

**Diplomarbeit**

**DIE EFFEKTIVITÄT DER SUBTENONALEN  
APPLIKATION VON BOTULINUMTOXIN BEI  
ABDUZENS-PARESE/ ABDUZENS-PARALYSE**

eingereicht von

**Karin Biedermann**

geboren am 20.12.1985

zur Erlangung des akademischen Grades

**Doktor(in) der gesamten Heilkunde**

**(Dr. med. univ.)**

an der

**Medizinischen Universität Graz**

ausgeführt an der

**Universitäts - Augenklinik Graz**

**Abteilung für Schielen, Kinderophthalmologie und Rehabilitation Sehbehinderter**

unter der Anleitung von

**ao. Univ. Prof.<sup>in</sup> Dr.<sup>in</sup> Andrea Langmann**

**OÄ Dr.<sup>in</sup> Martina Brandner**

## *Eidesstattliche Erklärung*

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

*Graz, Mai 2012*

## **Danksagungen**

An dieser Stelle möchte ich mich bei Frau Univ.-Prof. Dr. Andrea Langmann und OÄ Dr. Martina Brandner für die nette und professionelle Betreuung dieser Arbeit bedanken. Bei Problemen oder Fragen waren sie immer erreichbar und unterstützten mich so mit raschen Antworten bei der Erstellung dieser Diplomarbeit.

Einen sehr großen Dank möchte ich meiner Familie, vor allem meinen lieben Eltern aussprechen, die mich immer unterstützt haben und mir das Studium überhaupt ermöglicht haben.

Ein besonderes Dankeschön möchte ich meinem Freund widmen, der mich vor allem beim Schreiben dieser Arbeit immer mit aufmunternden Worten in die richtige Richtung wies und mir mit Rat und Tat zur Seite stand.

## **Vorwort**

Aus stilistischen Gründen und Gründen der leichteren Lesbarkeit habe ich mich dazu entschlossen, alle geschlechtsbezogenen Wörter in eingeschlechtlicher Form – der deutschen Sprache gemäß zumeist die männliche – zu verwenden. Selbstredend gelten alle Bezeichnungen im Sinne des Gleichbehandlungsgesetzes gleichwertig für Frauen.

## Zusammenfassung

**Hintergründe:** Diese Diplomarbeit soll die Effektivität der subtenonalen Botulinumtoxintherapie bei Abduzensparese bzw. Abduzensparalyse erörtern. Bisher erfolgten bei diesen Erkrankungen die Botoxinjektionen meist unter EMG-Kontrolle. Die subtenonale Injektion soll kostengünstiger und auch in der Handhabung einfacher anzuwenden sein. Botulinumtoxin bei Abduzensparesen bzw. Abduzensparalysen führt nicht nur zu einer Verringerung des Schielwinkels und somit zur Reduktion der Doppelbilder, sondern kann auch die Kontraktur bzw. die Fibrosierung des Musculus rectus medialis verhindern. Die Injektion soll zumindest den Zeitraum bis zur Schieloperation überbrücken oder so effektiv sein, dass keine nachfolgende Operation mehr nötig ist.

**Methoden:** In einer retrospektiven Studie wurden die Daten von 17 Patienten mit Abduzensparese bzw. Abduzensparalyse ausgewertet. Diese Daten aus den Jahren 2002 bis 2012 wurden von der Augenklinik der medizinischen Universität Graz zur Verfügung gestellt. Die Ergebnisse dieser Studie wurden mit den aktuellen Studien zum Thema Botulinumtoxintherapie bei Abduzensparese / Abduzensparalyse verglichen.

**Ergebnisse:** 10 Patienten mit einer Abduzensparalyse (7 einseitige, 3 beidseitige) und 7 mit einer Abduzensparese (6 einseitige, 1 beidseitige) wurden im Durchschnitt bis zum Ende der Behandlung bzw. bis zum Aufnahmetag zur Operation 36,1 Wochen behandelt. Es erfolgten insgesamt 20 Injektionen zu je Ø 15,8 Units Dysport®. Bei 12 Patienten (10 Paralysen, 2 Paresen) waren nach der Botoxinjektion noch Doppelbilder vorhanden, 5 Patienten (Paresen) waren am Ende der Behandlungszeit doppelbildfrei. Der durchschnittliche Schielwinkel im Geradeausblick betrug vor der Behandlung mit Botulinumtoxin  $29^\circ \pm 15,2^\circ$ . Bei der ersten Konsultation nach der Botoxbehandlung betrug der Schielwinkel im Durchschnitt  $16^\circ \pm 18,4^\circ$ . Am Behandlungsende konnte ein Winkel von  $20^\circ \pm 19,6^\circ$  gemessen werden.

Bei 10 Patienten erfolgte nach der subtenonalen Botoxtherapie eine Schieloperation. (7 Paralysen, 3 Paresen)

**Schlussfolgerung:** Die subtenonale Behandlung mit Botulinumtoxin brachte eine Schielwinkelreduktion von ca.  $9^\circ$  und ist vergleichbar mit den Ergebnissen diverser Studien. Die benutzte Datenmenge war jedoch zu klein um eine signifikante Aussage zuzulassen.

## Abstract

**Purpose:** The objective of this thesis is to investigate the effectiveness of the subtenonal botulinum toxin therapy for the treatment of abducens paresis. Until now, patients suffering from this disease mostly received Botox injections under EMG control. The subtenonal injection is less expensive and easier to perform. The application of botulinum toxin not only reduces the angle of deviation, which leads to a reduction of diplopia, but also eliminates the contraction or fibrosis of the musculus rectus medialis. The injection is supposed to bridge the time gap waiting for a strabismus surgery or if it is effective, the operation even becomes redundant.

**Methods:** In a retrospective study the data from 17 patients with abducens paresis was evaluated. Data from 2002 to 2012 was provided by the Department of Ophthalmology, Medical University of Graz. The results of this study are compared to the findings of actual studies concerning the treatment/therapy of abducens paresis with botulinum toxin.

**Results:** 10 patients with abducens paralysis (7 single/on one side, 3 on both sides) and 7 with abducens paresis (6 on one side, 1 on both sides) were treated on average 36.1 weeks until the end of the therapy, or respectively, the day of the surgery. The patients received a total of 20 injections, Ø 15.8 Units Dysport® each. After the treatment 12 patients (10 paralysis, 2 paresis) still had problems with double images, 5 patients (paresis) did not suffer from double images any longer.

Before the treatment with botulinum toxin the averaged squint angle in primary position was  $29^\circ \pm 15.2^\circ$ . At the first consultation after the botox – therapy the squint angle was  $16^\circ \pm 18.4^\circ$ . And at the end of the treatment the detected angle was  $20^\circ \pm 19.6^\circ$ .

After the subtenonal therapy with botulinum toxin 10 patients underwent a corrective surgery for strabismus. (7 paralysis, 3 paresis)

**Conclusion:** The subtenonal treatment of abducens paresis with botulinum toxin brought a reduction of the squint angle of about  $9^\circ$ . This is comparable to the results of other studies. In order to get significant results, further investigations require more data.

# Inhaltsverzeichnis

<b>DANKSAGUNGEN</b> .....	<b>II</b>
<b>VORWORT</b> .....	<b>III</b>
<b>ZUSAMMENFASSUNG</b> .....	<b>IV</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>V</b>
<b>INHALTSVERZEICHNIS</b> .....	<b>VI</b>
<b>GLOSSAR UND ABKÜRZUNGEN</b> .....	<b>VIII</b>
<b>ABBILDUNGSVERZEICHNIS</b> .....	<b>IX</b>
<b>TABELLENVERZEICHNIS</b> .....	<b>XI</b>
<b>1 EINLEITUNG</b> .....	<b>1</b>
<b>2 ALLGEMEINES ZUR FUNKTION DER AUGEN</b> .....	<b>2</b>
2.1 DIE AUGENMUSKELN UND IHRE INNERVATION .....	2
2.1.1 <i>Der Verlauf des N. Abducens</i> .....	4
2.1.2 <i>Die Blickzentren</i> .....	6
2.1.3 <i>Die Struktur der Augenmuskeln</i> .....	7
2.2 AUGENBEWEGUNGEN .....	7
2.2.1 <i>Duktionen, Versionen und Vergenzen</i> .....	7
2.2.2 <i>Blickpositionen</i> .....	8
2.2.3 <i>Augenbewegungen und ihre Gesetze</i> .....	9
<b>3 DIE ABDUZENS-PARESE / ABDUZENS-PARALYSE</b> .....	<b>12</b>
3.1 ALLGEMEINES ZU DEN AUGENMUSKELLÄHMUNGEN .....	12
3.1.1 <i>Inkomitanz</i> .....	12
3.1.2 <i>Der primäre und sekundäre Schielwinkel</i> .....	14
3.2 UNTERSCHIED ZWISCHEN ABDUZENS-PARESE UND ABDUZENS-PARALYSE .....	15
3.3 ÄTIOLOGIE DER ABDUZENS-PARESE BZW. DER ABDUZENS-PARALYSE .....	16
3.4 DIFFERENTIALDIAGNOSEN DER ABDUZENS-PARESE .....	17
3.5 SYMPTOME DER ABDUZENS-PARESE / ABDUZENS-PARALYSE .....	17
3.6 DIAGNOSTIK DER ABDUZENS-PARESE / ABDUZENS-PARALYSE .....	19
3.6.1 <i>Überprüfung der Beweglichkeit</i> .....	19
3.6.2 <i>Tangententafel nach Harms</i> .....	20
3.6.3 <i>Untersuchung mit Hilfe der Hornhautreflexe</i> .....	22
3.6.4 <i>Cover-Uncover- Test und Prismen- Cover Test</i> .....	23
3.6.5 <i>Untersuchung mit dem Hess-Schirm</i> .....	25
3.7 ALLGEMEINES ZUR SPEZIELLEN DIAGNOSTIK DER ABDUZENS-PARESE .....	26
3.8 THERAPIE DER ABDUZENS-PARESE / ABDUZENS-PARALYSE .....	28
3.8.1 <i>Spontane Remission und Behandlung der Grunderkrankung</i> .....	28
3.8.2 <i>Okklusionstherapie und Prismenbrille</i> .....	28
3.8.3 <i>Operationsverfahren zur Behandlung der Abduzensparese / Abduzensparalyse</i> .....	29
3.9 ABDUZENS-PARESE / ABDUZENS-PARALYSE UND BOTULINUMTOXIN A .....	32
3.9.1 <i>Was ist Botulinumtoxin</i> .....	32
3.9.2 <i>Wie wirkt Botulinumtoxin (Botox)</i> .....	33
3.9.3 <i>Botulinumtoxin in der Augenheilkunde</i> .....	33
3.9.4 <i>Indikation von Botulinumtoxin A bei Abduzensparese/ Abduzensparalyse</i> .....	34
3.9.5 <i>Anwendung von Botulinumtoxin A bei Abduzensparese/ Abduzensparalyse</i> .....	35
3.9.6 <i>Wirkungseintritt und Nebenwirkungen der Botox – Therapie bei Abduzensparese / Abduzensparalyse</i> .....	37

3.9.7 *Die subtenonale Applikation von Botulinumtoxin bei Abduzensparese / Abduzensparalyse*  
38

<b>4</b>	<b>ERGEBNISSE ZUR SUBTENONALEN BEHANDLUNG MIT BOTULINUMTOXIN BEI ABDUZENS-PARESE / ABDUZENS-PARALYSE.....</b>	<b>40</b>
4.1	MATERIAL UND METHODEN .....	40
4.2	RESULTATE .....	41
4.3	DISKUSSION.....	63
4.4	KONKLUSION.....	71
<b>5</b>	<b>LITERATURVERZEICHNIS .....</b>	<b>73</b>
	<b>ANHANG : TABELLEN.....</b>	<b>76</b>
	<b>ANHANG: AUSWERTUNGSBOGEN.....</b>	<b>78</b>

## Glossar und Abkürzungen

A.	Arteria
Abduktion	lat. das Wegführen
Adduktion	lat. das Heranführen
bzw.	beziehungsweise
C	Konvergenz
ca.	circa
cm	Zentimeter
D	Divergenz
Depression	lat. die Senkung
Duktion	lat. die Führung
E	Einheiten
iE	internationale Einheiten
Elevation	lat. die Hebung
EMG	Elektromyographie
et al.	und andere
etc.	etcetera
M.	Musculus
N.	Nervus
OP	Operation
U	Units
Version	lat. die Drehung , die Neigung

## Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1:	Äußere Augenmuskeln [1].....	2
Abbildung 2:	Verlauf des Nervus Abducens [4].....	5
Abbildung 3:	Die Blickzentren [1].....	6
Abbildung 4:	Versionen und Vergenzen [4].....	9
Abbildung 5:	Sherrington Gesetz der reziproken Innervation [4].....	10
Abbildung 6:	Hering-Gesetz – gleiche Innervation der Yoke Muskeln [4].....	11
Abbildung 7:	Inkomitanz – Parese des rechten M. rectus lateralis [5].....	13
Abbildung 8:	Primärer und sekundärer Schielwinkel beim paretischen Strabismus [4].....	14
Abbildung 9:	Abduzensparalyse am rechten Auge und Abduzensparese am linken Auge [Quelle: Fotoarchiv der Univ. Augenlinik Graz] ....	15
Abbildung 10:	Ungekreuzte Doppelbilder [1].....	18
Abbildung 11:	Untersuchung der Augenbewegungen [Quelle: Fotoarchiv der Univ. Augenlinik Graz].....	19
Abbildung 12:	Untersuchung der Augenbeweglichkeit - Abduzensparalyse des linken Auges [Quelle: Fotoarchiv der Univ. Augenlinik Graz].	20
Abbildung 13:	Tangententafel nach Harms [1].....	21
Abbildung 14:	Hirschberg Test bei a. Strabismus convergens, b. Strabismus divergens und c. Strabismus verticalis [8].....	22
Abbildung 15:	Unterfunktionseinteilung des rechten M. rectus lateralis [4].....	23
Abbildung 16:	Mögliche Ergebnisse des Cover – Tests [4].....	24
Abbildung 17:	Mögliche Ergebnisse des Uncover – Tests [4].....	24
Abbildung 18:	Prismen- Cover Test [Quelle: Fotoarchiv der Univ. Augenlinik Graz].....	25
Abbildung 19:	Hess Diagramm bei einer frischen Abduzensparese links [4].....	26
Abbildung 20:	Tangententafel nach Harms – Diagnose: Parese des rechten M. rectus lateralis [5].....	27
Abbildung 21:	Pflaster- und Brillenokklusion [31].....	29
Abbildung 22:	Brille mit Prismenfolie [30].....	29
Abbildung 23:	Rücklagerung des M. rectus medialis bzw. Resektion des M. rectus lateralis [14].....	30
Abbildung 24:	Hummelsheim – OP [29].....	31

Abbildung 25:	OP – Verfahren nach Jensen [29] .....	31
Abbildung 26:	Botox [32] und Dysport [33] .....	36
Abbildung 27:	Vorbereitung des Auges für die subtenonale Injektion von Botulinumtoxin A [Quelle: Fotoarchiv der Univ. Augenklinik Graz] .....	39
Abbildung 28:	Augenverteilung bezogen auf das Geschlecht .....	42
Abbildung 29:	Altersverteilung Männer und Frauen .....	43
Abbildung 30:	Ätiologie der Abduzensparesen und Abduzensparalysen.....	44
Abbildung 31:	Aufteilung der Abduzensparese bzw. Abduzensparalyse in OP und keine OP .....	46
Abbildung 32:	Boxplot Diagramme der Patienten mit linksseitiger Abduzensparalyse vor und nach den Injektionen mit Botulinumtoxin .....	52
Abbildung 33:	Boxplot Diagramme der Patienten mit beidseitiger Abduzensparalyse vor und nach den Injektionen mit Botulinumtoxin .....	53
Abbildung 34:	Boxplot Diagramme der Patienten mit linksseitiger Abduzensparese vor und nach den Injektionen mit Botulinumtoxin .....	55
Abbildung 35:	Boxplot Diagramme der Patienten mit rechtsseitiger Abduzensparese vor und nach den Injektionen mit Botulinumtoxin .....	56
Abbildung 36:	Behandlungserfolg der Patienten .....	62

## Tabellenverzeichnis

Tabelle 1:	Nebenwirkungen der Botoxbehandlung [25].....	38
Tabelle 2:	Geschlechterverteilung des Patientenguts .....	41
Tabelle 3:	Häufigkeitsverteilung – Abduzensparese oder Abduzensparalyse	41
Tabelle 4:	Einseitige oder Beidseitige Abduzensparese / Abduzensparalyse bezogen auf das Geschlecht.....	42
Tabelle 5:	Durchschnittsalter bei Diagnosestellung .....	43
Tabelle 6:	Durchschnittsalter der männlichen und weiblichen Patienten bei Abduzensparese und Abduzensparalyse .....	44
Tabelle 7:	Durchschnittseinheiten der Botoxbehandlungen .....	45
Tabelle 8:	Mittelwerte der Behandlungsdauer in Wochen .....	47
Tabelle 9:	Mittelwerte der gemessenen Schielwinkel .....	48
Tabelle 10:	Schielwinkel der Patienten im Geradeausblick und deren Mittelwerte.....	49
Tabelle 11:	Mittelwerte der Schielwinkel am Behandlungsbeginn im Geradeausblick.....	50
Tabelle 12:	Abduzensparalyse – Mittelwerte des Behandlungserfolges und der Schielwinkel zum Zeitpunkt der 1. Konsultation nach der Botoxbehandlung.....	51
Tabelle 13:	Patienten mit Abduzensparalyse .....	51
Tabelle 14:	Abduzensparalyse – Mittelwerte des Behandlungserfolges und der Schielwinkel am Ende der Behandlung / vor OP .....	52
Tabelle 15:	Patienten mit Abduzensparese .....	54
Tabelle 16:	Abduzensparese - Mittelwerte des Behandlungserfolges und der Schielwinkel zum Zeitpunkt der 1. Konsultation nach der Botoxbehandlung.....	54
Tabelle 17:	Abduzensparese – Mittelwerte des Behandlungserfolges und der Schielwinkel am Ende der Behandlung / vor OP .....	55
Tabelle 18:	Mittelwerte vom Erfolg der linksseitigen Abduzensparenen/ Abduzensparalysen und Schielwinkel im Geradeausblick .....	57
Tabelle 19:	Mittelwerte vom Erfolg der rechtsseitigen Abduzensparenen bzw. Abduzensparalysen und Schielwinkel im Geradeausblick .....	58

Tabelle 20:	Mittelwerte vom Erfolg der linksseitigen Abduzensparesen/ Abduzensparalysen .....	59
Tabelle 21:	Mittelwerte der Behandlungserfolge vom gesamten Patientengut	60
Tabelle 22:	Erfolg und Schielwinkelmittelwerte der Patienten aufgeteilt in OP und keine OP .....	60
Tabelle 23:	Erfolg in Prozent im Zusammenhang mit OP bzw. keine OP .....	61
Tabelle 24:	Allgemeine Übersichtsdarstellung über das Patientengut .....	76
Tabelle 25:	Schielwinkelmessungen aller Patienten angegeben in Grad° und Erfolg in % .....	77

# 1 Einleitung

Diese Diplomarbeit behandelt das Thema Abduzensparese / Abduzensparalyse und die Therapie dieser Erkrankungen mittels subtenonaler Applikation von Botulinumtoxin A in den M. rectus medialis.

Da normalerweise diese Applikation in den M. rectus medialis unter EMG – Kontrolle durchgeführt wird stellt sich nun in dieser Arbeit die Frage, ob die subtenonale Durchführungsweise ebenso effektiv ist.

Nach dem erstmaligen Auftreten einer Abduzensparese bzw. Abduzensparalyse kann innerhalb von 6 – 12 Monaten eine spontane Remission dieser Erkrankung erfolgen. Während dieses Zeitraumes ist eine Schieloperation nicht zu empfehlen.

Wegen der Gefahr der Fibrosierung des M. rectus medialis ist eine Botulinumtoxininjektion auch im Hinblick auf eine folgende Operation indiziert.

Falls eine spontane Remission auftritt oder eine deutliche Besserung der Erkrankung auf Grund der hervorgegangen subtenonalen Botulinumtoxininjektion ersichtlich ist, muss keine Operation mehr durchgeführt werden.

Im ersten Teil dieser Diplomarbeit werden zunächst wichtige Begriffe erläutert, die für das Verständnis des paretischen Strabismus unumgänglich sind. Zusätzlich wird auf die Anatomie der Augen, vor allem in Bezug auf die Muskeln und ihre innervierenden Nerven, eingegangen.

Im dritten Kapitel werden die Definition der Abduzensparese bzw. der Abduzensparalyse und die Beschreibung von Symptomen, Ursachen, Diagnostik und Behandlungsmöglichkeiten dieser Erkrankungen beschrieben. Außerdem wird das Arzneimittel Botulinumtoxin in Form von Dysport® und Botox® erörtert.

Die Botulinumtoxininjektion als Therapiemöglichkeit bildet den Abschluss des ersten Teils dieser Arbeit.

Im letzten Teil dieser Diplomarbeit werden die Ergebnisse der Datenauswertung festgehalten bzw. werden diese in der Diskussion mit den Studien zum Thema Abduzensparese / Abduzensparalyse und Botox, die mittels PubMed und anderen Datenbanken recherchiert wurden, verglichen.

Diesen Ergebnissen liegen Daten aus den Jahren 2002 – 2012 zugrunde, die von der Augenklinik der Medizinischen Universität Graz zur Verfügung gestellt wurden.

## 2 Allgemeines zur Funktion der Augen

### 2.1 Die Augenmuskeln und ihre Innervation

Unsere Augen werden mit Hilfe von sechs Augenmuskeln bewegt. Wir besitzen vier gerade Augenmuskeln, den M. rectus superior, den M. rectus inferior, den M. rectus medialis und den M. rectus lateralis.

Weiters haben wir zwei schräge Augenmuskeln, den M. obliquus superior und den M. obliquus inferior.

Alle Muskeln des Auges, bis auf den M. obliquus inferior, entspringen aus dem Anulus tendineus. Der M. obliquus inferior hat seinen Ursprung in der Nähe der Tränensackgrube. Die geraden Augenmuskeln umfassen den Augapfel von hinten und setzen oben und unten als auch an den beiden Seiten der Sklera an. Die schrägen Augenmuskeln hingegen setzen temporal hinter dem Äquator an.

Die Ansätze der Muskeln sind wichtig in Bezug auf deren Zugrichtung. [1]

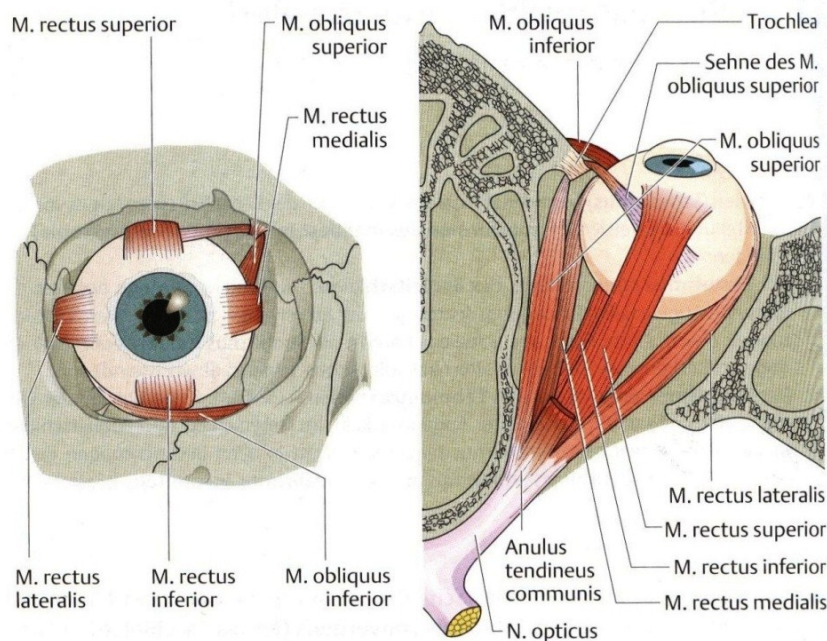


Abb. 1: Äußere Augenmuskeln [1]

Die Verlaufsrichtung der Augenmuskeln in Bezug auf den Bulbus ist notwendig um sich die Muskelfunktionen besser vor Augen halten zu können.

- **M. rectus lateralis**

Dieser Muskel zieht das Auge nach lateral (temporal). Er ist also für die Abduktion des Auges zuständig und besitzt keine Nebenzugrichtung. Der M. rectus lateralis wird vom Nervus abducens innerviert. [2]

- **M. rectus medialis**

Der M. rectus medialis zieht das Auge nach medial (nasal). Er ist für die Adduktion des Auges zuständig und besitzt, wie auch der M. rectus lateralis keine Nebenzugrichtung. Seine Innervation erfolgt durch den N. oculomotorius. [2]

- **M. rectus superior**

Dieser Muskel ist in seiner Hauptzugrichtung ein Augenheber, also nur wenn das Auge um  $23^\circ$  abduziert ist. In Primärstellung ist der M. rectus superior jedoch auch ein wenig ein Einwärtsroller und Adduktor. Er wird wie auch der M. rectus medialis vom N. oculomotorius innerviert. [2]

- **M. rectus inferior**

Der M. rectus inferior ist in seiner Hauptzugrichtung ein Senker, aber auch nur wenn das Auge um  $23^\circ$  abduziert ist. In seiner Nebenzugrichtung ist er ein Auswärtsroller und Adduktor, wenn das Auge sich in seiner Primärstellung befindet. Auch der M. rectus inferior wird vom N. oculomotorius innerviert. [2]

- **M. obliquus superior**

Wie schon erwähnt, zählt der M. obliquus superior zu den schrägen Augenmuskeln. Dieser Muskel wird an der Trochlea umgelenkt und verläuft nach hinten. Er setzt an der Oberfläche des Bulbus hinter und unter dem M. rectus superior an. Seine Insertion ist breitflächig und reicht bis hinter den Äquator. Auf Grund dieser Verlaufsrichtung ist der M. obliquus superior in seiner Hauptzugrichtung ein Einwärtsroller. Er hat aber auch die Funktion des Senkers und Abduktors in seiner Nebenzugrichtung. Der M. obliquus superior wird vom N. trochlearis innerviert. [2]

- **M. obliquus inferior**

Dieser Muskel ist wie auch der M. obliquus superior ein schräger Augenmuskel. Er entspringt am nasalen unteren Orbitalrand und setzt breitflächig hinter dem Äquator am Bulbus an. Die Hauptfunktion des M. obliquus inferior ist die des Auswärtsrollers. Er ist in seiner Nebenzugrichtung als Heber und Abduktor tätig. Auch dieser Muskel wird vom N. oculomotorius innerviert. [2]

Die äußeren Augenmuskeln besitzen Hirnnervenkerne, die im Hirnstamm, am Boden des vierten Ventrikels liegen. Es sind die Hirnnervenkerne des N. oculomotorius (N.III), des N. trochlearis (N.IV) und des N. abducens (N.VI).

Diese Hirnnervenkerne werden durch den Fasciculus longitudinalis posterior, also durch das so genannte hintere Längsbündel, miteinander verbunden.

Das Kerngebiet des N. oculomotorius liegt etwas unterhalb der oberen Vierhügel. Von dort gehen, außer dem N. oculomotorius, auch motorische und parasymphatische Fasern aus. Diese innervieren den M. ciliaris und den M. sphincter pupillae. Sie steuern die Naheinstellungsreaktion.

Das Kerngebiet des N. trochlearis liegt unterhalb der unteren Vierhügel.

Der Kern des N. abducens liegt in der Medulla oblongata. In unmittelbarer Nähe befindet sich dort der Fazialiskern. Die Fasern des Fazialiskerns umziehen den Kern des N. abducens in einer Schlinge, das so genannte Fazialisknie. [3]

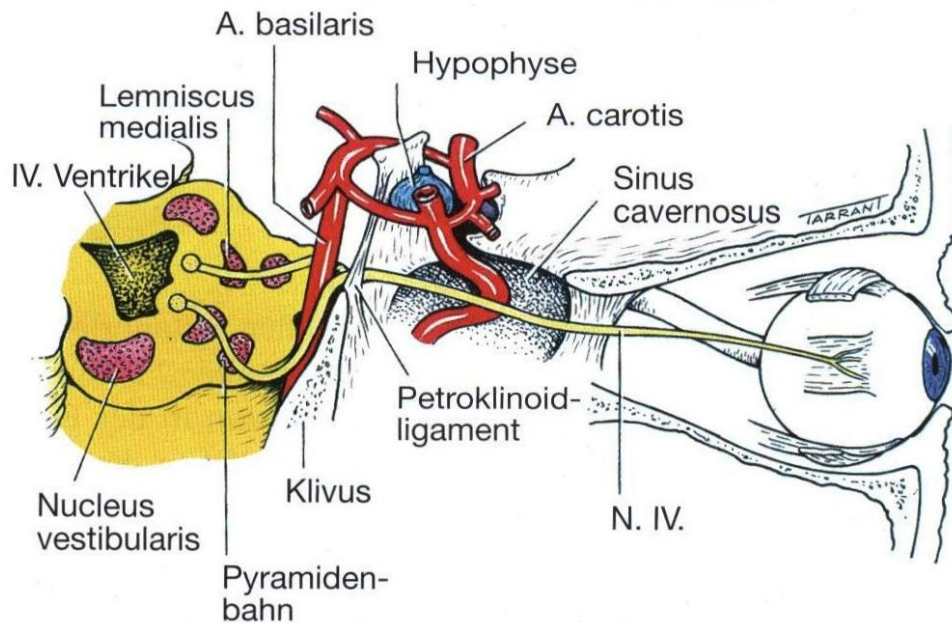
### **2.1.1 Der Verlauf des N. Abducens**

In diesem Abschnitt wird der Weg des N. Abducens durch das menschliche Gehirn etwas genauer erklärt, um verstehen zu können wodurch und an welchen Stellen es zu einem Ausfall dieses Nerven kommen kann.

Wie oben erwähnt liegt der Kern des N. abducens in der Mitte des Pons, ventral des Bodens des vierten Ventrikels. Er steht in naher Verbindung zum horizontalen Blickzentrum. Der Faszikulus des N. abducens hat seinen Verlauf ventral. An der pontomedullären Verbindung unmittelbar lateral der Pyramidenprominenz verlässt er den Hirnstamm. [4]

Der N. abducens hat einen basilären Teil. Dieser verlässt den Hirnstamm an der pontomedullären Verbindung und tritt dann in die präpontine basiläre Zisterne ein. Im

weiteren Verlauf führt er nah an der Schädelbasis nach oben. Auf diesem Weg wird er von der anterioren, inferioren Kleinhirnarterie gekreuzt. Nachdem er die Dura, unterhalb des posterioren Klinoids, durchbohrt hat, verläuft sein weiterer Weg im Winkel vorwärts über die Spitze des Felsenbeins. Danach passiert er den Sinus petrosus inferior. Bevor er in den Sinus cavernosus eintritt, durchläuft er noch den Dorello-Kanal, unterhalb des petroklinoidalen Ligaments. [4]



*Abb. 2: Verlauf des Nervus Abducens [4]*

Weiter geht es im intrakavernösen Teil. Dort verläuft sein Weg unterhalb des dritten und vierten Hirnnervs und des ersten Asts des fünften Hirnnervs. Der N. abducens liegt am weitesten medial und verläuft durch die Mitte des Sinus nahe der A. carotis interna.

Im Gegensatz zu ihm, sind andere Nerven in der Sinuswand geschützt. Auf Grund dieser Anatomie kann der N. abducens leichter verletzt werden als die anderen Nerven. [4]

Der letzte Teil seines Weges ist intraorbital. Er erreicht die Orbita innerhalb des Annulus von Zinn durch die Fissura orbitalis superior und innerviert dort den Rectus lateralis. [4]

## 2.1.2 Die Blickzentren

Die Area striata, Area parastriata und Area peristriata bilden das okzipitale Blickzentrum. Von dort kommen die Impulse für reflektorische, unwillkürliche Augenbewegungen sprich Fixations-, Führungs-, Folge- und Einstellbewegungen.

Willkürliche Augenbewegungen, wie Kommando – und Suchbewegungen, kontrolliert das frontale Blickzentrum.

Horizontale Blickbewegungen werden über das pontine Blickzentrum geregelt. Motorische Neuronen stellen von dort aus eine Verbindung zum ipsilateralen Abduzenskern her.

Vertikale Blickbewegungen werden durch ein Zentrum am Vierhügelbereich gesteuert. Dort werden die Impulse zu den Subnuklei der Augenmuskeln geleitet. Sie kontrollieren somit die vertikalen Blickbewegungen in beiden Augen. [1,3]

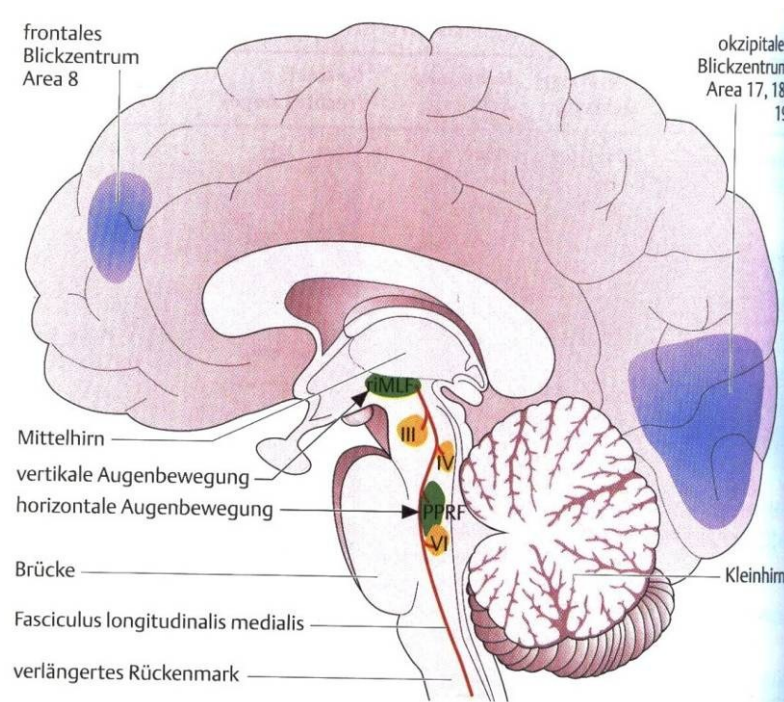


Abb. 3: Die Blickzentren [1]

Die Blickzentren und Augenmuskelkerne werden durch kortikonukleäre Bahnen miteinander verbunden. Außerdem besitzen die Blickzentren eine sehr enge Beziehung zum Vestibularapparat. Sie sind für die kompensatorische Bulbusrollung, die bei Kopfneigung erfolgt, zuständig. Sie sind auch für den kalorischen Nystagmus und den Drehnystagmus verantwortlich. [1,3]

### 2.1.3 Die Struktur der Augenmuskeln

Es besteht ein großer Unterschied bei der Innervation der Skelettmuskulatur und der der äußeren Augenmuskulatur. 140 Muskelfasern der Skelettmuskulatur werden von einer Nervenfasern innerviert. Im Gegensatz dazu ist bei der Augenmuskulatur eine Nervenfasern für die Innervation von vier bis sechs Muskelfasern verantwortlich. [3]

Es werden zwei Typen von Augenmuskelfasern unterschieden:

- Die **tetanischen Fasern** besitzen eine Fibrillenstruktur. Sie sind für die raschen Blickbewegungen zuständig.
- Die **tonischen Fasern** besitzen eine Felderstruktur. Diese sind für langsame Blickbewegungen zuständig.

Auf Grund ihrer enormen Kraft, die viel größer ist, als sie zum Beispiel für einen normalen Bewegungsablauf bei Skelettmuskeln benötigt wird, haben die Augenmuskeln eine geringe Ermüdbarkeit. [3]

## 2.2 Augenbewegungen

### 2.2.1 Duktionen, Versionen und Vergenzen

Prinzipiell wird zwischen Duktionen, Versionen und Vergenzen unterschieden.

Bei den Duktionen handelt es sich um monokuläre Augenbewegungen um die Achse nach Fick. Hier ergeben sich die Abduktion, Adduktion, Elevation, Depression, Inzykloduktion und Exzykloduktion. Um die Duktionen zu untersuchen, muss ein Auge abgedeckt werden und der Patient wird gebeten einem Zielobjekt in alle Blickrichtungen zu folgen. [4]

Bei den Versionen handelt es sich um binokulare, simultane und konjugierte Bewegungen, die in dieselbe Richtung gehen.

Es gibt den Blick nach rechts, die Dextroversion, den Blick nach links, die Lävoversion, den Blick nach oben, die Elevation und den Blick nach unten, die Depression.

Weiters werden der Blick nach oben und rechts, die Dextroelevation, der Blick nach unten und rechts, die Dextrodepression, sowie der Blick nach oben und links, die Lävoelevation und der Blick nach unten links, die Lävodepression untersucht.

Außerdem gibt es torsionale Bewegungen, die zur Aufrechterhaltung der Bilder bei Kopfneigung entstehen. Bei der Kopfneigung nach rechts rotieren die oberen Limbi beider Augen nach links und führen somit zu einer Einwärtsrollung des rechten Bulbus und einer Auswärtsrollung des linken Bulbus. [4]

Die Vergenzen sind binokuläre, simultane und in entgegen gesetzte Richtungen verlaufende Bewegungen. Hier wird die Konvergenz von der Divergenz unterschieden.

Die Konvergenz ist eine gleichzeitige Adduktion beider Augen. Diese werden nach innen gedreht.

Die Auswärtsdrehung aus der Konvergenzstellung wird Divergenz genannt. [4]

### **2.2.2 Blickpositionen**

Es gibt sechs Kardinalblickpositionen, bei denen jeweils ein Muskel pro Auge das Auge in eine gewisse Position bringt. [4]

Zu unterscheiden sind die [4]

- Dextroversion (hier sind es der rechte M. rectus lateralis und der linke M. rectus medialis)
- Lävoverision (hier sind es der linke M. rectus lateralis und der rechte M. rectus medialis)
- Dextroelevation (hier sind es der rechte M. rectus superior und der linke M. obliquus inferior)
- Lävoelevation (hier sind es der linke M. rectus superior und der rechte M. obliquus inferior)
- Dextrodepression (hier sind es der rechte M. rectus inferior und der linke M. obliquus superior)
- Lävodepression (hier sind es der linke M. recuts inferior und der linke M. obliquus superior)

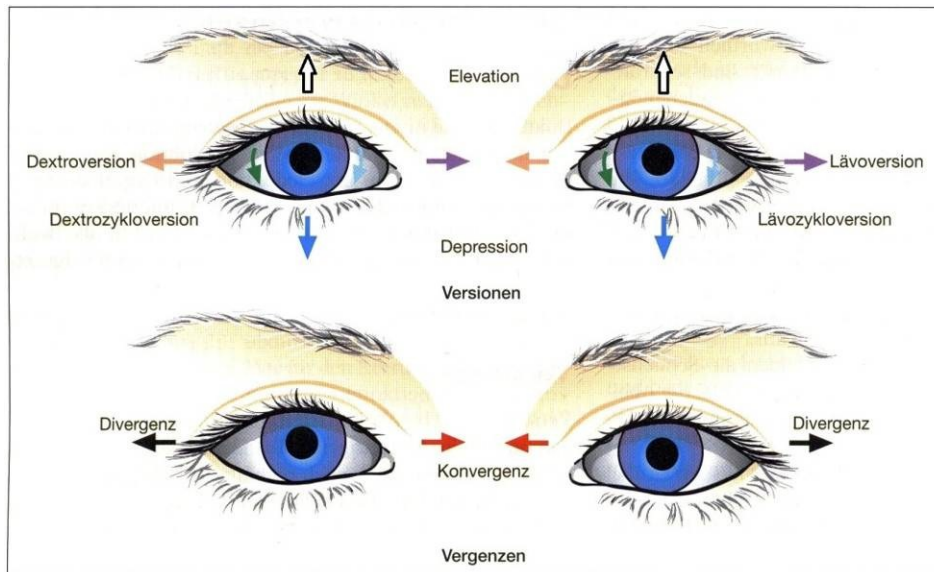


Abb. 4: Versionen und Vergenzen [4]

Bei den neun diagnostischen Blickpositionen werden die Abweichungen gemessen. Außer den sechs Kardinalblickpositionen werden hier noch die Primärposition, die Elevation und die Depression überprüft. [4]

### 2.2.3 Augenbewegungen und ihre Gesetze

Es gibt verschiedene Gesetze, nach denen sich die Augenbewegungen richten. Die Augen besitzen Muskeln, die als Agonist bzw. Antagonist fungieren. Das sind Muskeln desselben Auges, die das Auge in entgegengesetzte Richtungen bewegen. Diese Muskeln werden auch Agonist-Antagonisten-Paare genannt. [4]

Der primäre Muskel ist in diesem Fall der Agonist, der das Auge in die vorgegebene Richtung bewegt. In dessen entgegengesetzte Richtung wirkt der Antagonist. Als Beispiel dafür wird hier der M. rectus lateralis genannt, der als Agonist fungiert. Sein Antagonist ist der M. rectus medialis.[4]

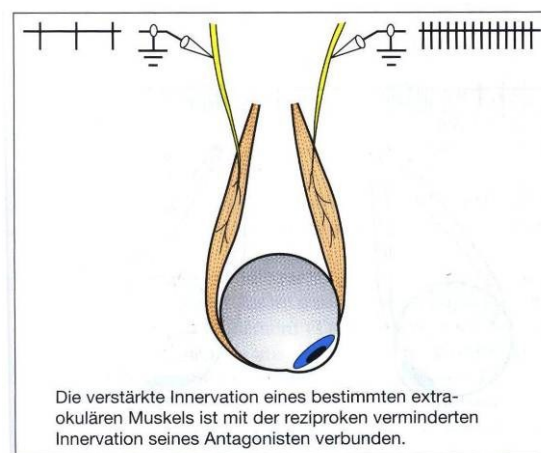
Der Begriff der Synergisten soll nun näher erläutert werden. Diese sind Muskeln desselben Auges, die das Auge, während einer bestimmten Blickbewegung, zum Beispiel der Elevation, in die gleiche Richtung bewegen. Hier wirken zum Beispiel der M. obliquus inferior und der M. recuts superior eines Auges synergistisch. [4]

Es gibt noch ein weiteres Muskelpaar, welches beschrieben werden sollte, damit die später folgenden Gesetze besser verstanden werden können. Das Muskelpaar besteht diesmal aus je einem Muskel eines Auges. Es sind die so genannten Yoke-Muskeln.

Sie produzieren konjugierte Augenbewegungen. Als Beispiel hierfür sollte der Yoke-Muskel des linken M. obliquus superior genannt werden. Dieser ist der rechte M. rectus inferior. [4]

### ***Das Sherrington Gesetz***

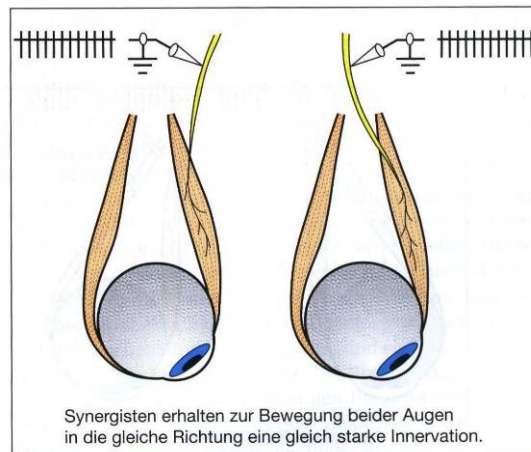
Das Sherrington Gesetz ist das Gesetz der reziproken Innervation und gilt für Versionen und Vergenzen. Es beschreibt, dass bei einer verstärkten Innervation eines extraokulären Muskels, sein Antagonist mit einer reziproken Abnahme seiner Innervation reagiert. Sprich, wenn der M. rectus medialis verstärkt innerviert wird, zeigt der M. rectus lateralis eine Innervationsabnahme. Es kommt hier also zu einer Entspannung des M. rectus lateralis während der Kontraktion des M. rectus medialis. [4]



*Abb. 5: Sherrington Gesetz der reziproken Innervation [4]*

### ***Das Hering Gesetz***

Dieses Gesetz ist das Gesetz der gleichen Innervation. Während konjugierter Augenbewegungen erhalten die Yoke-Muskeln eine gleich starke und simultane Innervation. Beim paretischen Schielen ist das Ausmaß der Innervation für beide aus diesem Grund Schwankungen unterworfen. [4]



*Abb. 6: Hering-Gesetz – gleiche Innervation der Yoke Muskeln [4]*

Um dies näher zu erläutern, wird nun als Beispiel eine Lähmung des linken M. rectus lateralis veranschaulicht. Während das rechte, normale Auge fixiert, weicht das linke Auge nach innen ab. Diese Stellung wird als primärer Schielwinkel bezeichnet. [4]

Wenn das gelähmte Auge fixiert, erhält der linke M. rectus lateralis eine zusätzliche Innervation, um die Fixation zu ermöglichen.

Auf Grund des Hering-Gesetzes erhält dessen Yoke-Muskel, also der rechte M. rectus medialis, dieselbe Innervationsmenge. Dies führt zu einer Überreaktion des rechten M. rectus medialis und zu einer exzessiven Adduktion des rechten Auges. [4]

Der Winkel dieser Fehlstellung wird als sekundärer Schielwinkel bezeichnet. Beim Lähmungsschielen ist immer der sekundäre Schielwinkel größer als der primäre. [4]

### **3 Die Abduzensparese / Abduzensparalyse**

Hier werden nun die für die Augenmuskellähmungen typischen Symptome am Beispiel einer Lähmung des rechten M. rectus lateralis beschrieben. Dies wird unabhängig davon erläutert, ob diese Lähmung durch die Schädigung der Muskulatur, der neuromuskulären Impulsübertragung oder des zuleitenden Nervs zustande gekommen ist. [5]

#### ***3.1 Allgemeines zu den Augenmuskellähmungen***

Eine Augenmuskellähmung ist eine Bewegungseinschränkung, die entweder durch die Schädigung des Muskels selbst, die Schädigung der Übertragungsstelle zwischen Muskel und Nerv oder durch eine Schädigung des zuleitenden Nervs entsteht. [5]

##### **3.1.1 Inkomitanz**

Als Inkomitanz wird die Zunahme des Schielwinkels bei Blickwendung in die Wirkungsrichtung des gelähmten Muskels bezeichnet.

Um die Inkomitanz veranschaulichen zu können, wird als Beispiel eine Parese des rechten M. rectus lateralis herangezogen. Wenn zuerst das linke, gesunde Auge fixiert, tut es dies in Primärposition. Die Blickzentren schicken an alle Augenmuskeln eine mittlere Innervation ab. Nun werden aber im rechten M. rectus lateralis diese Impulse nicht in Muskelspannung umgesetzt. Die muskulären und bindegewebigen Drehmomente sind aus dem Gleichgewicht. Das bedeutet, dass ein abduzierendes Drehmoment fehlt und somit die adduzierenden Drehmomente überwiegen. Das gelähmte Auge weicht so weit aus der Primärposition in die Adduktion ab, bis das Gleichgewicht der Drehmomente wieder hergestellt ist. Der Schielwinkel ist also konvergent. [5]

Wenn der Patient nach rechts blickt, vergrößert sich der Schielwinkel. Dies lässt sich dadurch erklären, dass der rechte M. rectus lateralis normalerweise in dieser Blickrichtung eine höhere Spannung aufweist als in der Primärposition. Das wiederum impliziert, dass bei der Lähmung dieses Muskels ein größeres abduzierendes Drehmoment fehlt. [5]

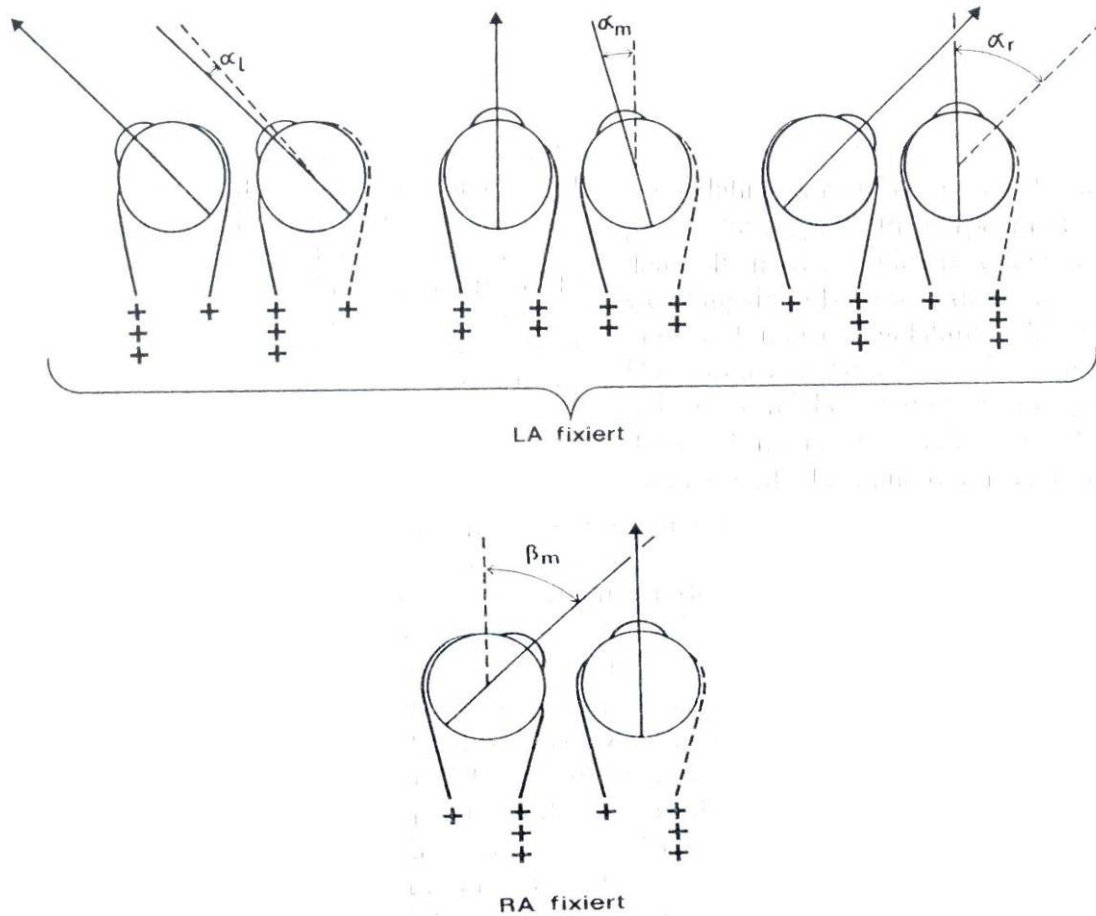


Abb. 7: Inkomitanz – Parese des rechten M. rectus lateralis [5]

Im Gegensatz dazu nimmt der Schielwinkel ab, wenn der Patient nach links blickt. Das lässt sich dadurch erklären, dass das Gehirn nur wenige Impulse an den rechten M. rectus lateralis schickt. Der Verlust dieser Impulse fällt kaum ins Gewicht wenn eine Lähmung vorliegt. [5]

Hierzu ist festzuhalten, dass die Inkomitanz das Kardinalsymptom der Augenmuskellähmung ist. Sie beschreibt das Ausmaß der Lähmung im Vergleich zum frei beweglichen Auge. Sie ist sozusagen die Differenz der in zwei gegenüberliegenden Blickrichtungen gemessenen Schielwinkel. [5]

Der Schielwinkel, der in Primärposition gemessen wird, kann nicht als Maß für die Parese benutzt werden, weil gleichzeitig ein konkomitantes Schielen vorhanden sein kann. [5]

Wenn die Nervenfasern der Augenmuskeln betrachtet werden, lassen sie sich in nieder- und hochschwellige Nervenfasern unterteilen. Diese sind nicht immer gleich von der Schädigung betroffen. Es entstehen dadurch ganz unterschiedliche Inkomitanzmuster. [5]

Wenn zum Beispiel im Falle einer Abduzensparese fast nur hochschwellige Motoneurone ausfallen, das sind solche, die erst bei starker Abduktion aktiviert werden, bewegt sich das Auge noch nahezu parallel bis zur Mittellinie mit. Es bleibt erst bei weiterer Blickwendung hinter dem gesunden Auge zurück. [5]

Wenn niederschwellige Motoneurone ausgefallen sind, sprechen diese schon in Primärposition an. Dies bedeutet, dass bereits im mittleren Blickfeld eine große Schielabweichung vorliegt. Das Auge lässt sich dennoch relativ weit abduzieren, weil die hochschwelligeren Motoneurone im seitlichen Blickfeld intakt sind und eingesetzt werden. [5]

### 3.1.2 Der primäre und sekundäre Schielwinkel

Wenn ein Patient eine Augenmuskellähmung hat, fixiert er meistens mit dem Auge das frei beweglich ist. Die Abweichung, welche am paretischen Auge gemessen wird, wird primärer Schielwinkel genannt. Wenn die Patienten mit dem paretischen Auge fixieren und die dadurch entstehende Abweichung gemessen wird, ergibt dies den sekundären Schielwinkel. Prinzipiell ist hier festzuhalten, dass der primäre Schielwinkel kleiner ist als der sekundäre. [1,4,5]

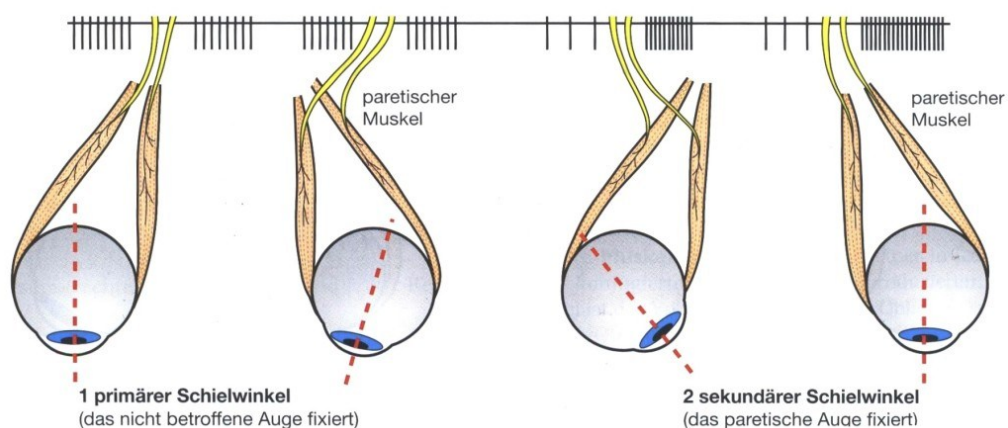


Abb. 8: Primärer und sekundärer Schielwinkel beim paretischen Strabismus [4]

Bei der Untersuchung der Augenmuskellähmung fixieren die Patienten mit dem frei beweglichen Auge und der Untersucher misst die Schielwinkel in dem er die Patienten in alle Blickrichtungen sehen lässt. Wenn der Patient auch noch mit dem paretischen Auge fixiert und der Untersucher den sekundären Schielwinkel misst, ergibt dies keine zusätzlichen Informationen. [5]

### ***3.2 Unterschied zwischen Abduzensparese und Abduzensparalyse***

Die Abduzensparese ist eine unvollständige Lähmung des Nervus abducens. Die Abduzensparalyse hingegen ist eine vollständige Lähmung.[5]

Meistens tritt die Abduzensparese bzw. Abduzensparalyse einseitig auf, sie kann jedoch auch beidseitig vorhanden sein.

Die unten angeführte Abbildung zeigt ein solches Beispiel für die Kombination einer Abduzensparese und einer Abduzensparalyse an beiden Augen.



*Abb. 9: Abduzensparalyse am rechten Auge und Abduzensparese am linken Auge [Quelle: Fotoarchiv der Univ. Augenklinik Graz]*

### ***3.3 Ätiologie der Abduzensparese bzw. der Abduzensparalyse***

Für die Entstehung einer Abduzensparese beziehungsweise einer Abduzensparalyse können die Ursachen vielfältig sein. Neben Entzündungen und Traumata können Lähmungen auch durch Aneurysmen oder Tumoren ausgelöst werden. Die Lokalisation der Nervenläsion kann also einen Hinweis auf die Ätiologie der Lähmung geben. [1,5,6,7]

Bei Tumoren treten Metastasen extrakranieller Tumoren häufiger auf, als zum Beispiel bei Hirntumoren wie zum Beispiel bei Glioblastomen, Meningiomen oder Neurinomen. Meist führt dabei ein erhöhter Liquordruck zur Lähmung des Nerven, der einen langen Verlauf an der Schädelbasis hat. [1,5,6,7]

Aneurysmen die eine Abduzensparese hervorrufen sind meist am intrakavernösen Abschnitt der Arteria carotis interna zu finden. Durch die Enge dieses Bereichs kann der Nerv bei einer Aussackung der Arterie leicht in Mitleidenschaft gezogen werden. [1,5,6,7]

Auch Diabetes mellitus kann die Ursache einer Abduzensparese sein. Patienten, die neben Diabetes mellitus auch noch an hohem Blutdruck leiden sind besonders gefährdet, eine Abduzensparese bzw. Abduzensparalyse zu erleiden. [1,5,6,7]

Weitere Ursachen der Abduzensparese oder Paralyse sind Erkrankungen wie Lues, Tuberkulose, Multiple Sklerose, und Tolosa-Hunt-Syndrom.

Aber auch iatrogen können Lähmungen des sechsten Hirnnervs ausgelöst werden, so zum Beispiel durch neurochirurgische Eingriffe und deren Komplikationen, Lumbalpunktionen und Spinalanästhesien. [1,5,6,7]

Abduzenslähmungen im Kindesalter sind meist auf Tumoren wie Brückengliome oder Medulloblastome, Infektionskrankheiten, Entzündungen oder Reaktionen auf Impfungen zurück zu führen. [1,5,6,7]

Prinzipiell sollte noch festgehalten werden, dass bei einer Läsion des Abduzenskernes eine ipsilaterale Blicklähmung auftritt, während bei einer isolierten Abduzenslähmung keine Beteiligung des Kerns anzunehmen ist. [1,5,6,7]

### ***3.4 Differentialdiagnosen der Abduzensparese***

Verschiedene Krankheiten können eine Abduzensparese imitieren.

Hier eine Auflistung der möglichen Differentialdiagnosen: [4]

- Myasthenia gravis
- Endokrine Orbitopathie
- Blow- out Fraktur
- Orbitale Myositis
- Duane- Syndrom
- Konvergenzspasmus
- Divergenzparalyse
- Frühkindliches Innenschielen

### ***3.5 Symptome der Abduzensparese / Abduzensparalyse***

Das Kardinalsymptom der Abduzensparese ist die Bewegungseinschränkung des Musculus rectus lateralis. Auf Grund dieser Einschränkung wird das Blickfeld des paretischen Auges kleiner. [1,3,4]

Der Patient klagt über Doppelbilder die unter anderem auch mit Schwindel und Übelkeit verbunden sein können. [1,3,4]

Das Objekt das fixiert wird, kann nur in einem Auge auf die Fovea centralis projiziert werden. Im anderen Auge fällt es auf einen Punkt in der Peripherie der Netzhaut. Das Bild, welches nur in der Peripherie entsteht ist meist etwas unschärfer auf Grund des mäßigen Auflösungsvermögens.

Der Patient kann nicht unterscheiden welches der beiden Bilder das reale und das irreal ist, somit fällt es ihm schwer direkt nach Gegenständen zu greifen. [1,3,4]

Bei der Abduzensparese entstehen ungekreuzte, horizontale Doppelbilder, das linke Auge sieht also den linken Teil des Doppelbildes und das rechte den rechten Teil. Diese sind am weitesten von einander entfernt, wenn der Patient in die Hauptzugrichtung des gelähmten



### ***3.6 Diagnostik der Abduzensparese / Abduzensparalyse***

Eine Abduzensparese kann auf einem Auge auftreten, sie kann aber auch beidseitig vorkommen.

Sehr wichtig ist es einen Vergleich zwischen den beiden Augen herzustellen. Dies ist recht einfach, wenn ein Auge gesund ist. [5]

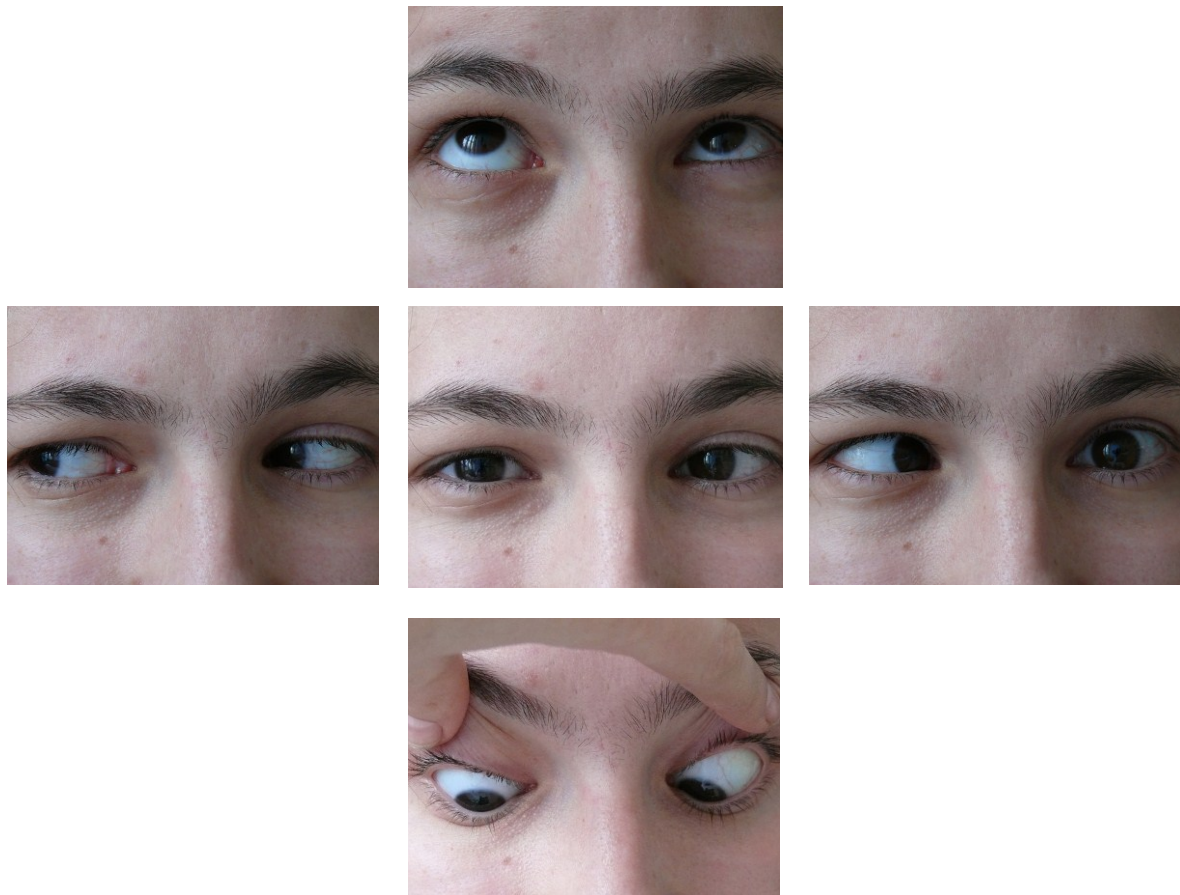
#### **3.6.1 Überprüfung der Beweglichkeit**

Der Patient wird dazu aufgefordert einem Stift in alle Richtungen nachzuschauen, um sofort erkennen zu können in welche der 6 Blickrichtungen das erkrankte Auge im Vergleich zum gesunden Auge eingeschränkt funktioniert.



*Abb. 11: Untersuchung der Augenbewegungen [Quelle: Fotoarchiv der Univ. Augenklinik Graz]*

Am deutlichsten wird die Auswirkung der Lähmung veranschaulicht, wenn der Patient in Zugrichtung des erkrankten Muskels blickt. [2]



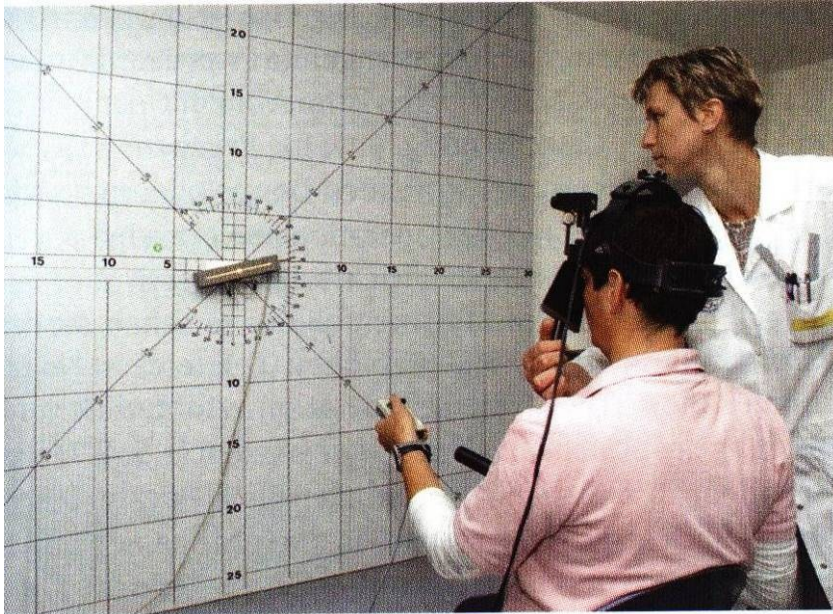
*Abb. 12: Untersuchung der Augenbeweglichkeit - Abduzensparalyse des linken Auges  
[Quelle: Fotoarchiv der Univ. Augenklinik Graz]*

### **3.6.2 Tangententafel nach Harms**

Besonders wichtig für die Durchführung der Tests ist ein ausreichendes Sehvermögen.

Mit Hilfe dieser Tafel werden Horizontal-, Vertikal-, und Zykloabweichungen gemessen bzw. werden mit ihrer Hilfe Kopfzwangshaltungen (KZH) analysiert. Zusätzlich kann das Fusionsblickfeld mittels dieser Tafel dargestellt werden.

Mit der Tangententafel werden außerdem Verlaufskontrollen des Strabismus incomitans durchgeführt. [2,8]



*Abb. 13: Tangententafel nach Harms [1]*

Bei dieser Untersuchung sitzt der Patient ca. 2,5 Meter entfernt von der Tafel. Mit Hilfe eines Stirnprojektors wird die Kopfhaltung des Patienten bestimmt und die Blickrichtung definiert.

Um den Schielwinkel messen zu können wird dem Patienten ein Dunkelrotglas vor das nicht schielende Auge gesetzt durch das er ein Fixierlicht in der Mitte der Tafel ansieht. Mit diesem fixierenden Auge sieht der Patient nur den roten Lichtpunkt. [2,8]

Mit dem gelähmten Auge sieht der Patient die ganze Tafel und muss nun mit Hilfe eines grünen Lichtzeigers auf die Stelle zeigen, wo er mit dem fixierenden Auge den roten Lichtpunkt wahrnimmt. [2,8]

Das Gehirn des Patienten besitzt den gleichen Raumwert für identische Netzhautstellen, so dass er den Punkt auch mit dem gelähmten Auge lokalisieren kann. [2,8]

Der Arzt kann nun die Werte von der Testwand ablesen und die Größe des Schielwinkels herausmessen. [2,8]

Wenn die Verrollungsabweichung gemessen wird, wird anstatt des Lichtpunktes eine Lichtlinie verwendet, die der Patient dann wiederum mittels einer Fernbedienung so einstellt, dass die Linie subjektiv horizontal empfunden wird.

Diese Abweichung von der wirklichen Horizontalen kann an der Tafel mittels eines Gradmessers abgelesen werden. [2,8]

Alle Blickrichtungen können somit ausgemessen und Kopfdrehungen berücksichtigt werden.

### 3.6.3 Untersuchung mit Hilfe der Hornhautreflexe

Mittels der Hornhautreflexe werden die Schielwinkel objektiv eingeschätzt. Beim sogenannten Hirschberg-Test wird mit Hilfe einer Stablampe im Abstand von ca. einer Armlänge in die Augen des Patienten geleuchtet. Im fixierenden Auge erscheint nun das reflektierte Licht in der Pupille zentral. Im nicht fixierenden Auge erscheint das Licht dezentriert. Gemessen wird die Entfernung des Lichtreflexes zum Zentrum der Pupille. Ein Millimeter entspricht in etwa  $7^\circ$ . [4,5,8]

Bei der Abduzensparese zeigt sich das Bild eines Strabismus convergens.

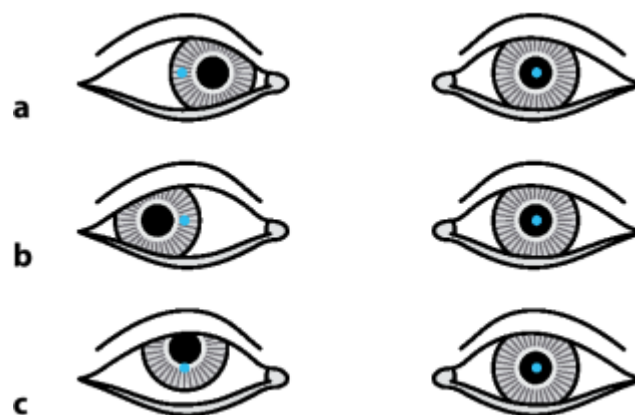
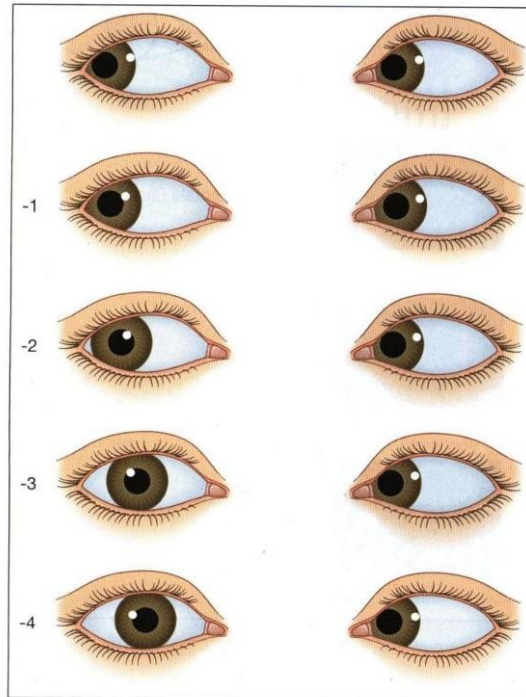


Abb. 14: Hirschberg Test bei a. Strabismus convergens, b. Strabismus divergens und c. Strabismus verticalis [8]

Mittels des Hornhautreflexes kann auch die Bewegungseinschränkung des gelähmten Auges gemessen werden. Hier wird das gesunde Auge abgedeckt und der Patient angehalten dem Stablampenlicht zu folgen. Es gibt ein numerisches System mit dessen Hilfe die Grade der Einschränkung gemessen werden. In diesem Fall wäre -1 eine geringe Einschränkung und -4 eine sehr hohe Motilitätseinschränkung. [4,5,8]



*Abb. 15: Unterfunktionseinteilung des rechten M. rectus lateralis [4]*

### **3.6.4 Cover-Uncover- Test und Prismen- Cover Test**

Mit Hilfe dieses Tests kann latentes und manifestes Schielen unterschieden beziehungsweise ausgeschlossen werden. Der Patient muss jedoch in der Lage sein zu fixieren. [4]

Es gibt den Cover Test und den Uncover Test. Beide Tests werden mit Fixation in der Nähe und in der Ferne durchgeführt. Die Einstellbewegungen, die das abgedeckte beziehungsweise das aufgedeckte Auge nach dem jeweiligen Ab-, oder Aufdecken zeigt, werden beobachtet. Diese Untersuchungen werden jeweils mit beiden Augen durchgeführt und ausgewertet. [4]

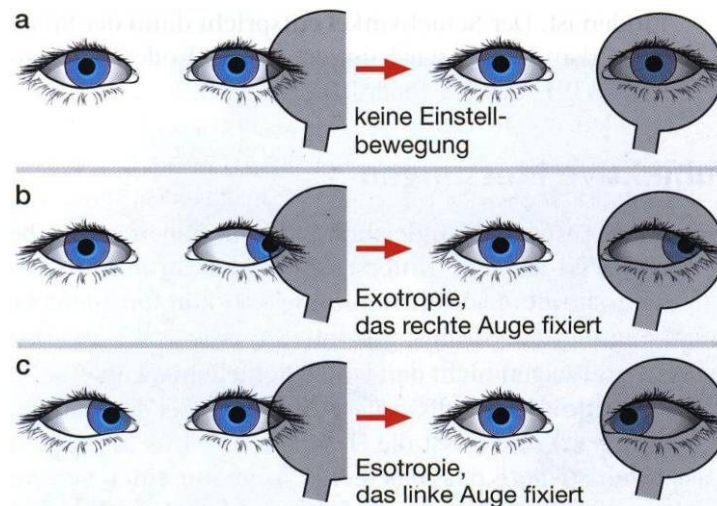


Abb. 16: Mögliche Ergebnisse des Cover – Tests [4]

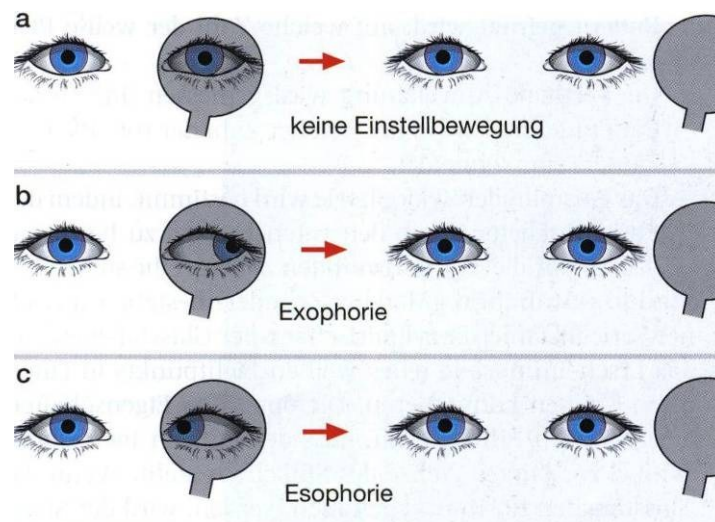


Abb. 17: Mögliche Ergebnisse des Uncover – Tests [4]

Ein wichtiger Test im Bereich der Augenmuskellähmungen ist der *Prismen- Cover- Test*. Mit diesem Test werden Paresen in verschiedenen Blickrichtungen objektiv ausgemessen. Der Schielwinkel wird in der Nähe und in der Ferne in allen Blickrichtungen gemessen. Um mit diesem Test beginnen zu können muss vorher ein alternierender Cover-Test, das heißt abwechselndes Abdecken beider Augen, durchgeführt werden um zwischen einer latenten oder manifesten Abweichung unterscheiden zu können. [4]



*Abb. 18: Prismen- Cover Test [Quelle: Fotoarchiv der Univ. Augenlinik Graz]*

Für den Prismencover test werden Prismen mit zunehmender Stärke vor ein Auge gehalten. Diese werden so vor das Auge gesetzt, dass die Basis des Prismas der Richtung der Schielabweichung entgegen liegt. Bei der kontinuierlichen Durchführung, für die immer stärkere Prismen verwendet werden, ist eine abnehmende Amplitude der okulären Reflexion zu erkennen. Es werden so lange stärkere Prismen verwendet, bis keine Einstellungsbewegung mehr sichtbar ist. Dieses Ergebnis ist dann der maximale Schielwinkel, welcher der Stärke des jeweiligen Prismas entspricht. [4]

### **3.6.5 Untersuchung mit dem Hess-Schirm**

Bei dieser Untersuchung wird ein grauer Hintergrund mit einer darauf befindlichen Tangententafel benötigt. Rote Lichter, die individuell eingestellt werden, können nun alle Blickpositionen der einzelnen Muskeln in einem zentralen und einem peripheren Feld anzeigen. [4]

Um die Untersuchung zu starten muss der Patient wiederum in einem Abstand von 50 cm vor dem Bildschirm Platz nehmen. Er bekommt eine Rot-Grün-Wendebrille aufgesetzt, mit dem roten Glas vor dem rechten Auge und er bekommt einen grünen Laserpointer in die Hand. [4]

Erneut muss der Patient nun den roten und den grünen Punkt vereinen um die relative Position des linken Auges ermitteln zu können. Danach erfolgt dieselbe Untersuchung mit dem anderen Auge.

Diese relativen Bildpunkte werden vom Arzt auf einer Tafel markiert und mit Linien verbunden. [4]

Abschließend werden die beiden Diagramme von jedem Auge ausgewertet. Ein kleines Diagramm entsteht wenn dieses Auge paretisch ist. Ein größeres, wenn bei diesem Auge eine Muskelüberfunktion besteht. Beim Betrachten des Bildes ist beim kleineren Diagramm zu erkennen, dass die hauptsächliche Verkleinerung dort ist, wo sich die Hauptwirkungsrichtung des gelähmten Muskels befindet. Umgekehrt wird im größeren Bild, die Hauptwirkungsrichtung des Gegenspielmuskels am anderen Auge dargestellt.

Mit Hilfe einer Schablone können nun die Grade des Schielwinkels herausgelesen werden. [4]

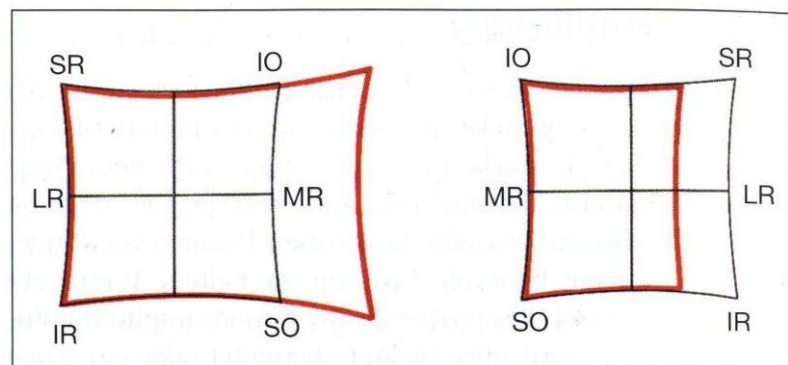


Abb. 19: Hess Diagramm bei einer frischen Abduzensparese links [4]

### 3.7 Allgemeines zur speziellen Diagnostik der Abduzensparese

Es werden zwei Regeln beschrieben um feststellen zu können welcher Muskel gelähmt ist. [5]

1. Wenn die Blickposition ermittelt wurde, bei der die Schielabweichung am größten ist, zeigt sich gleichzeitig die Wirkungsrichtung des paretischen Muskels.
2. Mit Hilfe von Vorzeichen, also Plus (+) und Minus (-), ist zu erkennen ob ein Muskel des rechten oder des linken Auges betroffen ist. Weitere Abkürzungen, die

für diese Regel relevant sind, sind „C“ für Konvergenz und „D“ für Divergenz. Plus bedeutet aber auch rechtes über linkem Auge und Minus rechtes unter linkem Auge.[5]

Im Falle der Abduzensparese gibt es nun folgendes Beispiel für die Erlangung eines Befundes.

Bei der Untersuchung eines Patienten wird die größte Schielabweichung beim Blick nach links gemessen. Wenn hier nun die erste Regel angewandt wird, ergibt sich daraus eine Lähmung eines Linkswenders also entweder des rechten Musculus rectus medialis oder des linken Musculus rectus lateralis.

In diesem Fall handelt es sich um eine konvergente Abweichung mit Vorzeichen C, das wiederum bedeutet, dass ein Auswärtswender gelähmt sein muss – also der linke Musculus rectus lateralis. [5]

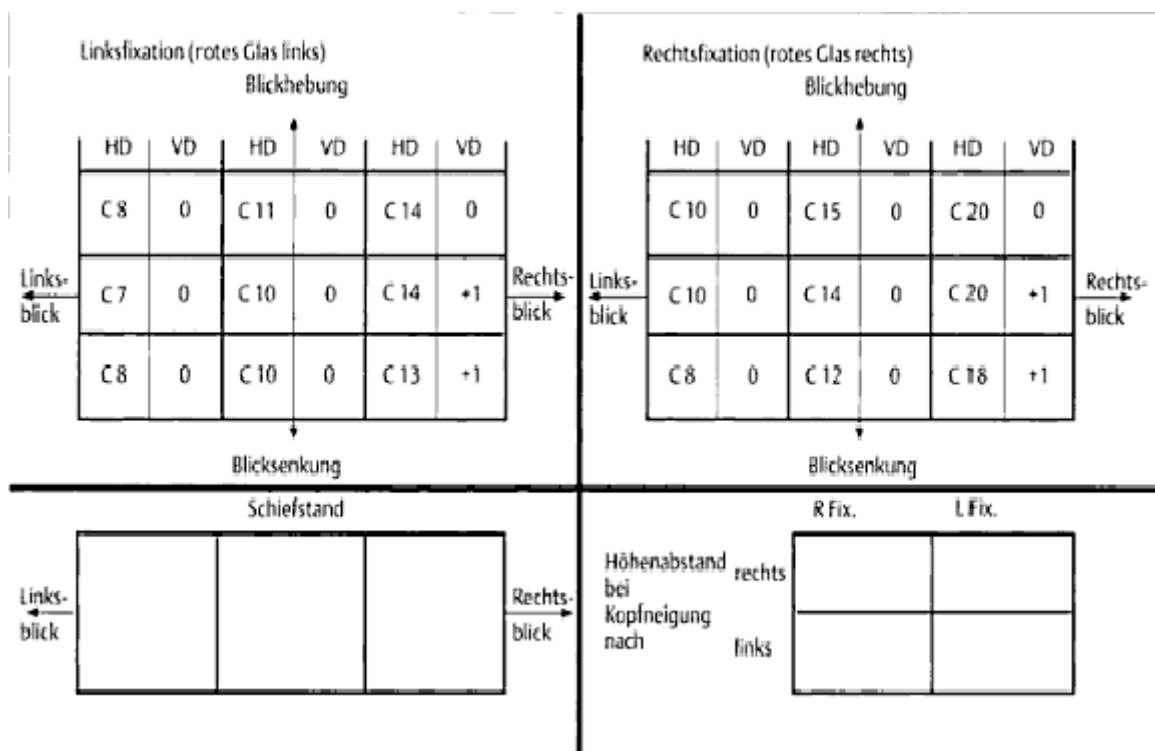


Abb. 20: Tangententafel nach Harms – Diagnose: Parese des rechten M. rectus lateralis [5]

Die oben angeführte Abbildung 20 zeigt einen Befund der mittels der Tangententafel von Harms erhoben wurde. Wenn die vorhin in Kapitel 3.7 beschriebenen 2 Regeln hier zum

Einsatz kommen, ist zu erkennen, dass ein Rechtswender gelähmt sein muss, weil wenn der Patient nach rechts blickt, an dieser Stelle die größte Schielabweichung vorzufinden ist. In Frage kommen wie vorhin der linke Musculus rectus medialis und der rechte Musculus rectus lateralis. In diesem Fall ist der rechte Musculus rectus lateralis betroffen, weil dieser Befund eine konvergente Abweichung zeigt. [5]

### **3.8 Therapie der Abduzensparese / Abduzensparalyse**

#### **3.8.1 Spontane Remission und Behandlung der Grunderkrankung**

Wenn die Ätiologie der Erkrankung bekannt ist sollte als Erstes versucht werden dieses Grundleiden zu behandeln. [2]

Wenn eine Abduzensparese, auf Grund von arteriellem Hypertonus oder Diabetes mellitus II plötzlich auftritt, hilft oft schon die alleinige systemische Behandlung dieser Erkrankungen und die Lähmung kann sich spontan zurückbilden. [9]

In vielen Studien wird beschrieben, dass sich eine Abduzensparese innerhalb von Wochen bis Monaten selbst spontan zurückbilden kann. Auch das hängt natürlich von der Ursache der Erkrankung ab. [10, 11, 12,13]

#### **3.8.2 Okklusionstherapie und Prismenbrille**

Das Hauptleiden bei der Abduzensparese ist wie oben schon beschrieben die Diplopie. Diese ist für die Patienten auch ein psychologisches Problem. Sie sind in Bezug auf Arbeit oder alltäglichen Verrichtungen wie Autofahren stark beeinträchtigt. [2,14]

Um diese Doppelbilder zu vermeiden gibt es einige Techniken die den Betroffenen helfen ein halbwegs normales Leben führen zu können.

Wenn der Patient nicht mehr länger durch seine Kopfwangshaltung eingeschränkt sein will gibt es die Möglichkeit der Okklusionstherapie, bei der ein Auge abgedeckt oder ein Mattglas davor gesetzt wird. [2, 14]



*Abb. 21: Pflaster- und Brillenokklusion [31]*

Oft wird dem Patienten eine Prismenbrille verordnet beziehungsweise eine Prismen-Folie auf die Brillen geklebt. Diese Therapie ist jedoch gerade beim ersten Auftreten der Abduzensparese recht schwierig anzuwenden, da die Korrekturwerte zu Beginn der Erkrankung sehr schwanken. [2, 14]



*Abb. 22: Brille mit Prismenfolie [30]*

### **3.8.3 Operationsverfahren zur Behandlung der Abduzensparese / Abduzensparalyse**

Wenn sich die Abduzensparese nach 12 Monaten noch nicht spontan zurückgebildet hat kann an eine Operation gedacht werden.

Hier werden viele verschiedene Operationsmethoden beschrieben, die vor allem bei einer Abduzensparalyse – also einer vollständigen Lähmung – angewendet werden. [2,14]

Ziel einer solchen Operation ist ein normales Binokularesehen vor allem beim Blick gerade aus. Um dieses erreichen zu können, müssen die Bulbi so gut es geht parallel stehen. Wenn das nicht möglich ist, sollte der Restschielwinkel möglichst klein sein. [2,14]

In der Literatur werden einige Schieloperationsverfahren beschrieben:

### 1. Rücklagerung und Resektion

Das Ziel einer solchen Operation ist es die Stellung des paretischen Auges zu verbessern. Durch eine Resektion (Verkürzung) des gelähmten Muskels (M. rectus lateralis) und eine Rücklagerung (Verlängerung) des Antagonisten (M. rectus medialis) wird der Bulbus in einer veränderten Nullstellung gehalten. Aus dieser Stellung heraus sind wieder mehr Bewegungen des Bulbus möglich, weil die verminderte Kraft des gelähmten Muskels genügt. Diese Eingriffe werden meistens gleichzeitig durchgeführt.

[5]

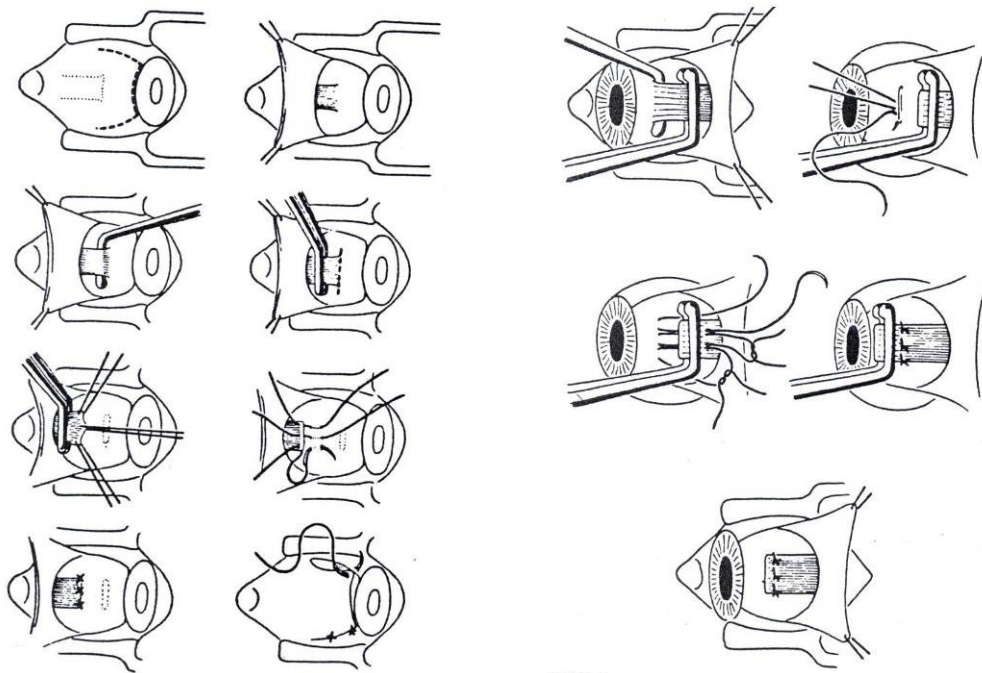


Abb. 23: Rücklagerung des M. rectus medialis bzw. Resektion des M. rectus lateralis [14]

## 2. Transpositionsoperation nach Hummelsheim

Wichtig im Falle der Abduzensparalyse ist die Transpositionsoperation nach Hummelsheim. Bei dieser Operation wird aus dem Musculus rectus superior und dem Musculus rectus inferior jeweils ein Streifen abgetrennt und an den Musculus rectus lateralis ansatznah angenäht. [1, 14, 15, 16, 17]

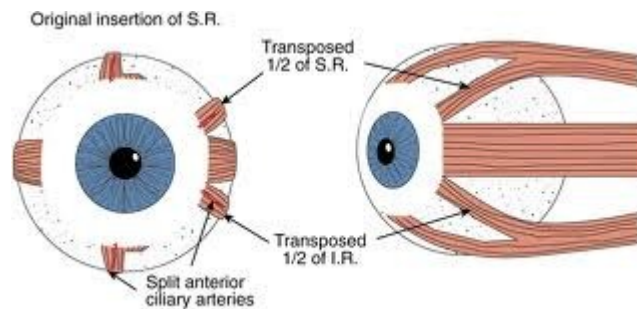


Abb. 24: Hummelsheim – OP [29]

## 3. Verfahren nach Jensen

Ähnlich der Operation nach Hummelsheim ist das Verfahren nach Jensen, bei dem die Muskelansätze der vertikalen geraden Augenmuskeln nur abgespalten und an die jeweilige Hälfte des lateralen geraden Augenmuskels mittels eines Fadens angebunden werden. [1, 14, 15, 16, 17]

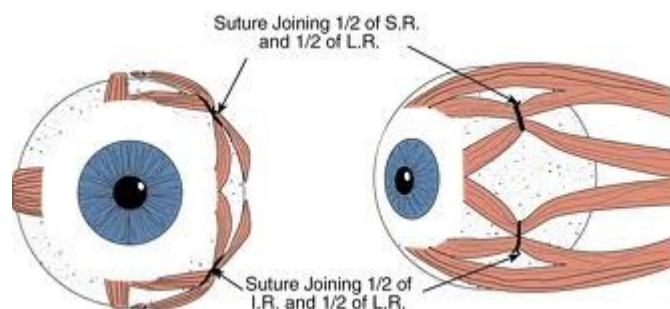


Abb. 25: OP – Verfahren nach Jensen [29]

Wenn nach diesen Transpositionsoperationen noch Überkorrekturen oder Unterkorrekturen vorhanden sind, können diese wiederum mittels einer Rücklagerungsoperation des Antagonisten beseitigt werden.

Zusätzlich kann mittels einer Faltung oder Resektion des Musculus rectus lateralis der Schielwinkel noch verkleinert werden. [1, 14, 15, 16, 17]

### ***3.9 Abduzensparese / Abduzensparalyse und Botulinumtoxin A***

Wenn Patienten an einer Abduzensparese beziehungsweise Abduzensparalyse erkrankt sind, kann mit Hilfe einer Botulinumtoxininjektion in den M. rectus medialis versucht werden die Kontraktur und Fibrosierung desselben zu verhindern. Mit dieser Behandlung wird zusätzlich versucht die Zeit zu überbrücken, in der eine Spontanremission möglich ist. Ein weiterer Effekt der Botulinumtoxin- Therapie, der für die Patienten selbst oft die größte Rolle spielt, ist die Reduktion des Schielwinkels und somit der Rückgang der Diplopie.

#### **3.9.1 Was ist Botulinumtoxin**

Botulismus kommt aus dem Lateinischen (botulus bedeutet „die Wurst“) und wurde erstmals vom Arzt und Dichter Justinus Kerner beschrieben. Er fand heraus, dass nach übermäßigem Verzehr von Würsten bei den Menschen Lähmungen auftraten, die zuerst die Augen betrafen, im weiteren Verlauf zu Sprach- und Schluckstörungen und sogar zu Lähmungen der gesamten Muskulatur und der inneren Organe führten. [18]

Das Bakterium Clostridium botulinum bildet ein Toxin, welches unter anaeroben Bedingungen entsteht und die oben beschriebenen Symptome auslösen kann. [18]

Dieses Toxin wird in 7 immunologisch unterschiedliche Subtypen eingeteilt (A-G). Die Gifte A, B, E und F sind vor allem für den Menschen pathogen. Die Toxine C und D lösen nur bei Tieren Krankheiten aus. Das Toxin G hingegen hat bis jetzt weder beim Menschen noch bei Tieren eine Krankheitspotential. [19]

### **3.9.2 Wie wirkt Botulinumtoxin (Botox)**

Botox wird in der Medizin angewendet um Erregungsübertragungen von den Nervenzellen zu den Muskeln zu hemmen. Die Muskelkontraktionen fallen je nach Dosierung entweder ganz aus oder werden schwächer.

Das im Bakterium hergestellte Botulinumtoxin besteht, nach einer Spaltung durch Peptidasen, aus einer leichten und einer schweren Kette.

Die schwere Kette ist dafür verantwortlich, dass das Gift am präsynaptischen Bereich der neuromuskulären Endplatte andockt. Mittels Endocytose gelangt das Botox in die Synapse. Dort spaltet sich die leichte Kette ab und wirkt als Endopeptidase. Weil diese Kette in der Lage ist Proteine des Vesikelfusions- Apparates zu spalten, kann sie somit die Exozytose der Vesikel aufhalten.

Ein Teil dieser Vesikel, das essentielle Membranprotein Synaptobrevin (VAMP2), wird allein durch die Anwesenheit der Botoxmoleküle (Typ B, D, F und G), durch ihre katalytische Wirkung, gespalten.

Ebenso wird das synaptisch assoziierte Protein (SNAP- 25) durch die Botolinumtoxine A und E gespalten, beziehungsweise Syntaxine durch Botulinumtoxin C.

Diese Spaltungen halten so lange an, bis die Nervenzelle oft endgültig zerstört ist.

Die betroffenen Vesikel können somit der Exozytose von Acetylcholin in den synaptischen Spalt nicht mehr nachgehen und die Erregungsübertragung ist gestört.

Die Wirkung des Botulinumtoxins baut sich langsam auf und hat circa zehn Tage nach der Injektion ihren Höhepunkt erreicht.

Die betroffene Muskelfaser bleibt solange gelähmt, bis die Nervenenden neu aussprossen bzw. die motorischen Endplatten sich neu gebildet haben und das Toxin vollständig abgebaut wurde. Dieser Zeitraum beträgt ungefähr zwei bis sechs Monate. [18, 20, 27, 28]

### **3.9.3 Botulinumtoxin in der Augenheilkunde**

In den 70er Jahren wurde Botox das erste Mal therapeutisch in der Augenheilkunde angewandt. Der Augenarzt A.B. Scott wollte mit Hilfe der Substanz Botulinumtoxin A eine nichtoperative Muskelverlängerung bei Schielpatienten durchführen. Durch diese Errungenschaft konnten die ersten Patienten erfolgreich behandelt werden.

Seit dem wird Botulinumtoxin A in vielen Bereichen der Augenheilkunde angewandt. [18]

Einige Beispiele sollten hier genannt werden:

- Abduzensparese / Abduzensparalyse
- Motilitätsstörungen bei endokriner Orbitopathie
- Strabismus
- Lidkrämpfe
- Spasmus facialis
- andere siehe [18]

### **3.9.4 Indikation von Botulinumtoxin A bei Abduzensparese/ Abduzensparalyse**

Wie in Kapitel 3.9.3 erwähnt, wird Botox zur Therapie bei Abduzensparese eingesetzt.

Es gibt viele verschiedene Studien über diese Behandlung. Die Meinungen dazu sind jedoch unterschiedlich. Oft wird Botox schon in den ersten Wochen verabreicht, um den Schielwinkel zu verkleinern und einer Operation vorzubeugen. Manchmal wird dieses Toxin vor einer Transpositionsoperation gespritzt um den Antagonisten des gelähmten Musculus rectus lateralis zu hemmen, was das nachfolgende Operationsverfahren erleichtern sollte. [19]

Prinzipiell wird Botulinumtoxin A bei der Abduzensparese/ Abduzensparalyse zur Hemmung des Musculus rectus medialis verwendet. Wenn dieser nach der Injektion gelähmt ist, stellt sich der Bulbus meist wieder parallel, so dass unter Umständen die vorbestehende Diplopie im Geradeausblick aufgehoben werden kann. Diese Lähmung hält ca. 2 bis 3 Monate an und wird dann wieder rückläufig. Trotzdem ist zu bedenken, dass bei zwei gelähmten horizontalen Augenmuskeln eine eingeschränkte Beweglichkeit vorliegt. [21]

Die Indikation zur Botoxbehandlung wird in der akuten aber auch in der chronischen Phase der Abduzensparese bzw. Abduzensparalyse gestellt.

Die Injektion von Botulinumtoxin sollte die Kontraktur und Fibrosierung des Musculus recuts medialis, welche oft im Rahmen einer Abduzensparese bzw. Abduzensparalyse auftreten, verhindern. Eine weitere Intention ist es so gut wie möglich eine doppelbildfreie Sicht im Geradeausblick zu erhalten.

Botox wird außerdem zu diagnostischen Zwecken verwendet um das Ausmaß der Paralyse bzw. Parese bestimmen zu können.

Bei Patienten, die eine Operation generell ablehnen, wird versucht mittels der Botoxbehandlung eine Besserung zu erzielen. Botox wird in diesen Fällen auch zu kosmetischen Zwecken angewandt, um den Patienten einen großen Leidensdruck zu nehmen. [13, 19, 22]

Wenn sich während dieser Zeit der Musculus rectus lateralis erholt und sich ein Behandlungserfolg einstellt, ist meistens keine Operation mehr notwendig. [18]

Wenn die gewünschte Therapieeffizienz jedoch nicht eingetreten ist und der Musculus rectus lateralis sich nicht erholt hat, erfolgt in der Regel eine Schieloperation. [13, 19, 22]

### **3.9.5 Anwendung von Botulinumtoxin A bei Abduzensparese/ Abduzensparalyse**

Zur Behandlung der Abduzensparese werden verschiedene Botoxpräparate verwendet. Aktuell auf dem Markt sind für Schielinjektionen Botox® und Dysport® erhältlich. Beide Präparate werden in Units angegeben, wobei eine Ampulle Botox® 100 Units BTX enthält und eine Ampulle Dysport® 500 Units BTX. Es ist dabei wichtig, zu berücksichtigen, dass beide dieselbe therapeutische Leistung pro Ampulle aufweisen.

Diese Units oder IE (Mäuseinheiten) lassen sich nicht 1:1 umrechnen.

Bei der Injektion von Botox® in die Augenmuskeln sollten maximal 2,5 bis 5 IE verwendet werden bzw. wenn Dysport® eingesetzt wird, muss der Wert mit 3 oder 4 multipliziert werden um auf die Einheitsmenge zu kommen. Fehldosierungen sollten vermieden werden. [19, 20]



*Abb. 26 Botox [32] und Dysport [33]*

Die am häufigsten angewandte Technik ist bisher die Injektion von Botulinumtoxin A unter EMG- Kontrolle.

Mit Hilfe eines akustischen Signals ist zu erkennen ob die Nadel direkt im Muskelbauch liegt. [19]

Bevor jedoch mit dem Aufsuchen des Muskels begonnen wird, sollte das Auge mit einem Lokalanästhetikum wie Lidokain- und Tetrakain- Tropfen bei Erwachsenen betäubt werden. Bei Kindern wird eine Ketamin- Anästhesie bevorzugt. [13]

Bei der Abduzensparese steht der Bulbus in Adduktionsstellung. Das Erlangen eines besseren Zugangs zum medialen Bereich des Bulbus ist zu erreichen, wenn mittels einer Pinzette der Bulbus so gut es geht in die Primärstellung gebracht wird.

Mit einem Limbusabstand von 5 bis 10 mm wird mit einer Kanüle durch die Bindehaut eingegangen und diese wird dann in Richtung des Muskel- und Sehnenverlaufs vorgeschoben.

Damit nun ein EMG- Signal zustande kommt, muss der Patient den Muskel aktivieren, das heißt in Richtung Nase blicken. Wenn die Kanüle richtig liegt, wird Botulinumtoxin A injiziert. [19]

Um den Musculus rectus medialis lähmen zu können werden ca. 2,5 bis 5 Einheiten Botox® bzw. 15 bis 20 Einheiten Dysport® verabreicht. [23]

### **3.9.6 Wirkungseintritt und Nebenwirkungen der Botox – Therapie bei Abduzensparese / Abduzensparalyse**

Innerhalb weniger Tage wird der Musculus rectus medialis paretisch. Das Auge tritt aus der Adduktionsstellung in eine Geradeausstellung.

Der therapeutische Effekt der maximal erzielt werden kann, sollte innerhalb von zwei Wochen eintreten.

Da Botox hochgiftig ist, sollte in einem Zeitraum von 30 Tagen bei Augenmuskellähmungen nie mehr als 200 iE. Botulinumtoxin injiziert werden.

Da die Wirkung mit der Zeit nachlässt können erneute Behandlungen nach circa 3 bis 5 Monaten notwendig sein. [21, 23, 28]

Jede Behandlung mit Botulinumtoxin kann Nebenwirkungen hervorrufen. Das Gift kann in andere Muskeln und Strukturen in der Umgebung diffundieren und dort ebenso Lähmungen hervorrufen. Eine durch Botox verursachte Lähmung des Lidhebermuskels würde zu einer Ptosis führen oder die vertikalen Musculi recti könnten betroffen sein und zu Abweichungen des Bulbus nach oben oder unten führen, einer so genannten Hypertropie bzw. Hypotropie.

Eine sehr schwerwiegende Nebenwirkung wäre eine Verletzung durch Nadelperforation zum Beispiel der Sklera, Aderhaut oder Retina. [19, 23, 24]

Das Risiko eine solche Perforation zu erleiden, liegt circa bei 1:1.000 Injektionen. [23]

Eine weitere Nebenwirkung kann die Überkorrektur sein, welche sich aber wieder rückbilden kann, wenn die Wirkung des Gifts etwas nachlässt.

Außerdem kann es bei diesem Eingriff zu subconjunktivalen Einblutungen kommen. [25]

Die unten angeführte Tabelle zeigt eine Auflistung der häufigsten Komplikationen bei der Behandlung der Abduzensparese mit Botox. In der Studie von A. Murray wurden zehn Patienten mit insgesamt 20 Botoxinjektionen behandelt. [25]

<b>Komplikationen</b>	<b>Anzahl der Fälle bei denen die jeweilige Komplikation auftrat</b>
Überkorrektur	1
Ptosis	5
Hypertropie	2
Subconjunktivale Einblutungen	2
Systemische Nebenwirkungen	0

*Tab. 1: Nebenwirkungen der Botoxbehandlung [25]*

Im Falle einer Überdosierung kann das Neurotoxin in die Blutbahn gelangen, was zu Komplikationen wie Dysphagie oder Dysphonie führen würde bzw. eine künstliche Beatmung erfordern könnte, da es kein spezifisches Antidot gibt. [28]

### **3.9.7 Die subtenonale Applikation von Botulinumtoxin bei Abduzensparese / Abduzensparalyse**

Die subtenonale Applikationsform von Botulinumtoxin bei Abduzensparese, um die es in dieser Arbeit geht, ist noch nicht sehr erforscht beziehungsweise mit Studien belegt.

In der Studie von Kao und Chao wurde diese Art der Behandlung erstmals dokumentiert. [26]

Es wird beschrieben, dass die Applikation ähnlich abläuft wie bei der intramuskulären Injektion nur ohne EMG- Kontrolle. Das Auge wird ebenso mit lokalanästhetischen Augentropfen betäubt. Danach wird mit einer 27-Gauge Nadel Botox in den subtenonalen Raum injiziert, der über dem Musculus rectus medialis liegt. Die Einstichstelle liegt circa 10 mm vom nasalen Limbus entfernt.

Nun kann das Botulinumtoxin in die Strukturen in der Nähe des Injektionsareals diffundieren. Der Musculus rectus medialis nimmt das Gift auf und wird somit gelähmt. [26]



*Abb. 27: Vorbereitung des Auges für die subtenonale Injektion von Botulinumtoxin A  
[Quelle: Fotoarchiv der Univ. Augenklinik Graz]*

Diese Art der Applikation hat die Vorteile, dass sie im Gegensatz zu der Behandlung unter EMG- Kontrollen sehr schnell durchführbar ist, und dass sie kosteneffektiv ist.

Die Schielwinkel werden wie oben beschrieben vor und nach der Behandlung und in Wochenabständen gemessen und verglichen.

Auch bei dieser Art der Applikation können die oben genannten Nebenwirkungen auftreten. [26]

## **4 Ergebnisse zur subtenonalen Behandlung mit Botulinumtoxin bei Abduzensparese / Abduzensparalyse**

### ***4.1 Material und Methoden***

Für den ersten Teil dieser Arbeit wurde ein Basiswissen über paralytischen Strabismus und dessen Behandlung benötigt, welches mit Hilfe von Fachliteratur und diversen Publikationen in Fachzeitschriften erarbeitet werden konnte. Für diese Literaturrecherchen wurden Fachbücher der Augenheilkunde sowie vor allem die Onlinedatenbanken wie *Medline*, *Pubmed* und *Cochrane Database* verwendet.

Zahlreiche Publikationen und Artikel aus E-Journals wurden gesammelt und ausgewertet bzw. dienten zum Vergleich in der Diskussion.

Zusätzlich waren eine ausführliche Internetrecherche und fachliche Informationen durch die Betreuerinnen der Augenklinik der Universität Graz von Nöten, um einen guten Überblick über die Thematik, Abduzensparese bzw. Abduzensparalyse und die Behandlung mit Botulinumtoxin geben zu können.

Für die Datenauswertung wurden Patientendaten verwendet, die von der Augenklinik der Medizinischen Universität Graz zu Verfügung gestellt wurden. Es handelt sich dabei um Patientendaten mit der Diagnose Abduzensparese / Abduzensparalyse welche subtenonal mit Botox behandelt wurden. Diese Daten stammen aus den Jahren 2002 bis 2012.

Für die retrospektive Datenanalyse wurden das Alter und das Geschlecht der Patienten erfragt. Ebenso wurde erörtert, welches Auge erkrankt war, bzw. wurden die Schielwinkel bei Linksblick, Rechtsblick und Geradeausblick vor der Botoxbehandlung, bei der ersten Konsultation nach der Botox- Behandlung und vor einer notwendig gewordenen OP bzw. am Ende der Behandlung ausgearbeitet. Zusätzlich wurden die Zeiten zwischen den einzelnen Behandlungen bzw. Konsultationen, die Botoxeinheiten die injiziert wurden und die Ursachen der Erkrankung erfragt. Ein weiterer Punkt war die Frage, ob nach der Botoxbehandlung noch eine Schieloperation durchgeführt wurde.

Einschlusskriterien für diese retrospektive Studie waren eine diagnostizierte Abduzensparese bzw. Abduzensparalyse die mit einer subtenonalen Botulinumtoxinbehandlung therapiert wurden und die Dokumentation der Schielwinkel vor und nach der Behandlung. Nach diesen Kriterien konnten 17 Patienten in die retrospektive Datenanalyse einbezogen werden.

## 4.2 Resultate

### 1. Geschlechterverteilung

Bei der statistischen Auswertung der Daten ergab sich eine ausgeglichene Geschlechterverteilung von 8 (47%) männlichen und 9 (53%) weiblichen Patienten.

Geschlecht	Anzahl	Anteil
Männlich	8	47%
Weiblich	9	53%
Gesamtergebnis	17	100%

Tab. 2: Geschlechterverteilung des Patientenguts

### 2. Häufigkeitsverteilung der Abduzensparese bzw. Abduzensparalyse

10 von 17 Patienten hatten eine Abduzensparalyse, davon 4 männliche Patienten und 6 weibliche Patienten. 7 Patienten, 4 Männer und 3 Frauen, litten an einer Abduzensparese.

Geschlecht	Paralyse	Parese	Gesamtergebnis
Männlich	4	4	8
Weiblich	6	3	9
Gesamtergebnis	10	7	17

Tab. 3: Häufigkeitsverteilung – Abduzensparese oder Abduzensparalyse

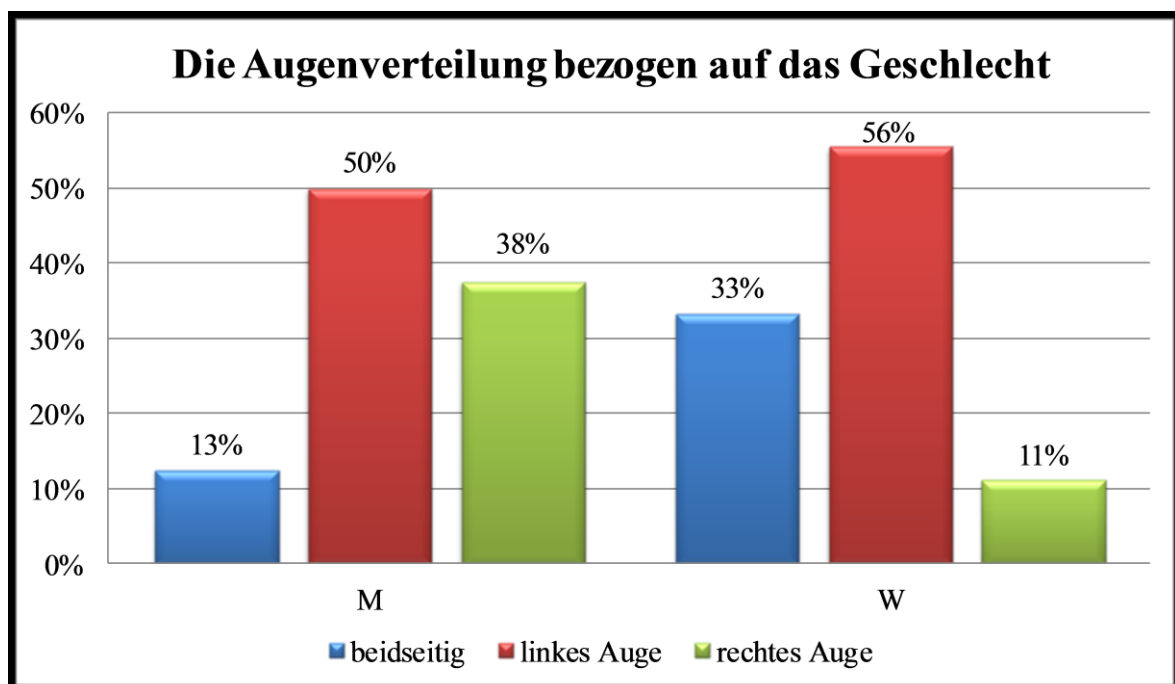
### 3. Betroffene Augen bezogen auf das Geschlecht

Insgesamt lag bei 4 (1♂, 3♀) Patienten an beiden Augen eine Abduzensparese oder Abduzensparalyse vor. Eine einseitige Abduzensparese bzw. Abduzensparalyse hatten insgesamt 13 Patienten (7♂, 6♀).

Geschlecht	beidseitig	einseitig	Gesamtergebnis
Männlich	1	7	8
Weiblich	3	6	9
Gesamtergebnis	4	13	17

*Tab. 4: Einseitige oder Beidseitige Abduzensparese / Abduzensparalyse bezogen auf das Geschlecht*

Bei der genauen Aufteilung der einseitigen Abduzensparese oder Abduzensparalyse in linkes und rechtes Auge war bei 50% (4 männliche Patienten) das linke Auge und bei 38% (3 männliche Patienten) das rechte Auge betroffen. Bei den weiblichen Patienten ergaben sich bei 56% (5 Patientinnen) eine linksseitige und bei nur 1 Patientin (11%) eine rechtsseitige Abduzensparese oder Abduzensparalyse. Bei der genaueren Betrachtung der unten abgebildeten Grafik (Abb. 28) ist ein deutliches Überwiegen der linksseitigen Abduzensparese bzw. Abduzensparalyse zu erkennen.



*Abb. 28: Augenverteilung bezogen auf das Geschlecht*

#### 4. Alter bei Diagnosestellung

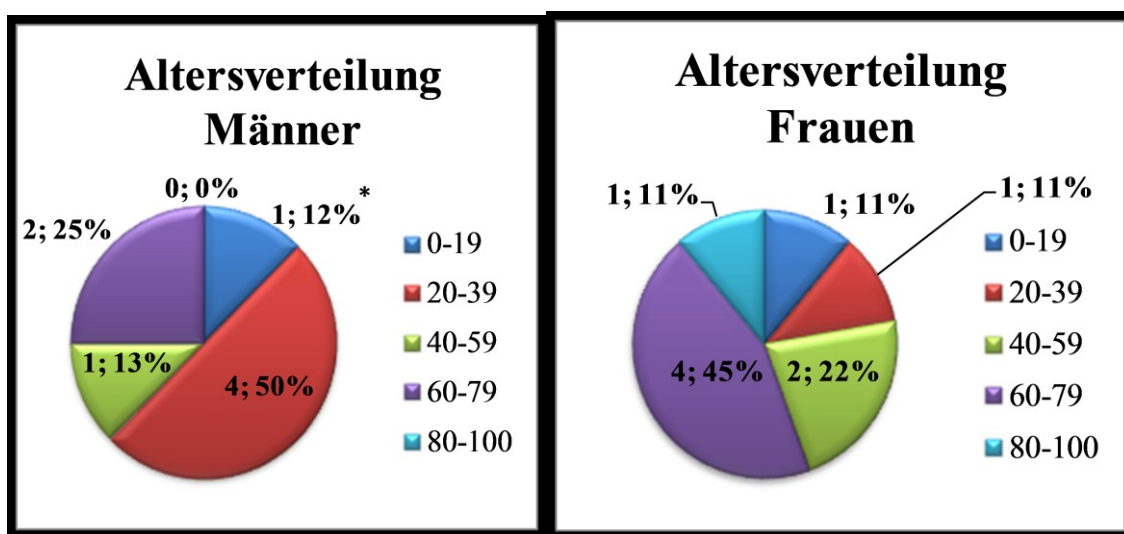
Das Durchschnittsalter bei Diagnosestellung betrug bei den Männern  $37 \pm 22$  Jahre und bei den Frauen  $59 \pm 19$  Jahre.

Geschlecht	Ergebnis
Männlich	37
Weiblich	59
Gesamtergebnis	48

Tab. 5: Durchschnittsalter bei Diagnosestellung

Von den 8 männlichen Patienten sind 4 Patienten (50%) zwischen 20 und 39 Jahre, 2 Patienten (25%) zwischen 60 und 79 Jahre, 1 Patient (12%) zwischen 0 und 19 Jahre und 1 Patient (13%) zwischen 40 und 59 Jahre alt. Hier ist sehr gut zu erkennen, dass der Hauptteil des männlichen Patientenpools zwischen 20 – 39 Jahre alt ist.

Im Vergleich dazu sind von den 9 weiblichen Patienten 4 Patienten (45%) zwischen 60 und 79 Jahre, 2 Patienten (22%) zwischen 40 und 59 Jahre, 1 Patient (11%) zwischen 0 und 19 Jahre, 1 Patient (11%) zwischen 80 und 100 Jahre und 1 (11%) zwischen 20 und 39 Jahre alt. Der weibliche Hauptteil der Patienten ist im Vergleich zu den Männern deutlich älter und bewegt sich zwischen 60 und 79 Jahren.



\* Anzahl der Patienten; Prozentzahl

Abb. 29: Altersverteilung Männer und Frauen

Das männliche Patientengut mit einer Abduzensparalyse war im Durchschnitt bei der Diagnosestellung 35 Jahre alt ( $\pm 18$  Jahre), das weibliche Patientengut war 55 Jahre alt ( $\pm 22$  Jahre).

Im Gegensatz dazu war das männliche Patientengut mit einer Abduzensparese 39 Jahre alt ( $\pm 24$  Jahre) und das weibliche Patientengut war 66 Jahre alt ( $\pm 7$  Jahre).

Geschlecht	Paralyse	Parese
Männlich	35 $\pm$ 18	39 $\pm$ 24
Weiblich	55 $\pm$ 22	66 $\pm$ 7

Tab. 6: Durchschnittsalter der männlichen und weiblichen Patienten bei Abduzensparese und Abduzensparalyse

### 5. Ursachen für die Abduzensparese oder Abduzensparalyse

Bei 59% (10 Personen) der Patienten führte ein Schädelhirntrauma zur Abduzensparese bzw. Abduzensparalyse, bei 11% (2 Personen) ein Schwannom, bei jeweils 6 % (je 1 Person) ein Gullain Barrè Syndrom, ein arterieller Hypertonus, ein Diabetes mellitus und ein Hirnstammcavernom. Bei weiteren 6 % (1 Person) war die Ätiologie unbekannt.

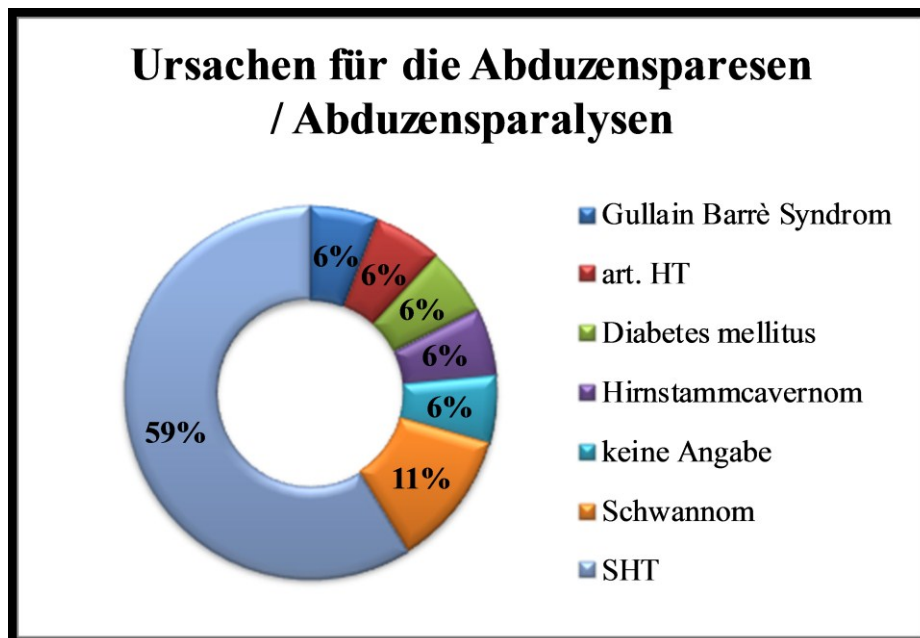


Abb. 30: Ätiologie der Abduzensparesen und Abduzensparalysen

## 6. Botoxbehandlung mit Dysport®

Es wurde bei 14 von 17 Patienten einmalig eine Dysport®- Dosis subtenonal injiziert, bei den restlichen 3 Patienten erfolgte eine zweite Verabreichung einige Wochen nach der ersten Injektion.

Im Durchschnitt wurde bei den männlichen Patienten, bei denen zu einem späteren Zeitpunkt eine OP notwendig war, 17,3 Einheiten Dysport® gespritzt, bei den weiblichen Patienten 14,0 Einheiten Dysport®.

Bei den Patienten, bei denen im Nachhinein keine OP erforderlich war, wurde durchschnittlich bei den männlichen eine Dosis von 15,0 Einheiten Dysport® und bei den weiblichen 16,3 Einheiten Dysport® subtenonal injiziert.

Bei 3 Patienten (2 Männer, 1 Frau) wurden je 2 Behandlungen mit Botulinumtoxin in Form von Dysport® durchgeführt. Im Durchschnitt wurden bei diesen Injektionen bei den männlichen Patienten 17,5 Einheiten Dysport® und bei den weiblichen Patienten 15 Einheiten Dysport® verabreicht.

Anzahl der Botox Verabreichungen	Geschlecht	Einheiten Dysport® OP	Einheiten Dysport® Keine OP	Einheiten Dysport® Gesamtergebnis
1	Männlich	17,3	15,0	16,2
	Weiblich	14,0	16,3	15,1
2	Männlich	17,5		17,5
	Weiblich	15,0		15,0
<b>Gesamtergebnis</b>		<b>15,8</b>	<b>15,71</b>	<b>15,8</b>

Tab. 7: Durchschnittseinheiten der Botoxbehandlungen

Ein Patient mit beidseitiger Abduzensparalyse erhielt jeweils für das rechte und das linke Auge eine Dysport® Injektion zu je 14 Einheiten.

## 7. Nebenwirkungen der subtenonalen Behandlung mit Botulinumtoxin

Von den insgesamt 17 Patienten zeigten 2 innerhalb einer Woche eine geringe Ptosis. Bei diesen 2 Patienten bildete sich die Ptosis ein paar Wochen darauf zurück. 2 weitere Patienten zeigten eine leichte Überkorrektur, die jedoch am Ende der Behandlung bei beiden Patienten nicht mehr nachweisbar war.

## 8. Doppelbilder vor und nach der Botoxinjektion

Alle 17 Patienten klagten vor der Botoxbehandlung entsprechend der konvergenten Schielstellung über ungekreuzte Doppelbilder.

Nach der Botoxinjektion waren nach wie vor bei 12 Patienten im Geradeausblick Doppelbilder vorhanden, wobei sich bei manchen die Bilder etwas näher kamen. 5 Patienten waren am Ende der Behandlungszeit doppelbildfrei.

10 von den 12 Patienten, bei denen die Doppelbilder gegenwärtig waren, hatten eine Abduzensparalyse, die anderen 2 Patienten eine Abduzensparese. Alle Patienten bei denen keine Doppelbilder mehr auftraten hatten eine Abduzensparese. (Siehe Tab. 23 im Anhang)

## 9. Klinischer Verlauf nach der Botoxinjektion

Bei insgesamt 10 Patienten (7 Abduzensparalysen und 3 Abduzensparenen) wurde aufgrund eines fehlenden Wirkungseintrittes bzw. einer nicht vollständig zurückgebildeten Parese / Paralyse eine Schieloperation erforderlich. Bei 7 Patienten (3 Abduzensparalysen und 4 Abduzensparenen) war keine Operation von Nöten.

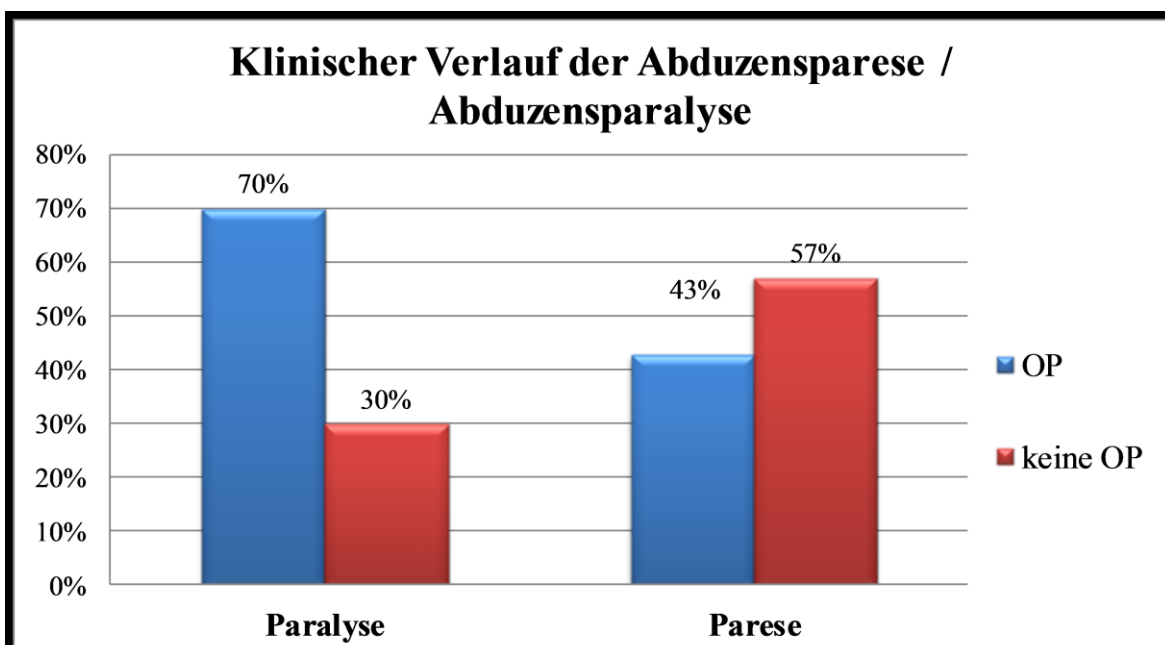


Abb. 31: Aufteilung der Abduzensparese bzw. Abduzensparalyse in OP und keine OP

Bei 70% der Patienten mit einer Abduzensparalyse musste aufgrund der fehlenden Rückbildungstendenz im Anschluss an die subtenonale Behandlung mit Botulinumtoxin eine Schieloperation durchgeführt werden.

Im Vergleich dazu mussten 43% der Patienten mit einer Abduzensparese operiert werden.

### 10. Durchschnittliche Behandlungsdauer

Zwischen der subtenonalen Botoxbehandlung und der 1. Konsultation danach vergingen bei den Patienten mit Abduzensparalyse im Durchschnitt 4,5 Wochen und bei den Patienten mit Abduzensparese im Durchschnitt 2,7 Wochen.

Der Zeitraum zwischen der Botoxbehandlung und der letzten Konsultation am Ende der Behandlung oder bis zum Tag der Aufnahme zur Schieloperation betrug bei den Patienten mit Abduzensparalyse im Durchschnitt 32,4 Wochen und bei den Patienten mit Abduzensparenen 42,2 Wochen.

<b>Parese / Paralyse</b>	<b>Zeitraum von der Botoxbehandlung bis zur 1. Konsultation danach</b>	<b>Zeitraum von der Botoxbehandlung bis Behandlungsende / vor OP</b>	<b>Zeitraum von der 1. Konsultation nach Botox bis Behandlungsende / vor OP</b>
Abduzensparalyse	4,5	32,4	27,9
Abduzensparese	2,7	42,2	39,5
<b>Gesamtergebnis</b>	<b>3,8</b>	<b>36,1</b>	<b>32,3</b>

*Tab. 8: Mittelwerte der Behandlungsdauer in Wochen*

Die Tabelle 8 beschreibt den Behandlungszeitraum zwischen der 1. Konsultation nach der Botoxbehandlung und dem Ende der Behandlung bzw. bis zum Aufnahmetag zur OP. Hier fällt auf, dass die Patienten mit Abduzensparalyse im Durchschnitt 27,9 Wochen behandelt wurden und die Patienten mit Abduzensparese 39,5 Wochen. Dies ist wahrscheinlich darauf zurückzuführen, dass bei den meisten Patienten mit einer Abduzensparalyse früher eine Schieloperation eingeplant wurde, wenn die vorangegangene subtenonale Botoxbehandlung keine Besserung versprach.

## 11. Erfolgsauswertung

Die Patienten wurden aufgeteilt in linksseitige, rechtsseitige und beidseitige Abduzensparese bzw. Abduzensparalyse. Die Auswertung des Behandlungserfolges wurde mittels der erhobenen Schielwinkel (gemessen am Tag der Botoxbehandlung; bei der ersten Konsultation nach der Behandlung und bei der letzten Konsultation oder am Tag der Aufnahme zur Schieloperation; siehe Anhang – Tabellen) berechnet. Die Winkel wurden von Orthoptistinnen der Augenklinik Graz mittels Prismen-Cover-Test und der Harmswand ausgemessen, bzw. bei nicht mehr messbaren Winkeln anhand des Hirschbergtests geschätzt.

### Allgemeine Erfolgsauswertung

Wie schon erwähnt wurden die Erfolge in Prozent (%) anhand der gemessenen Schielwinkel jedes einzelnen Patienten errechnet. Um eine allgemeine Übersicht über die gemessenen Schielwinkel zu bekommen, wurden die Patienten in die entsprechenden Gruppen aufgeteilt und ein Mittelwert der Winkel errechnet. In der unten angeführten Tabelle 9 wurden diese Werte zusammengefasst und veranschaulicht.

Parese/Paralyse	Auge	MW* vor Botoxbotoxbehandlung			MW 1. Kons. nach Botox			MW Ende d. Behandlung/vor OP		
		RB	GB	LB	RB	GB	LB	RB	GB	LB
Abduzensparalyse	links	17,5**	29,5	55	10,17	13,42	40,33	11,17	19,67	39,83
	rechts	40	22,5	2	25	-8	-40	30	22,5	7
	beide	73,3	49	65	51,7	34,8	40,8	41,2	29,5	29
Abduzensparese	links	10	18,3	28,3	4,3	7,7	23,3	6,2	2,3	4
	rechts	36,3	16,0	7,0	27,0	6,0	-2,7	22,2	15,0	16,0
	beide	60	50	80	60	55	80	60	55	80

\*MW = Mittelwert

\*\* Zahlen= Winkelmaße angegeben in Grad°

RB= Rechtsblick, GB= Geradeausblick, LB= Linksblick,

*Tab. 9: Mittelwerte der gemessenen Schielwinkel*

Es ist deutlich zu erkennen, dass die Schielwinkel in der Blickrichtung des betroffenen Auges am höchsten sind. Bei den beidseitigen Abduzensparenen bzw. Abduzensparalysen sind die Winkel im Rechtsblick und im Linksblick erhöht.

Wenn nun die einzelnen Werte betrachtet werden, ist bei der ersten Konsultation nach der subtenonalen Botoxbehandlung und auch bei den Winkeln gemessen am Ende der

Behandlung bzw. vor der OP, ein geringerer Schielwinkel zu erkennen als vor der Botoxbehandlung.

Da das Patientengut jedoch recht klein war, haben diese errechneten Werte eine hohe Standardabweichung. Die Schielwinkel jedes einzelnen Patienten können aus der Tabelle 23 (Anhang – Tabellen) entnommen werden.

Bei der Abduzensparese, gab es nur einen Patienten der an beiden Augen erkrankt ist. Hier war kein Rückgang des Schielwinkels zu erkennen.

Pat.	Schielwinkel vor Botox	Schielwinkel 1. Konsultation nach Botox	Schielwinkel Behandlungsende
1	18*	18	16
2	15	-15	-1
3	15	15	30
4	25	7	0,5
5	12,5	10	7
6	17,5	6	-0,5
7	50	9	0,5
8	33	10	22,5
9	15	2	0
10	32	17,5	20
11	17	12	30
12	30	30	45
13	50	55	55
14	22,5	-8	22,5
15	50	52	60
16	37	35	25
17	60	17,5	3,5
<b>Gesamt</b>	<b>29 ± 15,2</b>	<b>16 ± 18,4</b>	<b>20 ± 19,6</b>

\*Schielwinkel in Grad °

*Tab. 10: Schielwinkel der Patienten im Geradeausblick und deren Mittelwerte*

Um genauere Vergleiche anstellen zu können, wurden in Tabelle 10 alle Schielwinkel der Patienten im Geradeausblick, am Tag der Botoxbehandlung, am Tag der 1. Konsultation nach der Behandlung und am Behandlungsende aufgelistet, und deren Mittelwerte berechnet. Alle Patienten hatten vor der Injektion im Durchschnitt einen Schielwinkel im

Geradeausblick von  $29^\circ \pm 15,2^\circ$ , nach der Injektion einen Winkel von  $16^\circ \pm 18,4^\circ$  und am Ende der Behandlung einen Schielwinkel von  $20^\circ \pm 19,6^\circ$ .

<b>Parese / Paralyse</b>	<b>Schielwinkelmittelwerte im Geradeausblick Behandlungsbeginn</b>
Parese rechts	$16^\circ \pm 1,4^\circ$
Parese links	$18,3^\circ \pm 5,1^\circ$
Parese beidseits	$55^\circ \pm 0^\circ$
Paralyse links	$29,5^\circ \pm 11,6^\circ$
Paralyse rechts	$22,5^\circ \pm 0^\circ$
Paralyse beidseits	$49^\circ \pm 9,4^\circ$

*Tab. 11: Mittelwerte der Schielwinkel am Behandlungsbeginn im Geradeausblick*

Um die nachfolgenden Ergebnisse besser verstehen zu können, wurde die Tabelle 11 eingefügt, in der die Mittelwerte der Schielwinkel der Abduzensparesen bzw. Abduzensparalysen zum Zeitpunkt der Botoxinjektion angeführt sind.

#### **Mittelwerte des Behandlungserfolges bei Abduzensparalyse**

Mit der Erfassung der Schielwinkel der Patienten konnten die Behandlungserfolge kalkuliert werden. Diese Erfolge können in unterschiedlichster Art dargestellt werden. In der unten angeführten Tabelle 12 wurden die Patienten mit einer Abduzensparalyse abermals in linksseitige, rechtsseitige und beidseitige Abduzensparalyse eingeteilt. Die angegebenen Erfolgs-Mittelwerte vom Geradeausblick in Prozent wurden mit Hilfe der Schielwinkelunterschiede berechnet, die zwischen der Botoxbehandlung und der 1. Konsultation nach der Botoxbehandlung aufgetreten waren. Die Werte über 0% geben eine Verbesserung an, die Werte unter 0% eine Verschlechterung. Zusätzlich werden in dieser Tabelle die Schielwinkel im Geradeausblick zum Zeitpunkt der 1. Konsultation nach der Behandlung mit Botulinumtoxin angeführt. Wenn diese Tabelle mit der Tabelle 9 verglichen wird, in der die Mittelwerte der Schielwinkel am Tag der Botoxbehandlung angeführt sind, ist eine deutliche Verkleinerung der gemessenen Winkel zu erkennen. Äquivalent zu diesen Winkeln sind die Erfolgszahlen. Alle Patienten mit Abduzensparalysen haben zum Zeitpunkt der 1. Konsultation nach der Botoxbehandlung Erfolgswerte über 0%.

<b>Auge</b>	<b>Mittelwerte des Behandlungserfolges Geradeausblick</b>	<b>Mittelwerte der Schielwinkel Geradeausblick</b>
beide	24%	$34,8^\circ \pm 14,8^\circ$
links	49%	$13,4^\circ \pm 8,7^\circ$
rechts	64%	$-8^\circ \pm 0^\circ$

*Tab. 12: Abduzensparalyse – Mittelwerte des Behandlungserfolges und der Schielwinkel zum Zeitpunkt der 1. Konsultation nach der Botoxbehandlung*

Zur besseren Orientierung wurde die Tabelle 13 eingefügt um einen Überblick über das Patientengut zu geben welches an einer Abduzensparalyse erkrankt ist.

<b>Auge</b>	<b>Anzahl der Patienten mit Abduzensparalyse</b>
beide	3
links	6
rechts	1
<b>Gesamtergebnis</b>	<b>10</b>

*Tab. 13: Patienten mit Abduzensparalyse*

In Tabelle 14 wird der Erfolg am Ende der Behandlung bzw. vor der OP dargestellt. Im Vergleich zur ersten Konsultation nach der Botoxbehandlung zeigt sich bei den beidseitigen Abduzensparalysen noch eine geringe Erfolgsverbesserung und bei den linksseitigen Abduzensparalysen eine minimale Verschlechterung im Geradeausblick. Mit den angegebenen Mittelwerten der Schielwinkel, gemessen am Ende der Behandlung bzw. am Aufnahmetag zur OP, lässt sich der statistisch errechnete Erfolg leicht nachvollziehen. Im Falle der beidseitigen Abduzensparalysen stieg der Erfolgswert von 24% auf 36 % an, der Schielwinkel wurde also kleiner (von  $34,8 \pm 14,8^\circ$  auf  $29,5 \pm 23,3^\circ$ ). Bei der linksseitigen Abduzensparalyse wurde der Schielwinkel im Geradeausblick wieder größer (von  $13,4^\circ \pm 8,7^\circ$ ) und somit verkleinerte sich der Behandlungserfolg von 49% auf 23%.

Auge	Mittelwerte des Behandlungserfolges Geradeausblick	Mittelwerte der Schielwinkel Geradeausblick
beide	36%	29,5 ± 23,3
links	23%	19,7 ± 15,9
rechts	0%	22,5 ± 0

Tab. 14: Abduzensparalyse – Mittelwerte des Behandlungserfolges und der Schielwinkel am Ende der Behandlung / vor OP

Bei der rechtsseitigen Abduzensparalyse zeigt sich beim Geradeausblick auch wieder ein Rückgang des Behandlungserfolges. Beim Vergleich der Schielwinkelmittelwerte der rechtsseitigen Abduzensparalyse ist eine Vergrößerung der Schielwinkel von  $-8^\circ$  auf  $22,5^\circ$  zu erkennen.

#### Abduzensparalyse – Linkes Auge

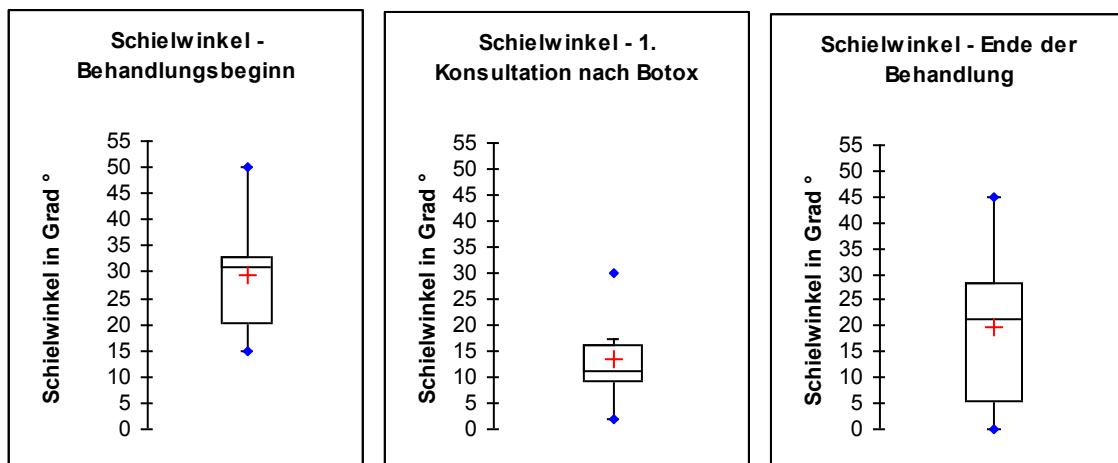
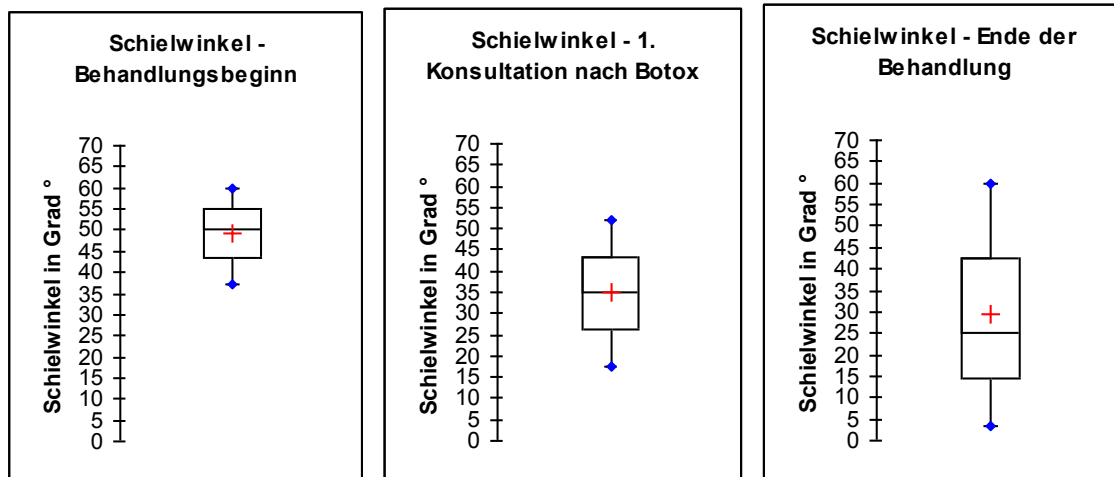


Abb. 32: Boxplot Diagramme der Patienten mit linksseitiger Abduzensparalyse vor und nach den Injektionen mit Botulinumtoxin

Die Abbildung 32 zeigt eine graphische Darstellung der Wirkungseffekte von Botulinumtoxin bei linksseitiger Abduzensparalyse. Von den gemessenen Schielwinkeln der Patienten wurden Mittelwerte (rote Kreuze), Mediane (schwarze Striche in der Mitte der Boxen), Maxima (blauer Punkt oben), Minima (blauer Punkt unten), Standardabweichungen und Quartile errechnet und mittels Boxplot – Diagrammen bildlich erfasst. Im Falle der linksseitigen Abduzensparalysen ist bei der ersten Konsultation nach

der Botulinumtoxininjektion eine Reduktion der Schielwinkel zu erkennen. Am Ende der Behandlung lagen die gemessenen Schielwinkel zwischen  $0^\circ$  und  $45^\circ$ .

Abduzensparalyse - Beide Augen



*Abb. 33: Boxplot Diagramme der Patienten mit beidseitiger Abduzensparalyse vor und nach den Injektionen mit Botulinumtoxin*

Wie schon in der Abbildung 32 dargestellt, zeigen die Boxplot Diagramme der Patienten mit beidseitiger Abduzensparalyse nach der Behandlung mit Botulinumtoxin eine Reduktion der Schielwinkel. Am Ende der Behandlung lagen die Winkel dieser Patienten zwischen  $3,5^\circ$  und  $60^\circ$ .

Abduzensparalyse – Rechtes Auge

Da nur ein Patient an einer rechtsseitigen Abduzensparalyse erkrankt war, konnte kein Boxplot Diagramm erstellt werden.

**Mittelwerte des Behandlungserfolges bei Abduzensparese**

Die Patienten, welche an einer Abduzensparese erkrankt sind, wurden ebenfalls in linksseitige, rechtsseitige und beidseitige Abduzensparese eingeteilt.

<b>Auge</b>	<b>Anzahl der Patienten mit Abduzensparese</b>
beide	1
links	3
rechts	3
<b>Gesamtergebnis</b>	<b>7</b>

*Tab. 15: Patienten mit Abduzensparese*

Wiederum wurde zur Orientierungshilfe die Tabelle 15 eingefügt, um einen Überblick über das Abduzensparenen – Patientengut zu geben.

Bei der Interpretation der Tabelle 16 zeigt sich wie schon bei den Patienten mit Abduzensparalysen ein ähnliches Bild, nur dass bei dem einzigen Patienten mit der beidseitigen Abduzensparese der Schielwinkel nach der Botoxbehandlung zunahm (von 50° im Geradeausblick auf 55°) und somit der Erfolg unter 0% lag (Behandlungserfolg zum Zeitpunkt der 1. Konsultation -10%).

Die Patienten mit einer linksseitigen Abduzensparese konnten eine Verkleinerung der Schielwinkel nach der Botoxbehandlung verzeichnen. Hier gingen die Werte von  $18,3^\circ \pm 5,1^\circ$  auf  $7,7^\circ \pm 1,7^\circ$  zurück und der Behandlungszwischenerfolg lag bei 53%.

Der Patient mit einer rechtsseitigen Abduzensparese wies keine Veränderung des Schielwinkels auf und somit blieb der Erfolg bei 0%.

<b>Auge</b>	<b>Mittelwerte des Behandlungserfolges Geradeausblick</b>	<b>Mittelwerte der Schielwinkel Geradeausblick</b>
beide	-10%	$55^\circ \pm 0^\circ$
links	53%	$7,7^\circ \pm 1,7^\circ$
rechts	67%	$6^\circ \pm 14,9^\circ$

*Tab. 16: Abduzensparese - Mittelwerte des Behandlungserfolges und der Schielwinkel zum Zeitpunkt der 1. Konsultation nach der Botoxbehandlung*

Die Schielwinkel im Geradeausblick und die Erfolgswerte in Prozent % am Ende der Behandlung bzw. am Tag der Aufnahme zur Schieloperation werden in Tabelle 15 angeführt.

Beim Vergleich der Tabelle 17 mit den Winkeln und dem Erfolg der Tabelle 16, zeigt sich bei dem Patienten mit der beidseitigen Abduzensparese keine Befundänderung.

Bei den Patienten mit einer linksseitigen Parese kann eine weitere Besserung der Schielwinkel verzeichnet werden. Diese verkleinerten sich von  $7,7^\circ \pm 1,7^\circ$  auf  $2,3^\circ \pm 3,3^\circ$ . Somit stieg der Behandlungserfolg am Ende von 53% auf 80% an.

Die Patienten mit einer rechtsseitigen Abduzensparese zeigten am Ende der Behandlung wieder einen Anstieg der Schielwinkel von  $6^\circ \pm 14,9^\circ$  auf  $15^\circ \pm 12,7^\circ$ . Der Behandlungserfolg sank somit von 67% auf 1% ab.

Auge	Mittelwerte des Behandlungserfolges Geradeausblick	Mittelwerte der Schielwinkel Geradeausblick
beide	-10%	$55^\circ \pm 0^\circ$
links	80%	$2,3^\circ \pm 3,3^\circ$
rechts	1%	$15^\circ \pm 12,7^\circ$

Tab. 17: Abduzensparese – Mittelwerte des Behandlungserfolges und der Schielwinkel am Ende der Behandlung / vor OP

Abduzensparese – Linkes Auge

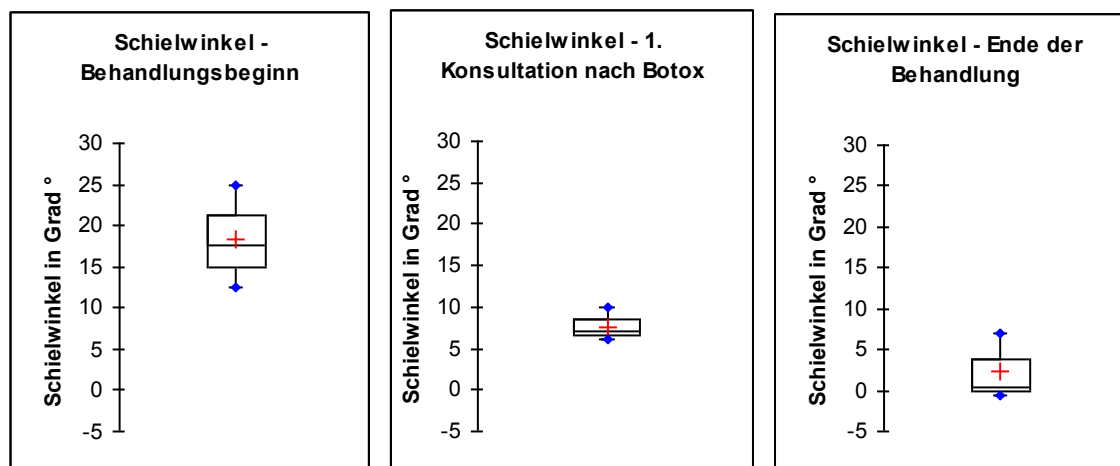
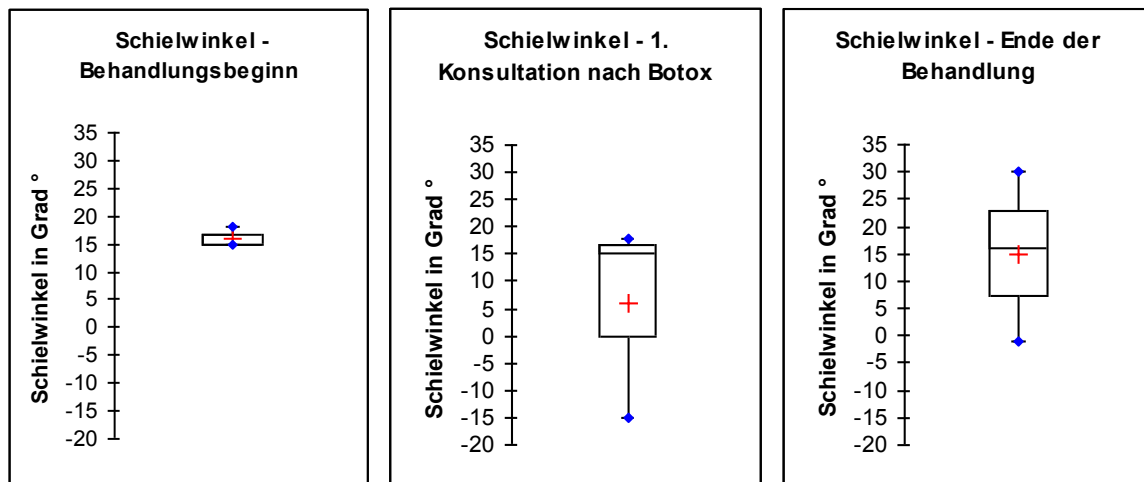


Abb. 34: Boxplot Diagramme der Patienten mit linksseitiger Abduzensparese vor und nach den Injektionen mit Botulinumtoxin

Mit Hilfe der Abbildung 34 wurde der Wirkungseffekt der Botulinumtoxininjektion bei Patienten mit linksseitiger Abduzensparese graphisch dargestellt. Von den gemessenen Schielwinkeln der Patienten wurden wiederum Mittelwerte, Mediane, Maxima, Minima,

Standardabweichungen und Quartile berechnet und mittels Boxplot – Diagrammen bildlich erfasst. Im Falle der linksseitigen Abduzensparesen ist im Laufe der Behandlung eine deutliche Reduktion der Schielwinkel zu erkennen.

Abduzensparese – rechtes Auge



*Abb. 35: Boxplot Diagramme der Patienten mit rechtsseitiger Abduzensparese vor und nach den Injektionen mit Botulinumtoxin*

In Abbildung 35 wurden die Schielwinkel der Patienten mit rechtsseitiger Abduzensparese zusammengefasst, berechnet und graphisch dargestellt. Die gemessenen Schielwinkel, bei der 1. Konsultation nach der Behandlung mit Botulinumtoxin, waren breit gestreut. Hier lag die Bandbreite der Schielwinkel bei  $-15^{\circ}$  bis  $18^{\circ}$ . Im Vergleich dazu lagen die Winkel am Beginn der Behandlung zwischen  $15^{\circ}$  und  $18^{\circ}$ . Die gemessenen Winkel am Ende der Behandlung lagen zwischen  $-1^{\circ}$  und  $30^{\circ}$ .

Abduzensparese – beide Augen

Da nur ein Patient an einer beidseitigen Abduzensparese erkrankt war, konnten keine Boxplot Diagramme dafür erstellt werden.

**Behandlungserfolg der linksseitigen Abduzensparesen / Abduzensparalysen**

<b>Pat. Alter</b>	<b>Behandlungserfolg M</b>	<b>Schielwinkel am Ende d. Behandlung M</b>	<b>Behandlungserfolg W</b>	<b>Schielwinkel am Ende d. Behandlung W</b>	<b>Gesamt</b>
19			-18%	20°	<b>-18%</b>
23	0%	30°			<b>0%</b>
24	100%	0°			<b>100%</b>
58	44%	7°			<b>44%</b>
64			-50%	22,5°	<b>-50%</b>
66	10%	45°	97%	-0,5°	<b>53%</b>
75			98%	0,5°	<b>98%</b>
88			98%	0,5°	<b>98%</b>
<b>Erfolg ges.</b>	<b>39%</b>	<b>20,5°</b>	<b>45%</b>	<b>8,6°</b>	<b>41%</b>

*Tab. 18: Mittelwerte vom Erfolg der linksseitigen Abduzensparesen/ Abduzensparalysen und Schielwinkel im Geradeausblick*

Die oben angeführte Tabelle 18 beschreibt den Behandlungserfolg bei linksseitigen Abduzensparesen und -paralysen. Dieser zeigt bei niedrigen Prozentwerten einen geringen Erfolg und bei hohen einen guten Erfolg. Die Werte, angegeben in Prozent ergeben jeweils die errechneten Mittelwerte. Um zu diesen Ergebnissen zu kommen wurden die Patienten in Männer und Frauen unterteilt und nach ihrem Alter aufgelistet. Zusätzlich wurden in der Tabelle abermals die Schielwinkel der Patienten angeführt, welche am Ende der Behandlung gemessen wurden.

Bei den Patienten mit einer linksseitigen Abduzensparesen / Abduzensparalyse gab es mehr junge Männer als Frauen und deutlich ältere Frauen als Männer.

Im Durchschnitt lag der gemessene Schielwinkel am Ende der Behandlung bei den Männern bei 20,5° und bei den Frauen bei 8,6°. Der Gesamterfolg betrug also bei den männlichen Patienten 39% und bei den weiblichen Patienten 52%. Beim Betrachten der einzelnen Patienten ist eine deutlich höhere Erfolgsrate bei den weiblichen, älteren Patientinnen zu erkennen.

Insgesamt lässt sich bei dem Patientengut mit einer linksseitigen Abduzensparesen bzw. Abduzensparalyse ein Behandlungserfolg von 41% darstellen.

### Behandlungserfolg der rechtsseitigen Abduzensparesen/ Abduzensparalysen

Bei der folgenden Tabelle 19 erfolgte die Auswertung nach demselben Schema wie schon bei der vorherigen Darstellung. Diesmal war das Patientengut etwas kleiner.

Pat. Alter	Behandlungserfolg M	Schielwinkel am Ende d. Behandlung M	Behandlungserfolg W	Schielwinkel am Ende d. Behandlung W	Gesamt
6	11%	16°			<b>11%</b>
26	-100%	30°			<b>-100%</b>
66	93%	-1°	0%	22,5°	<b>46,5%</b>
<b>Erfolg ges.</b>	<b>1%</b>	<b>15°</b>	<b>0%</b>	<b>22,5°</b>	<b>-14%</b>

*Tab. 19: Mittelwerte vom Erfolg der rechtsseitigen Abduzenspareisen bzw. Abduzensparalysen und Schielwinkel im Geradeausblick*

Bei den männlichen Patienten hat sich ein Durchschnittsalter mit einer sehr hohen Standardabweichung ergeben. Dementsprechend lässt sich anhand dieser tabellarischen Darstellung der Erfolg nicht auf das Alter zurückführen.

Insgesamt ergab die subtenonale Behandlung mit Botulinumtoxin bei den männlichen Patienten mit einer rechtsseitigen Abduzensparese bzw. Abduzensparalyse einen Durchschnittsschielwinkel von 15° und somit einen Erfolg von 1%. Bei der einzigen Frau mit einer rechtsseitigen Erkrankung änderte sich der Schielwinkel im Vergleich zum Behandlungsbeginn nicht. Der Behandlungserfolg lag hier also bei 0%.

Der gesamte Behandlungserfolg der rechtsseitig erkrankten Patienten lag bei -14%.

### Behandlungserfolg der beidseitigen Abduzenspareisen bzw. Abduzensparalysen

Im Vergleich zu den rechtsseitigen Abduzenspareisen bzw. Abduzensparalysen war auch bei den beidseitigen Paresen bzw. Paralysen das Patientengut klein.

Pat. Alter	Behandlungserfolg M	Schielwinkel am Ende d. Behandlung M	Behandlungserfolg W	Schielwinkel am Ende d. Behandlung W	Gesamt
25	32%	25°			32%
35			-20%	60°	-20%
57			42%	29°	42%
<b>Erfolg ges.</b>	<b>32%</b>	<b>25°</b>	<b>11%</b>	<b>44,5°</b>	<b>18%</b>

Tab. 20: Mittelwerte vom Erfolg der linksseitigen Abduzensparesen/ Abduzensparalysen

Der einzige Mann, der an beiden Augen erkrankt war, wies am Behandlungsende einen Schielwinkel von 25° auf, sein Behandlungserfolg lag bei 32%. Bei den Frauen war ein Erfolg von insgesamt 11% zu eruieren. Der durchschnittliche Schielwinkel bei den Frauen war 44,5°.

Zusammengefasst ergab diese Auswertung einen Durchschnitt von 18% Behandlungserfolg bei den Patienten mit einer beidseitigen Parese bzw. Paralyse.

#### **Behandlungserfolg der Abduzensparesen bzw. Abduzensparalysen gesamt**

Aus den oberen Tabellen ist zu entnehmen, dass die Patienten mit einer linksseitigen Abduzensparese bzw. Abduzensparalyse den besten Behandlungserfolg mit 41% erzielten. Die Patienten mit beidseitiger Parese bzw. Paralyse hatten einen Erfolg von 18%. Im Vergleich dazu lag der Erfolgswert bei den rechtsseitigen Paresen bzw. Paralysen im negativen Bereich, also zeigte sich somit im Durchschnitt eine Verschlechterung. Diese ging jedoch nur von einem Patienten aus, bei dem sich die Schielwinkel im Geradeausblick im Laufe der Behandlung von 15° auf 30° verschlechterten.

Pat. Alter	Behandlungserfolg M	Schielwinkel am Ende d. Behandlung M	Behandlungserfolg W	Schielwinkel am Ende d. Behandlung W	Gesamt
6	11%	16°			<b>11%</b>
19			-18%	20°	<b>-18%</b>
23	0%	30°			<b>0%</b>
24	100%	0°			<b>100%</b>
25	32%	25°			<b>32%</b>
35			-20%	60°	<b>-20%</b>
57			42%	29°	<b>42%</b>
58	44%	7°			<b>44%</b>
64			-50%	22,5°	<b>-50%</b>
66	52%	22°	49%	11°	<b>51%</b>
75			98%	0,5°	<b>98%</b>
88			98%	0,5°	<b>98%</b>
<b>Erfolg ges.</b>	<b>40%</b>	<b>17°</b>	<b>28%</b>	<b>20,5°</b>	<b>32%</b>

Tab. 21: Mittelwerte der Behandlungserfolge vom gesamten Patientengut

Die Tabelle 21 zeigt eine Zusammenfassung aller Patienten mit Abduzensparese bzw. Abduzensparalyse. Ausgenommen wurde ein Patient, bei dem der Behandlungserfolg am Ende bei -100% lag. Dieser hätte die oben angeführten mittleren Werte extrem verändert.

Die Schielwinkel der Männer lagen im Durchschnitt bei 17°, die der Frauen bei 20,5°. Ziel der Behandlung wäre ein Schielwinkel von 0°. Insgesamt stellte sich bei den männlichen Patienten ein Behandlungserfolg von 40% und bei den weiblichen Patienten ein Erfolg von 28% ein.

Bei der Zusammenfassung der männlichen und weiblichen Patienten liegt der durchschnittliche Behandlungserfolg bei 32%.

Patienten	OP	Schielwinkelmittelwerte OP	keine OP	Schielwinkelmittelwerte keine OP
M	13%	29°	79%	2°
W	1%	36°	97%	1°
<b>Gesamt</b>	<b>7%</b>	<b>32,5°</b>	<b>88%</b>	<b>1,5°</b>

Tab. 22: Erfolg und Schielwinkelmittelwerte der Patienten aufgeteilt in OP und keine OP

In Tabelle 22 wurden die Durchschnittswerte des Behandlungserfolges und der Schielwinkel der Patienten aufgelistet, bei denen nach der subtenonalen Behandlung mit Botulinumtoxin noch eine OP nötig war, bzw. der Durchschnittserfolg und die Schielwinkel der Patienten, die sich keiner OP mehr unterziehen mussten. Bei den männlichen Patienten die nach der Behandlung mit Botox noch operiert werden mussten lag der Durchschnittserfolg bei 13 % bzw. hatten die Männer die nachfolgend operiert wurden einen durchschnittlichen Schielwinkel von 29°. Bei den weiblichen Patienten, die im Nachhinein eine Operation hatten lag der Behandlungserfolg bei 1% mit einem Durchschnittsschielwinkel von 36°. Der Durchschnittserfolg bei beiden Geschlechtern, bei denen eine OP nötig war, lag bei 7% mit einem mittleren Schielwinkel von 32,5° im Geradeausblick.

Im Gegensatz dazu lag der mittlere Behandlungserfolg bei den Männern die nicht operiert werden mussten bei 79% und bei den Frauen bei 97%. Die Schielwinkel der Patienten die nicht operiert wurden lagen bei den Männern bei 2° und bei den Frauen bei 1°.

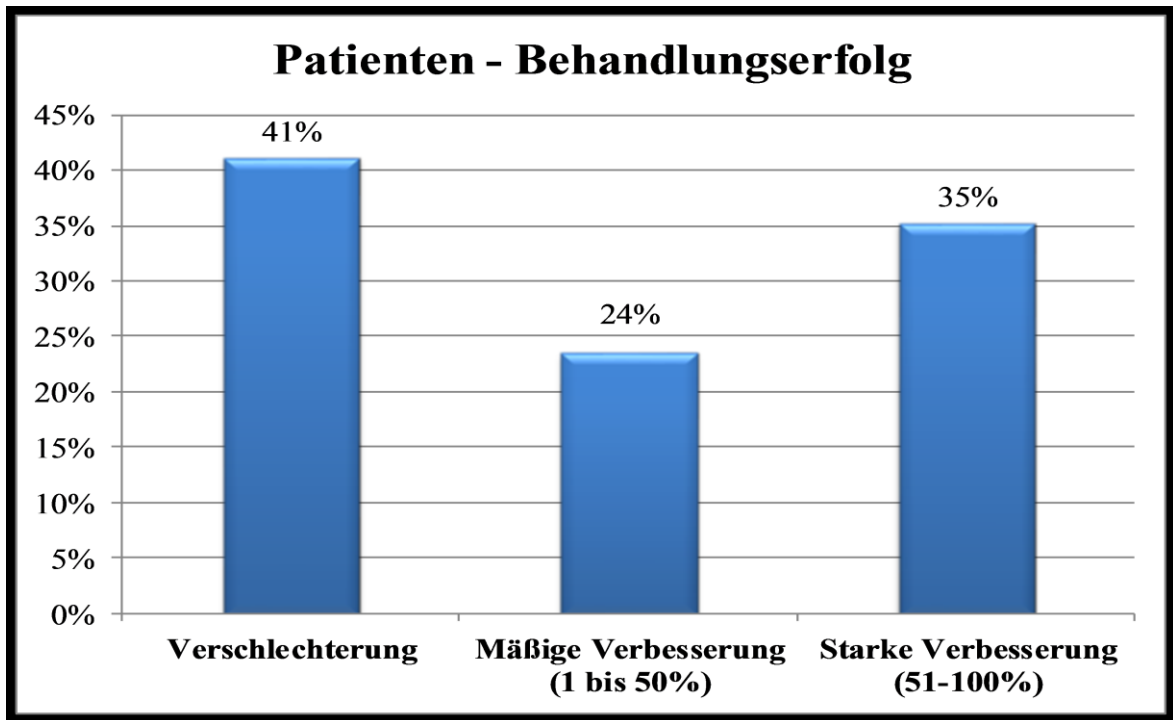
Der Durchschnittserfolg bei den Patienten bei denen keine Operation nach der Botoxbehandlung durchgeführt wurde lag insgesamt bei 88%.

<b>Erfolg in %</b>	<b>OP</b>	<b>Keine OP</b>	<b>Gesamt</b>
-100 bis -50	2		<b>2</b>
-50 bis 0	5		<b>5</b>
0 bis 50	3	1	<b>4</b>
50 bis 100		6	<b>6</b>
<b>Gesamt</b>	<b>10</b>	<b>7</b>	<b>17</b>

*Tab. 23: Erfolg in Prozent im Zusammenhang mit OP bzw. keine OP*

Die oben angeführte Tabelle 23 beschreibt nun die genaue Aufteilung des Behandlungserfolges jener Patienten die operiert wurden und von denjenigen, bei denen keine nachfolgende Operation mehr nötig war.

Hier ist sehr gut zu erkennen, dass bei den Patienten mit -100 % bis 0 % Behandlungserfolg immer eine nachfolgende Schieloperation durchgeführt wurde. Von den Patienten die einen Erfolg zwischen 0% und 50% verzeichnen konnten wurden 3 von 4 operiert. Bei den Patienten die einen Erfolg von 50% bis 100% aufwiesen erfolgte im Nachhinein keine Schieloperation.



*Abb. 36: Behandlungserfolg der Patienten*

Bei der Interpretation der Abbildung 35 ist deutlich zu erkennen, dass eine Verschlechterung (Erfolg bei -100 bis 0%) bei 7 Patienten (41%) auftrat, eine mäßige Verbesserung (Erfolg bei 1 – 50%) bei 4 Patienten (24%) und eine starke Verbesserung (Erfolg bei 51 – 100%) bei 6 Patienten (35%) sichtbar wurde.

Die Patienten, die eine starke Verbesserung verzeichnen konnten, wurden nicht operiert.

Bei 3 von 4 Patienten mit einer mäßigen Verbesserung erfolgte eine Schieloperation, 1 Patient wurde nach der Behandlung mit Botulinumtoxin nicht mehr operiert.

Bei all denjenigen, die eine Verschlechterung aufwiesen fand nachfolgend eine Schieloperation statt.

### 4.3 Diskussion

Ziel der vorliegenden Diplomarbeit war es, die Effektivität der subtenonalen Applikation von Botulinumtoxin bei Abduzensparese bzw. Abduzensparalyse zu überprüfen und die Ergebnisse mit den vorhandenen Resultaten der aktuellen Literatur zu vergleichen.

Im Rahmen einer Abduzensparese bzw. Abduzensparalyse werden aufgrund der Lähmung des Musculus rectus lateralis Doppelbilder hervorgerufen. Diese Doppelbilder können meist nur vermieden werden, wenn der Patient eine Kopfwangshaltung im Sinne einer Kopfdrehung zur Seite der Parese einnimmt oder wenn ein Auge komplett abgedeckt wird. Auch die Verwendung von Prismen als optische Sehhilfe kann zur Reduktion der Doppelbilder eingesetzt werden.

Die Behandlung einer Abduzensparese oder einer Abduzensparalyse mit Botulinumtoxin wird schon seit vielen Jahren praktiziert um den Schielwinkel zu verkleinern und den Patienten ein doppelbildfreies Sehen zu ermöglichen. Außerdem kann mittels der Botoxinjektion eine Kontraktur bzw. Fibrosierung des M. recuts medialis verhindert werden.

Bei unserer Studie wurden 17 Patienten mit einer subtenonalen Botulinumtoxin-Injektion behandelt. 13 (76,5%) Patienten hatten eine einseitige, 4 (23,5%) Patienten eine beidseitige Abduzensparese bzw. Abduzensparalyse. Die Schielwinkel vor der Behandlung mit Botulinumtoxin betragen im Durchschnitt  $29^\circ \pm 15,2^\circ$ . Am Behandlungsende betragen die Winkel  $20^\circ \pm 19,6^\circ$ . Bei 7 Patienten (41,2%) war nach der Behandlung mit Botulinumtoxin keine Schieloperation mehr erforderlich. 10 Patienten (58,8%) mussten jedoch im Nachhinein operiert werden. Die Schielwinkel unserer Patienten die nicht operiert wurden lagen im Durchschnitt bei  $1,5^\circ$  am Ende der Behandlung, und die Winkel der Patienten die operiert wurden ergaben durchschnittliche  $32,5^\circ$ .

In einer Studie von Kao LY und Chao AN wurde bei 13 Patienten mit einer traumatischen Abduzensparese Botulinumtoxin A subtenonal verabreicht. 11 Patienten (84,5%) hatten eine einseitige Parese, 2 Patienten (15,4%) eine beidseitige Parese. Der Durchschnittswert der Innenschielstellung betrug vor der Botoxinjektion  $19,8^\circ$  und nach der Injektion  $8,5^\circ$ . Bei 7 Patienten (53,8%) war die Behandlung erfolgreich, bei den restlichen 6 Patienten (46,2%) erfolgte im Nachhinein eine Schieloperation. [26]

Beim Vergleich der Studie von Kao und Chao mit unserer retrospektiven Studie fällt auf, dass ebenso eine geringe Anzahl an Patienten vorhanden war. Die einseitigen Abduzensparenen bzw. Abduzensparalysen überwiegen in beiden Studien. Die

durchschnittlichen Schielwinkel zu Behandlungsbeginn und Behandlungsende unterscheiden sich jedoch deutlich. In der Studie von Kao und Chao sind die Winkel schon zu Beginn um ca.  $10^\circ$  kleiner als die Winkel aus der Studie dieser Arbeit. Dies lässt sich wahrscheinlich darauf zurückführen, dass in der Studie von Kao und Chao nur Patienten mit einer Abduzensparese behandelt wurden und nicht so wie in unserer retrospektiven Studie auch Patienten mit Abduzensparalysen in die Auswertung mit einbezogen wurden. Beim Betrachten der Schielwinkel fällt jedoch auf, dass sie in beiden Studien nach der Botoxbehandlung um ca.  $10^\circ$  reduziert werden konnten. Die Injektion mit Botulinumtoxin scheint somit in beiden Studien die gleiche Wirkung hervorzurufen.

Bei Kao und Chao erfolgten im Nachhinein in 46,2% der Fälle eine Schieloperation, in unserer Auswertung ergab sich eine nachfolgende Operationsrate von 58,8%, da fast alle Patienten, die operiert werden mussten an einer Abduzensparalyse litten und diese nicht so gut auf die Botoxbehandlung ansprachen wie Patienten mit einer Abduzensparese.

Eine Studie von Repka et al. beschäftigte sich mit der Effektivität der Botulinumtoxintherapie bei chronischer Abduzensparese, welche länger als 5 Monate bestand. In dieser Studie wurden 22 Patienten mit Abduzensparalysen verschiedenster Ätiologien mit Botulinumtoxin unter EMG Kontrolle behandelt. Der Schielwinkeldurchschnitt vor der Botoxinjektion betrug  $20^\circ$ . Bei 9 (40,9%) von 22 Patienten verbesserte sich die Winkelstellung auf durchschnittliche  $4^\circ$ , 13 Patienten (59,1%) zeigten nur eine geringe Verbesserung (von  $20^\circ$  auf  $15,2^\circ$ ) und mussten im Nachhinein operiert werden. [34]

Wiederum waren in der Studie von Repka et al. die Schielwinkel schon zu Behandlungsbeginn kleiner als in unserer Studie, wobei dies am ehesten auf die in den ersten 6 Monaten auftretende Spontanremission bzw. partielle Rückbildung des Schielwinkels zurückgeführt werden könnte. Die Operationsrate ist mit 59,1% in etwa gleich hoch wie die der medizinischen Universität Graz 58,8%.

Eine ähnliche Studie von Metz und Dickey beschäftigt sich mit der Behandlung mit Botulinumtoxin unter EMG Kontrolle bei akuter Abduzensparese. 29 Patienten mit Schielwinkeln zwischen  $6^\circ$  und  $22,5^\circ$  wurden therapiert.

Bei 22 (75,9%) von den 29 Patienten wurde nach der Behandlung eine Wiederherstellung der kompletten Motilität gemessen. Von diesen 22 Patienten waren alle bis auf 3 doppelbildfrei. Diese 3 Patienten konnten mittels kleiner Prismenkorrekturen bzw. einer leichten Kopfwangshaltung ein Binokularsehen erreichen.

Von den restlichen 7 Patienten wurden 2 (6,9%) operiert, die anderen 5 wurden ebenso mit Prismen korrigiert. [36]

In der Studie von Metz und Dickey zeigt sich eine deutlich kleinere Operationsrate als in unserer Studie. Dies wird unter anderem auch darauf zurückzuführen sein, dass die Schielwinkel der Patienten schon zu Behandlungsbeginn zwischen  $6^\circ$  und  $22,5^\circ$  lagen und die Winkel in unserer Auswertung durch den Einschluss der Abduzensparalysen  $29^\circ \pm 15,2^\circ$  betragen. Zudem war die Operationsrate deutlich geringer und betrug nur 6,9%. Viele Patienten von Metz und Dickey, die noch kleinere Abweichungen der Schielwinkel über  $0^\circ$  aufwiesen wurden mit Prismen korrigiert.

In unserer Studie wurde bei 17 Patienten Botulinumtoxin subtenonal in Form von Dysport verabreicht. Im Durchschnitt wurden bei 14 Patienten einmalig, bei 3 Patienten zweimalig 15,8 Units Dysport injiziert. Bei den Patienten mit beidseitiger Abduzensparese / Abduzensparalyse wurde bei allen bis auf einen Patienten das stärker betroffene Auge behandelt. Dieser Patient erhielt je eine Injektion in beide Augen.

In einer 1998 veröffentlichten Studie von Lennerstrand et al. wurden unter anderem 21 Patienten mit Abduzensparese mit Botulinumtoxin unter EMG - Kontrolle behandelt. Die Patienten erhielten unterschiedliche Dosen Botox je nach Schielwinkel. Bei den Patienten die einen kleineren Schielwinkel ( $16,5^\circ$ ) vor der Therapie aufwiesen wurden 12 - 15 Units Dysport verabreicht, bei den Patienten mit größeren Abweichungen (über  $26,3^\circ$ ) wurden 15 – 25 Units Dysport injiziert. Die Schielwinkel reduzierten sich, durch die Behandlung mit Botox bei der ersten Gruppe mit den kleineren Schielwinkeln, nach den ersten 3 Monaten auf  $8^\circ$  und nach weiteren 3 Monaten auf  $6,1^\circ$ . Die Gruppe mit den größeren Schielwinkeln hatte nach 3 Monaten einen Durchschnittswinkel von  $9^\circ$  und verzeichnete nach weiteren 3 Monaten einen leichten Anstieg auf  $10^\circ$ . Somit war bei den Patienten die einen höheren Schielwinkel vor der Therapie und eine höhere Dosis Botox bekamen der Erfolg größer als bei den Patienten mit den kleineren Winkeln, jedoch waren bei den Patienten mit den höheren Dosen die Nebenwirkungen häufiger. Trotzdem mussten sich 14 (66,7%) von 21 Patienten einer Schieloperation unterziehen. [35]

In unserer retrospektiven Studie wurde, im Vergleich zur Studie von Lennerstrand et al., nicht zwischen großen und kleinen Schielwinkeln unterschieden. Alle Patienten erhielten in etwa die gleiche Dosis Dysport. Bei Lennerstrand et al. zeigt sich jedoch eine deutlichere Reduktion der Schielwinkel bei höherer Dosierung. Auch in der Studie von

Metz und Dickey waren die verabreichten Dosen, mit 25 Einheiten Dysport, hoch. Die Schielwinkel reduzierten sich von durchschnittlichen 16° auf 6° oder weniger. [35, 36] Dies lässt vermuten, dass in unserem Patientengut der Schielwinkel bei primär größeren Abweichungen mit einer höheren Dosis eventuell noch weiter zurückgegangen wäre.

Bei den meisten Studien werden die Zeitabstände von der Diagnosestellung bis zur Botoxbehandlung genau festgelegt. Bei unserer Studie waren die Zeitabstände immer unterschiedlich, da es sich um eine retrospektive Studie handelte, bei der keine vordefinierten Kontrollintervalle vorgegeben waren. Die im Rahmen dieser Studie behandelten Patienten wurden im Zeitraum von 2002 – 2012 betreut. Ein weiterer Grund für die ungleichen Zeitabstände waren die Injektionstermine, die nicht für jeden Patienten individuell vereinbart werden konnten und oft erst 1-2 Monate nach der Diagnosestellung stattfinden konnten.

Die Zeitabstände zwischen der Botoxinjektion und der ersten Konsultation danach betragen im Durchschnitt 3,8 Wochen (ca. 1 Monat). Von der Botoxinjektion bis zum Behandlungsende bzw. bis zum Tag der Aufnahme zur OP vergingen im Durchschnitt 36,1 Wochen (ca. 9 Monate). Ein Patient wurde jedoch aus dieser Wertung ausgenommen, da er die Botoxinjektionen im LKH Klagenfurt erhielt und die Zeitabstände zwischen den Konsultationen den errechneten Mittelwert erheblich erhöht hätten.

Diese Zeitabstände zwischen den einzelnen Kontrollterminen sind bei den meisten Studien exakt festgelegt. Bei unserer retrospektiven Studie konnten die Daten nicht beeinflusst werden und mussten somit aus dem vorhandenen Datensatz entnommen werden.

Zwei Studien von Murray A. befassen sich mit ebendiesem Zeitfaktor. Er unterscheidet die frühe Behandlung mit Botulinumtoxin (bis zu 8 Wochen nach dem Auftreten der Abduzensparese) mit der späten Behandlung der Abduzensparese (Bestehen der Parese seit 6 Monaten oder länger). Insgesamt 10 Patienten wurden in 2 Gruppen aufgeteilt. Die „Gruppe der frühen Behandlung“ bestand aus 6 Patienten, die „Gruppe der späten Behandlung“ aus 4 Patienten. 5 (83,3%) der 6 Patienten aus der Gruppe der frühen Behandlung wurden geheilt, bei einem Patienten musste mehrmals Botox injiziert werden und erlangte dadurch eine dauerhafte Überkorrektur. Bei den 4 Patienten aus der Gruppe der späten Behandlung konnte zwar bei allen kurz nach der Behandlung eine Überkorrektur festgestellt werden, jedoch ließ der Effekt nach und die Schielwinkel stiegen wieder an. [25]

Auch in der zweiten Studie von Murray, in der die Patienten mit akuter Abduzensparese behandelt wurden (bis 8 Wochen nach Auftreten der Parese) konnten 7 (87,6%) von 8 Patienten geheilt werden. Beim Vergleich dieser beiden Studien ist eine deutliche Besserung der akuten Abduzensparese nach der Behandlung mit Botox zu erkennen. [37]

Die Studie von TalebNejad und Eghtedari zeigt ähnliche Ergebnisse wie die von Murray. Dort erlangten 22 von 30 Patienten (73,3%) doppelbildfreies Sehen und nur 8 Patienten (26,7%) mussten sich einer Schieloperation unterziehen. Alle diese Patienten wurden innerhalb eines Monat nach Auftreten der Abduzensparese behandelt. [13]

Nachdem der Faktor Zeit in der Behandlung der Abduzensparese bzw. Abduzensparalyse eine große Rolle zu spielen scheint, wäre eine frühzeitige Behandlung (bis zu 8 Wochen nach Auftreten der Erkrankung) zu überlegen, um ein besseres Ergebnis auf lange Sicht hin zu erzielen.

In unserer Studie traten bei 4 (23,5%) Patienten Nebenwirkungen auf. 2 Patienten hatten nach der subtenonalen Botoxbehandlung eine Ptosis, 2 weitere Patienten eine Überkorrektur.

Die Patienten aus den Studien von Murray hatten viele Nebenwirkungen, wie zum Beispiel Ptosis, Hypertropie, subkonjunktivale Einblutungen und Überkorrektur zu verzeichnen, wobei die Ptosis am häufigsten auftrat. [25, 37] Auch Metz und Dickey beschrieben in ihrer Studie eine Nebenwirkungsrate von 65,5%. [36]

In der Studie von Kao und Chao wurden einige milde subkonjunktivale Einblutungen als Nebenwirkung angegeben. [26]

Lennerstrand et al. publiziert in seiner Studie, dass die Nebenwirkungen bei höherer Dosierung mit Botulinumtoxin deutlich zunahmen.[35]

Im Vergleich zu diesen Studien traten in unserer Studie wenige Nebenwirkungen auf; dies könnte einerseits an der geringen Dosis (im Durchschnitt 15,8 Units Dysport) und andererseits an der atraumatischen subtenonalen Injektion liegen.

In unserer Studie wurde genau zwischen Patienten mit einer Abduzensparese und einer Abduzensparalyse unterschieden. 7 Patienten (70%) mit Abduzensparalyse und 3 Patienten (43%) mit Abduzensparese mussten sich nach der Botoxbehandlung einer Schieloperation unterziehen. Patienten, die an einer Abduzensparalyse erkrankt waren hatten also eine höhere Tendenz eine Schieloperation zu benötigen, da der N. Abduzens vollständig gelähmt ist, und eine Spontanremission nur selten auftritt. Die Behandlung mit Botulinumtoxin kann in dem Fall die Diplopie für wenige Monate unterdrücken bzw.

verringern und eine Kontraktur des M. rectus medialis verhindern, jedoch hält dieser Effekt meist nicht lange an und das Auge befindet sich wieder in einer massiven Adduktionsstellung.

Sehr umstritten ist die Frage nach der Spontanremissionsrate. Es ist schwer zu sagen wie viele der Abduzenspareesen bzw. Abduzensparalysen sich spontan zurückbilden oder ob die vorherige Behandlung mit Botulinumtoxin darauf Einfluss hatte.

In einigen Studien wurden Patienten in eine Botox- Gruppe und in eine Gruppe mit konservativer Therapie eingeteilt. Lee et al. beschreibt in seiner Studie eine ausgeglichene Heilungsrate in beiden Gruppen. Von 22 Patienten in der Botox- Gruppe wurden 19 geheilt (86%), von 25 Patienten aus der Kontrollgruppe erlangten 20 Patienten (80%) ein doppelbildfreies Sehen. [38]

In einer anderen Studie waren 14 Patienten in der Botox- Gruppe und 19 in der konservativen Gruppe. Von diesen 14 Patienten die mit Botox behandelt wurden, konnten 64,3% geheilt werden. In der Kontrollgruppe gab es hingegen eine Heilungsrate von 26,3%. Hung et al. beschreiben hier eine deutlich höhere Heilungsrate bei den Patienten der Botox- Gruppe. [11]

Eine Studie von Holmes et al., die sich auch mit konservativer versus Botox-Therapie bei akut – traumatischer Abduzensparese befasst, zeigt, dass von 22 Patienten aus der Botox-Gruppe 73% geheilt wurden und dass bei 71% von 62 Patienten aus der konservativen Gruppe keine Diplopie im Geradeausblick mehr vorhanden war. [39]

Ein weiteres Beispiel für die Gegenüberstellung der konservativen Therapie mit der Behandlung mit Botulinumtoxin wird in Metz und Mazows Studie angeführt.

Von 31 Patienten aus der Botox- Gruppe konnten 22 Patienten (71%) geheilt werden, im Gegensatz dazu erlangten von den 52 Patienten mit konservativer Therapie nur 16 Patienten (30,8%) ihre doppelbildfreie Sicht wieder. [40]

Hier ist sehr gut zu erkennen, dass sich die Studien widersprechen. Die Studien von Holmes et al. und Lee et al. beschreiben eine ausgeglichene Heilungsrate zwischen der konservativen und der zuvor mit Botulinumtoxin behandelten Patienten. Bei Hung et al. wiederum ist der Prozentsatz der geheilten Patienten aus der konservativen Gruppe deutlich kleiner. Auch bei Metz und Mazow liegt die Heilungsrate der Patienten mit der konservativen Therapie nur bei 30,8% wobei hier jedoch die Patientenzahl in der konservativen Gruppe viel höher ist als bei der Botox – Gruppe. [11,38,39,40]

Interessanterweise wird in all diesen Studien vermerkt, dass die Verabreichung von Botulinumtoxin während der Anfangsphase der Abduzensparese am effektivsten ist.

In den meisten Studien wird zwischen akuter und chronischer Abduzensparese differenziert, deshalb wird auch oft davon gesprochen, dass die Behandlung mit Botulinumtoxin bei Patienten mit akuter Abduzensparese angewandt werden soll. Einige Studien wie die von Metz und Mazow oder die Studie von Hung et al. liefern durchaus positive Therapieergebnisse. [11,40]

Einige Studien beschreiben, dass einseitige Paresen bessere Heilungschancen haben als beidseitige Abduzensparesen, was sich in den Ergebnissen der Studie der Medizinischen Universität Graz widerspiegelt. [26,31,40] Von 13 Patienten mit einseitiger Abduzensparese bzw. Abduzensparalyse mussten 7 Patienten (53,8%) im Nachhinein operiert werden, 6 Patienten (46,2%) waren beschwerdefrei. Von den 4 Patienten mit einer beidseitigen Abduzensparese bzw. Abduzensparalyse mussten 3 Patienten (75%) operiert werden, 1 Patient (25%) hatte keine Beschwerden mehr.

Bei Metz und Mazow waren 31 Patienten in der Botox-Gruppe. 20 Patienten hatten eine einseitige Parese, 11 Patienten eine beidseitige Parese. 18 Patienten (90%) mit einer unilateralen Abduzensparese waren am Ende der Behandlung beschwerdefrei, hingegen nur 4 Patienten (36,4%) mit einer bilateralen Parese. [40]

Kao und Chao behandelten 11 Patienten mit einer einseitigen Abduzensparese und 2 Patienten mit einer beidseitigen Abduzensparese. 7 Patienten (63,6%) mit einer einseitigen Abduzensparese galten nach der Behandlung mit Botulinumtoxin als geheilt. Keiner der beiden Patienten mit einer beidseitigen Abduzensparese war am Ende der Behandlung mit Botulinumtoxin beschwerdefrei. [26]

Wie in unserer Studie wird auch bei Metz und Mazow und Kao und Chao deutlich, dass die Patienten mit einer einseitigen Abduzensparese eine deutlich höhere Heilungsrate aufzeigen. Es ist leichter ein Auge zu behandeln und den Schielwinkel somit zu verkleinern.

Bei einer beidseitigen Abduzensparese bzw. Abduzensparalyse sind die Schielwinkel schon zu Beginn meist viel größer als die Winkel bei einer einseitigen Abduzensparese bzw. Abduzensparalyse.

Botulinumtoxin wird nicht nur eingesetzt um die Winkelstellung zu verbessern, sondern es wird vor allem dafür verwendet eine Fibrosierung bzw. Kontraktur des M. rectus medialis zu verhindern.

In den 2 unten angeführten Studien werden Ansätze beschrieben, die in unserer Studie nicht genau hinterfragt wurden, aber für die Zukunft der Therapie der Abduzensparese bzw. Abduzensparalyse vielleicht interessant werden könnten.

Eine Studie von Lennerstrand et al. stützt sich dabei auf Ergebnisse von Scott & Kraft, der der Meinung ist, dass Botulinumtoxin bei Abduzensparesen die Kontraktur des Musculus rectus medialis nicht nur vorbeugt sondern auch abbaut. Außerdem könnte, laut Lee, Botox in den späteren Phasen der Abduzensparese als diagnostisches Hilfsmittel eingesetzt werden um die Aktivität des Musculus rectus lateralis zu prüfen. [35, 41, 42]

Erwähnenswert ist noch eine Studie von Al-Hibshi, der Botox während einer vertikalen Muskeltransposition injizierte um das Risiko einer vorderen Segmentischämie zu reduzieren. Er beschrieb weiters, dass eine solche Prozedur die Notwendigkeit einer Muskelresektion ersetzen könnte. [12]

#### **4.4 Konklusion**

Bei der Zusammenfassung der aktuellen Literatur ist zu erkennen, dass die genaue Definition der Abduzensparese bzw. der Abduzensparalyse wichtig ist.

Die akuten Abduzensparesen, die zirka ein Monat nach Beginn der Erkrankung mit Botulinumtoxin A behandelt werden, scheinen einen guten Therapieerfolg davonzutragen. Bei vielen Patienten, die auf diese Art und Weise therapiert wurden, konnte ein Einfachsehen wiederhergestellt werden bzw. konnte bei primär größeren Winkeln erstmals eine Prismenfolie angepasst werden.

Bei den Patienten mit Abduzensparalysen schlägt die Botulinumtoxin Therapie jeglicher Art, sei es subtenonal verabreicht oder unter EMG- Kontrolle, zwar an, jedoch müssen die allermeisten Patienten schlussendlich trotzdem schieloperiert werden.

Der Vergleich zwischen subtenonaler Botoxinjektion und einer Injektion unter EMG Kontrolle scheint keine großen Unterschiede zu Tage zu bringen. Beide Verabreichungsarten sind zumindest bei Patienten mit einer Abduzensparese wirkungsvoll und können nicht nur ein doppelbildfreies Sehen ermöglichen sondern auch die Kontraktur und Fibrosierung des Musculus rectus medialis verhindern. Zudem ist für den besseren Lebensstandard der Patienten auch der erfolgreiche kosmetische Effekt nicht zu vernachlässigen.

Bei vielen Studien, wie auch bei der Studie der Medizinischen Universität Graz ist die Schieloperationsrate der zuvor mit Botox behandelten Patienten trotzdem sehr hoch. Vor allem betroffen sind hier Patienten mit Abduzensparalysen, bei denen diese vollständigen Lähmungen nicht so gut auf die subtenonale bzw. Botoxtherapie unter EMG Kontrolle ansprechen.

Die Aufgabenstellung, die Daten der einzelnen Studien zu vergleichen stellte sich als etwas schwierig dar. Da diese Studie retrospektiv durchgeführt wurde, konnte die Erhebung der Patientendaten nicht beeinflusst werden. In Zusammenschau mit den anderen Studien ist es sehr wichtig einen konsequenten Ablauf bei jedem einzelnen Patienten mit Abduzensparese oder Abduzensparalyse zu durchlaufen. Bei der Auswertung der von der Augenklinik der medizinischen Universität Graz zur Verfügung gestellten Patientendaten hätten detailliertere Aufzeichnung zu einer genaueren Vergleichsmöglichkeit mit diversen anderen Studien führen können. Als Beispiel sollen hier die genauen Kontrolltermine der Patienten nach der Botoxbehandlung genannt werden, die in den meisten Studien exakt

definiert wurden. Natürlich lässt sich dies bei einer geplanten prospektiven Studie besser verwirklichen.

Das vorhandene Patientengut (17), dessen Daten innerhalb von 10 Jahren gesammelt wurde, lässt natürlich keine statistisch signifikante Aussage zu, da dafür viel mehr Patienten erforderlich wären.

Trotzdem sollte bedacht werden, dass auch bei diesem kleinen Patientengut bei 7 von 17 Patienten nach der subtenonalen Botulinumtoxintherapie eine Heilung erzielt werden konnte.

Aufgrund der möglichen Spontanremissionen kann nicht davon ausgegangen werden, dass alleine die subtenonale Botoxbehandlung für diesen Erfolg verantwortlich ist. Um diese Unterschiede herauszuarbeiten wären wieder weitere Studien notwendig.

## 5 Literaturverzeichnis

- [1] Lang GK. Augenheilkunde. 4. Auflage. Stuttgart: Georg Thieme Verlag Kg; 2008.
- [2] Grehn F. Augenheilkunde. 30. Auflage. Heidelberg: Springer Medizinverlag Heidelberg; 2008.
- [3] Sachsenweger M. Duale Reihe Augenheilkunde. 2. Auflage. Stuttgart: Georg Thieme Verlag; 2003.
- [4] Kanski J. Klinische Ophthalmologie. 6. Auflage. München: Elsevier GmbH; 2008.
- [5] Kaufmann H. Strabismus. 2. Auflage. Stuttgart: Ferdinand Enke Verlag; 1995.
- [6] Berlit P, Reinhardt- Eckstein J, Krause KH. Die isolierte Abduzensparese – eine retrospektive Studie an 165 Patienten. Fortschr. Neurol. Psychiat. 1988; 57: 32-40.
- [7] Hopf HC, Kömpf D. Erkrankungen der Hirnnerven. 1. Auflage. Stuttgart: Georg Thieme Verlag KG; 2006.
- [8] Augustin AJ. Augenheilkunde. 3. Auflage. Berlin Heidelberg: Springer Verlag Berlin Heidelberg; 2007.
- [9] Goodwin D. Differential diagnosis and management of acquired sixth cranial nerve palsy. Optometry 2006; 77: 534-539.
- [10] Acheson JF, Bentley CR, Schallo – Hoffmann J, Gresty M A. Dissociated effects of botulinum toxin chemodenervation on ocular deviation and saccade dynamics in chronic lateral rectus palsy. British Journal of Ophthalmology 1998; 82: 67-71.
- [11] Hung HL, Kao LY, Sun MH. Botulinum toxin treatment for acute traumatic complete sixth nerve palsy. Eye 2005; 19: 337-341.
- [12] Al – Hibshi N. Vertical Muscles Transposition with Medial Rectus Botulinum Toxin Injection for Abducens Nerve Palsy. JKAU: Med. Sci. 2009; 16 (2) : 43-49.
- [13] TalebNejad et al. Botulinum Toxin- A Injection in Acute Sixth Nerve Palsy. Iranian Journal of Ophthalmology 2006; 19 (3) : 34-37
- [14] Lang J. Strabismus – Diagnostik, Schielformen, Therapie. 5. Auflage. Bern: Verlag Hans Huber; 2003.
- [15] Kolling GH. Zur Therapie der Abduzensparalyse. Ophthalmologie 2001; 98: 1169-1175.
- [16] Reynolds J, Coats D. Transposition Procedures for Sixth Nerve Palsy. Journal of Pediatric Ophthalmology & Strabismus. 2009; 46 (6): 324-326.

- [17] Ejzenbaum F, Radd Ferreira Pinto J, Ramos Souza – Dias C, Goldchmit M. Treatment outcomes in VI nerve palsy corrected by Carlson& Jampolsky technique. *Arq Bras Oftalmol.* 2007; 70 (6) : 967-70.
- [18] Lanzl I, Mertè R, Roggenkämper P. Anwendung von Botulinumtoxin in der Augenheilkunde. *Klin Monatsbl Augenheilkd* 2009; 226: R1-R12.
- [19] Krzizok T. Botulinumtoxin – Injektionen zur Behandlung von Strabismus. *Ophthalmologe* 2007; 104: 759-762.
- [20] Kreyden O, Geiges M, Böni R, Burg G. Botulinumtoxin: Vom Gift zum Medikament. *Hautarzt* 2000; 51: 733-737.
- [21] Roggenkämper P, Wabbels B, Nüssgens Z. Botulinumtoxin in der Augenheilkunde. *Deutsches Ärzteblatt.* Jg. 102 Okt. 2006; 41: 2782-2787.
- [22] Fitzsimons R. et al. The Role of Botulinum Toxin in the Management of Sixth Nerve Palsy. *Eye* 1989; 3: 391-400.
- [23] Fechner P, Teichmann K. *Medikamentöse Augentherapie.* 4. Auflage. Stuttgart: Georg Thieme Verlag; 2000.
- [24] Kowal L, Wong E, Yahalom C. Botulinum Toxin in the treatment of strabismus. A review oft ist use and effects. *Disability and Rehabilitation.* December 2007; 29 (23): 1823-1831.
- [25] Murray A. Early and late botulinum toxin treatment of acute sixth nerve palsy. *Australian and New Zealand Journal of Ophthalmology* 1989; 17 (3): 239-245.
- [26] Kao L.Y, Chao A.N. Subtenon Injection of Botulinum Toxin for Treatment of Traumatic Sixth Nerve Palsy. *Journal of pediatric ophthalmology & strabismus.* 2003; 40: 27-30.
- [27] Wikipedia, <http://de.wikipedia.org/wiki/Botulinumtoxin>, Zugriff am 23. Februar 2012.
- [28] Medis, Dysport, Zugriff am 29. Februar 2012.
- [29] The Oculist,  
<http://www.oculist.net/downaton502/prof/ebook/duanes/pages/v6/v6c090.html> Zugriff am 12. März 2012.
- [30] Augenarzt Stadt Wien,  
<http://www.stadt-wien.at/branchen/gesundheit/augenarzt.html> Zugriff am 13.3. 2012.
- [31] Gesundes Auge, <http://www.gesundesauge.at/sehschule.html> Zugriff am 13.3.2012.
- [32] Augenarzt Salzburg, <http://augenarztsalzburg.com/schoenheit/botox/index.html> Zugriff am 13.3.2012.

- [33] Cosmetic Surgery, <http://www.youuniquecosmeticsurgery.com/medspa-dysport.php>  
Zugriff am 13.3.2012.
- [34] Repka M, Lam GC, Morrison NA. The Efficacy of Botulinum Neurotoxin A for the Treatment of Complete and Partially Recovered Chronic Sixth Nerve Palsy. *Journal of Pediatric Ophthalmology & Strabismus*. 1994; 31: 79-83.
- [35] Lennerstrand G, Nordbø OA, Tian S, Eriksson – Derouet B, Ali T. Treatment of strabismus and nystagmus with botulinum toxin type A. *Acta Ophthalmologica Scandinavia*. 1998; 76: 27-37.
- [36] Metz HS, Dickey CF. Treatment of Unilateral Acute Sixth – nerve Palsy With Botulinum Toxin. *American Journal of Ophthalmology*. 1991; 112: 381-384.
- [37] Murray A. Early Botulinum Toxin Treatment of Acute Sixth Nerve Palsy. *Eye*. 1991; 5: 45-47.
- [38] Lee J, Harris S, Cohen J, Cooper K, MacEwen C, Jones S. Results of a Prospective Randomized Trial of Botulinum Toxin Therapy in Acute Unilateral Sixth Nerve Palsy. *Journal of Pediatric Ophthalmology & Strabismus*. 1994; 31: 283-286.
- [39] Holmes JM, Beck RW, Kip KE, Droste PJ, Leske DA. Botulinum toxin treatment versus conservative management in acute traumatic sixth nerve palsy or paresis. *Journal of AAPOS*. 2000; 4 (3): 145-149.
- [40] Metz HS, Mazow M. Botulinum toxin treatment of acute sixth and third nerve palsy. *Graefe's Archive for Clinical and Experimental Ophthalmology*. 1988; 226 (2): 141 - 144.
- [41] Scott AB, Kraft SP. Botulinum toxin injection in the management of lateral rectus paresis. *Ophthalmology*. 1985; 92:676-683.
- [42] Lee JP. Modern management of sixth nerve palsy. *Australien and New Zealand Journal of Ophthalmology*. 1992; 20: 41-46.

## Anhang : Tabellen

Pat.	Parese/Paralyse	M/W	Alter	Auge	Ursache	Dysport Einheiten	Nebenwirkungen	OP	DB nach Botox
1	Paralyse	W	19	links	Schwannom	12	keine	ja	DB
2	Paralyse	M	23	links	SHT	20	keine	ja	DB
3	Paralyse	M	24	links	SHT	15	keine	nein	DB im Linksblick
4	Paralyse	M	25	beide Li>Re	SHT	14	keine	ja	DB
5	Paralyse	W	35	beide Li>Re	SHT	14	keine	ja	DB
6	Paralyse	W	57	beide	SHT	20 in jedes Auge	keine	nein	gelegentliche DB
7	Paralyse	W	64	links	Schwannom	15	Ptosis	ja	DB
8	Paralyse	W	66	rechts	SHT	15	keine	ja	DB
9	Paralyse	M	66	links	Hirnstammcavernom	2 mal je 15	keine	ja	DB
10	Paralyse	W	88	links	SHT	15	keine	nein	DB bei Müdigkeit
11	Parese	M	6	rechts	SHT	18	Ptosis	ja	keine DB aber KZH
12	Parese	M	26	rechts	SHT	2 mal je 20	keine	ja	DB
13	Parese	W	57	beide	SHT	2mal je 15	keine	ja	DB
14	Parese	M	58	links	Anteriorischämie	15	keine	nein	keine DB
15	Parese	M	66	rechts	Diabetes mellitus	15	keine	nein	keine DB
16	Parese	W	66	links	arterieller Hypertonus	15	keine	nein	keine DB
17	Parese	W	75	links	keine Angabe	15	keine	nein	keine DB

DB= Doppelbilder

KZH= Kopfwangshaltung

Tab. 24: Allgemeine Übersichtsdarstellung über das Patientengut

Pat.	Parese/Paralyse	Winkel bei der 1. Konsultation		Winkel b.d. 1. Kons. nach der Botoxbeh.		Winkel am Ende der Behandlung/vor OP		Erfolg 1. Kons. Geradausblick	Erfolg Ende Geradausblick			
		Rechtsblick	Geradausblick	Linksblick	Linksblick	Rechtsblick	Geradausblick			Linksblick		
1	Paralyse	9	33	50	7	9	15	2	0,5	5	73%	98%
2	Paralyse	9	15	45	9	10	45	12,5	22,5	50	33%	-50%
3	Paralyse	15	32	50	2	2	15	0,5	0	4	94%	100%
4	Paralyse	7	17	60	6	17,5	60	7	20	60	-3%	-18%
5	Paralyse	15	30	55	7	12	37	15	30	50	60%	0%
6	Paralyse	40	22,5	2	25	-8	-40	30	22,5	7	64%	0%
7	Paralyse	50	50	70	30	30	70	30	45	70	40%	10%
1	Parese	45	18	8	40	18	9	16	16	23	0%	11%
2	Parese	6	25	45	-6	7	45	7	0,5	2	72%	98%
3	Parese	15	12,5	15	15	10	10	10	7	7	20%	44%
4	Parese	24	15	8	1	-15	-22	0,5	-1	2	200%	93%
5	Parese	40	15	5	40	15	5	50	30	23	0%	-100%
6	Parese	9	17,5	25	4	6	15	1,5	-0,5	3	66%	97%
1	Paralyse bds.	70	50	70	70	52	70	70	60	70	-4%	-20%
2	Paralyse bds.	70	37	45	60	35	30	50	25	15	5%	32%
3	Paralyse bds.	80	60	80	25	17,5	22,5	3,5	3,5	2	71%	94%
4	Parese bds.	60	50	80	60	55	80	60	55	80	-10%	-10%

Tab. 25: Schielwinkelmessungen aller Patienten angegeben in Grad° und Erfolg in %

## Anhang: Auswertungsbogen

Name: \_\_\_\_\_ Geburtsdatum: \_\_\_\_\_ Geschlecht: m  w

Behandlung in der Schielabteilung von: \_\_\_\_\_ bis: \_\_\_\_\_

Alter bei Diagnosestellung der Abduzensparese/ Abduzensparalyse:

Abduzensparese  Abduzensparalyse

Linkes Auge  Rechtes Auge  Beide Augen

Ursache der Parese/ Paralyse:

Schielwinkel (Ferne) bei Diagnosestellung/ vor Botoxinjektion:

<u>Rechtsblick</u>	<u>Geradeausblick</u>	<u>Linksblick</u>

Datum der ersten Konsultation:

Datum der Botoxbehandlung:

Wieviele Botoxeinheiten wurden injiziert:

Datum der 2. Botoxbehandlung + Einheiten (falls durchgeführt):

Schielwinkel (Ferne) bei der 1. Konsultation nach der subtenonalen Botoxinjektion:

<u>Rechtsblick</u>	<u>Geradeausblick</u>	<u>Linksblick</u>

Datum der ersten Konsultation nach der Botoxinjektion:

Nebenwirkungen der Botoxbehandlungen: Ja  welche \_\_\_\_\_ Nein

Doppelbilder vorhanden nach Botoxinjektion: Ja  Nein

Schielwinkel (Ferne) am Ende der Behandlung / oder vor OP:

<u>Rechtsblick</u>	<u>Geradeausblick</u>	<u>Linksblick</u>

Datum der letzten Konsultation bzw. Tag der Aufnahme zur OP:

Schieloperation trotz vorheriger Botoxinjektion: Ja  Nein