exotropia. J AAPOS. 17, 465-470.

22. Kolling, G.H., Schmidt-Bacher, A. (2006): Zur Therapie des konsekutiven Strabismus divergens. Klin Monatsbl Augenheilkd. 223, 36–41.

23. Krzizok, T., Kaufmann, H. (1995): Revisionsoperationen nach Tenotomie des Musculus rectus medialis. Klin Mbl Augenheilkd. 207, 361–367.

24. Kushner, B.J. (2018): Re-operation strategies in strabismus – Cooper's dictum amended. J Binocul Vis Ocul Motil. 68, 45-53.

25. Langmann, A., Lindner, S., Koch, M., Wackernagel, W., Hörantner, R. (2005): Dosis-Wirkungs-Beziehung bei Revisionsoperation des konsekutiven Strabismus divergens im Erwachsenenalter. Ophthalmologe. 102, 869–872.

26. Langmann, A., Linder, S., Koch, M., Wackernagel, W. (2005): Schielwinkelverlauf nach Operation des Strabismus conc. divergens consecutivus. Spektrum Augenheilkd. 19, 12-14.

27. Ludwig, I.H., Chow, A.Y. (2000): Scar remodeling after strabismus surgery. J AAPOS. 4, 326-33.

28. Marcon, G.B., Pittino, R. (2011): Dose-effect relationship of medial rectus muscle advancement for consecutive exotropia. J AAPOS. 15, 523-6.

29. Marcon, G.B., Pittino, R. (2010): Topics on surgical management of adults with postoperative consecutive exotropia. In: De Faber, J. T. (Ed.): Transactions of the 33rd ESA Meeting. S. 109-112. Florida: CRC Press.

30. Merchel-Timmer, C.F., Jellema, H.M. (2012): Surgical outcome in patients with consecutive exotropia. In: De Faber, J. T. (Ed.): Transactions of the 35th ESA Meeting. S. 99-101. Florida: CRC Press.

31. Mohan, K., Sharma, A., Pandav, S.S. (2006): Unilateral lateral rectus muscle recession and medial rectus muscle resection with or without advancement for postoperative consecutive exotropia. J AAPOS.10, 220-224.

32. Nabie, R., Gharabaghi, D., Rahimloo, B. (2008): Bilateral medical rectus advancement versus bilateral lateral rectus recession for consecutive exotropia. J Ophthalmic Vis Res. 3, 114-7.

33. Oğuz, V., Arvas, S., Yolar M., Kizilkaya M., Tolun H. (2002): Consecutive exotropia following strabismus surgery. Ophthalmologica. 216, 246-248.

34. Patel, A., Simon, J., Lininger, L. (2000): Bilateral lateral rectus recession for consecutive exotropia. J AAPOS. 4, 291-294.

35. Qianwen, G., Hong, W., Xu, Z., Ziyuan, L., Longqian, L. (2016): Riskfactors analysis of consecutive exotropia: Oblique muscle overaction may play an important role. Medicine. 95, 50.

36. Sterker, I., Tegetmeyer, H. (2006): Wie effektiv ist eine Revisionoperation bei konsekutiver Exotropie in Erwachsenenalter? Z. prakt. Augenheilkd. 27, 349-354.

37. Taylan, S.H., Erkan, T.K. Jale, K., Emin, C.S., Ali, S.S. (2016): Clinical risk factors for the development of consecutive exotropia: a comparative clinical study. Int J Ophthalmol. 9, 886-889.

38. von Noorden, G.K., Campos, E.C. (2002): Binocular Vision and Ocular Motility. 6th Ed. USA: Mosby inc. S. 356-376.

7. Anhänge

7.1. Abbildungsverzeichnis

Abb.1: Schematische Darstellung der äußeren Augenmuskeln in frontaler (links) und sagittaler (rechts) Sicht.
Links: Bild aus https://www.essen-augenaerzte.de/schielen.html?PHPSESSID=
Rechts: Bild aus http://vmrz0100.vm.ruhr-uni-bochum.de/spomedial/content/index_ger.html
[abgerufen am 03.09.2018]

Abb. 2: Drehachsen des Augapfels nach Fick.
Bild aus Bowling, B. 2017. KANSKIs Klinische Ophthalmologie. Ein systematischer ansatz. 8. Auflage. Elsevier GmbH Deutschland.

Abb. 3: schematische Darstellung der verschiedenen Schielstellungen.

Abb. 4: Evolution des Schielwinkels bei Fernfixation im zeitlichen Verlauf.

Abb. 5: Evolution des Schielwinkels bei Nahfixation im zeitlichen Verlauf.

Abb. 6: Erfolgsrate am 1. postoperativen Tag bei Fern- und Nahfixation. Unterkorrektion in Blau-Grün, Uberkorrektion in Gelb dargestellt.

Abb. 7: Erfolgsrate am Ende der Nachbeobachtugszeit bei Fern- und Nahfixation. Unterkorrektion in Blau-Grün, Uberkorrektion in Gelb dargestellt.

Abb. 8: Prozentuale Verteilung des Erfolges am 1. postoperativen Tag und am Ende der Beobachtungszeit bei Fernfixation je nach Operationsverfahren aufgeteilt.

Abb. 9: Prozentuale Verteilung des Erfolges am 1. postoperativen Tag und am Ende der Beobachtungszeit bei Nahfixation je nach Operationsverfahren aufgeteilt.

Abb. 10: Mittelwerte der horizontalen monokulären Exkursion prä- und postoperativ. Links: Abduktionskapazität. Rechts: Adduktionskapazität.

Abb. 11: DWK der M. rect. med. WVL +/- Res. bei Fern- und Nahfixation.

Abb. 12: DWK der M. rect. lat. RL bei Fern- und Nahfixation.

Abb. 13: DWK der Kombi-Ops bei Fern- und Nahfixation.

7.2. Tabellenverzeichnis

Tab. 1: DWK verschiedener Operationsverfahren (Kaufmann, Strabismus).

Tab. 2: Ausmaß des Schielwinkels in Grad anhand des Hornauhtreflexes (Kaufamnn, Strabismus).

Tab. 3: Normale Werte der monokularen Bulbusexkursion (Kaufamnn, Strabismus).

Tab. 4: Übersicht der Patientencharakteristika und ausgewerteten Fällen.

Tab. 5: Ergebnisse der Schielwinkel (MW, StdAbw) und Signifikanzwerte (Mann-Whitney-Test) zwischen jeden Beobachtungszeiten.

Tab. 6: Verteilung der Schielwinkel bei Fern- und Nahfixation am 1. postoperativen Tag und am Ende der Nachbeobachtungszeit.

Tab. 7: Absolute und prozentuale Verteilung des Erfolges am 1. postoperativen Tag bei Fern- und Nahfixation je nach Operationsverfahren aufgeteilt.

Tab. 8: Absolute und prozentuale Verteilung des Erfolges am Ende der Nachbeobachtungszeit bei Fern- und Nahfixation je nach Operationsverfahren aufgeteilt.

Tab. 9: Erfolgsraten bei Fern- und Nahfixation abhängig vom präoperativen Fern- und Nahwinkel und Signifikanzwerte (Mann-Whitney-Test).

Tab. 10: Erfolgsraten bei Fern- und Nahfixation abhängig von der Adduktionskapazität des operierten Auges und Signifikanzwerte (Mann-Whitney-Test).

Tab. 11: Erfolgsraten bei Fern- und Nahfixation abhängig vom Vorliegen einer Obliquusdysfunktion und Signifikanzwerte (Chi²-Test).

Tab. 12: Erfolgsraten bei Fern- und Nahfixation abhängig vom Alter und Signifikanzwerte (Mann-Whitney-Test).

Tab. 13: Erfolgsraten bei Fern- und Nahfixation abhängig vom Vorliegen einer Amblyopie und Signifikanzwerte (Chi²-Test).

Tab. 14: Ergebnisse der multivarianten Regressionanalyse für den Erfolg bei Fernfixation.

Tab. 15: Ergebnisse der multivarianten Regressionanalyse für den Erfolg bei Nahfixation.

Tab. 16: Motilitätsgewinn nach Operationsverfahren aufgeteilt und Signifikanzwert (Kruskal-Wallis-Test).

Tab. 17: Vergleich des Motilitätsgewinns zwischen jedem Operationsverfahren (Mann-Whitney-Test).

Tab. 18: Ergebnisse der DWK und Signifikanzwerte (Kruskal-Wallis) für jedes Operationsverfahren.

Tab. 19: Vergleich der DWK bei Fern- und Nahfixation zwischen den unterschiedlichen Prozeduren am Ende der Beobachtungszeit (Mann-Whitney-Test).

Tab. 20: Ergebnisse der mittleren DWK, Standardabweichung und Signifikanzwerte (Mann-Whitney-Test) bei Fern- und Nahfixation unterteilt nach Geschlecht, Art der Esotropie und Vorhandsein einer bzw. mehrer Voroperatione, einer Amblyopie oder einer Obliquusdysfunktion.

Tab. 21: Erfolgraten von Operationen zur Korrektur des konsekutiven Strabismus divergens in der Literatur.

Tab. 22: DWK in der Literatur.

7.3. Abkürzungsverzeichnis

bzw.	Beziehungsweise
DWE	Dosis-Wirkungseffekt
DWK	Dosis-Wirkungs-Koeffizient

EIS	Erworbenes Innenschielen
FKS	Frühkindliches Schielsyndrom
Kombi-Op	Kombinierte Operationen
lat.	lateralis
M.	Muskel
m	männlich
med.	medialis
mm	Millimeter
M. rect.	Muskel rectus
MW	Mittelwert
n	Anzahl
PCT	Prismencovertest
PD	Prismendioptrien
präOp	präoperativ
postop	postoperativ
p-Wert	Signifikanzwert
Res	Resektion
RL	Rücklagerung
StdAbw	Standardabweichung
w	weiblich
WVL	Wiedervorlagerung
z.B.	zum Beispiel
°	Grad

8. Lebenslauf

Der Lebenslauf ist in der Online-Version aus Gründen des Datenschutzes nicht enthalten.