

Prismenüberkorrektur bei großem Anomaliewinkel nach Konvergenzoperation

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

vorgelegt von
Andreas Kretzschmar
aus Berlin

Gießen, 2008

Aus der Klinik und Poliklinik für Augenheilkunde
des Fachbereichs Medizin der Justus-Liebig-Universität Gießen
Direktorin: Prof. Dr. med. Birgit Lorenz

Gutachter: Prof. Dr. med. M. Gräf

Gutachter: Prof. Dr. med. G. Nöll

Tag der Disputation: 10.03.2009

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	6
1.1	Lagen, Stellungen und Bewegungen des Auges	7
1.2	Schielen	9
1.2.1	Manifestes Innenschielen	9
1.2.2	Latentes Innenschielen	10
1.3	Visuelle Perzeption	11
1.4	Beidäugiges Sehen unter normalen und pathologischen Bedingungen	12
1.5	Korrespondenz	14
1.5.1	Normale Korrespondenz	14
1.5.2	Anomale Korrespondenz	16
1.5.3	Zentral- und Fixierpunktskotom	17
1.5.4	Korrespondenzprüfung	17
1.6	Prismenüberkorrektur	18
1.7	Ziel der Studie	20
2	Patienten und Methoden	21
2.1	Patienten	21
2.1.1	Gruppe 1	21
2.1.2	Gruppe 2	23
2.2	Methoden	23
2.2.1	Prüfung der zentralen Sehschärfe (Visusprüfung)	24
2.2.2	Abdecktest (Covertest)	24
2.2.2.1	Einseitiger und simultaner Abdecktest	24
2.2.2.2	Wechselseitiger (alternierender) Abdecktest	25
2.2.3	Schielwinkelmessung	25
2.2.4	Korrespondenzprüfung	26
2.2.5	Prismenfrageversuch	27
2.2.6	Bestimmung des Anomaliewinkels	28
2.2.7	Operationen	29

2.2.7.1	Kombinierte Konvergenzoperation	29
2.2.7.2	Medialis-Fadenoperation (Medialis-Myopexie)	29
2.2.7.3	Operation am M. obliquus inferior	30
2.2.8	Postoperatives Vorgehen	30
2.2.8.1	Schielwinkelmessung	30
2.2.8.2	Prismenüberkorrektur	31
2.2.9	Statistische Analyse	31
2.2.10	Graphische Darstellung	32
3	Ergebnisse	33
3.1	Gruppe 1	33
3.1.1	Präoperative Befunde	33
3.1.2	Operationen	33
3.1.3	Postoperative Befunde	33
3.2	Gruppe 2	35
3.2.1	Präoperative Befunde	35
3.2.2	Operationen	35
3.2.3	Postoperative Befunde	35
3.3	Vergleich Gruppe 1 - Gruppe 2	36
3.3.1	Präoperative Schielwinkel	36
3.3.2	Relative Operationsstrecken	37
3.3.3	Postoperative Schielwinkel	37
3.3.4	Anomaliewinkel	39
4	Diskussion	40
4.1	Grundlagen binokularer Korrespondenz	40
4.2	Anomale Korrespondenz	41
4.3	Beeinflussung der ARK durch Operation der Prismenüberkorrektur	43
4.4	Gruppenvergleich, Wertung der eigenen Ergebnisse	46

5	Zusammenfassung	51
5.1	Abstract	53
6	Literatur	54
7	Anhang	60
	Glossar	63
	Publikationsverzeichnis	64
	Erklärung	64
	Danksagung	65

1 Einleitung

Die Prävalenz des manifesten Schielens in Mitteleuropa wird mit 5,3 bis 7,4% angegeben (de Decker 2004), dabei leiden 4/5 der Patienten an einem Innenschielen (de Decker und Tessmer 1973; Haase und Mühling 1979). Bei der Behandlung dieser Patienten, insbesondere bei Kindern, ist ein guter Kompromiss aus frühzeitiger Operation und möglichst guter Vorhersagbarkeit des postoperativen Schielwinkels zu finden. Voraussetzung für eine schielwinkelbezogene Dosierung sind eine genaue Untersuchung und eine ausreichende Mitarbeit der Patienten. Bei Schielwinkeln von mehr als 20° kann eine erste Operation schon im Alter von 2 Jahren erfolgen, da hier - abhängig allerdings von der Operationsstrategie und -dosierung - ohnehin häufig ein zweiter Eingriff, bzw. ein Eingriff am zweiten Auge notwendig wird (Kaufmann 2004 b; Wright et al. 1994; Wright 2007). Bei Schielwinkeln von weniger als 20° ist nach den Ergebnissen der Early vs. Late Infantile Strabismus Surgery Study (ELISSS) in ca. 20% der Fälle bis zum 6. Lebensjahr eine spontane Winkelabnahme möglich, die einen operativen Eingriff entbehrlich macht (Simonsz et al. 2005). In der Regel wird die Operation des kindlichen Schielens in Deutschland ab dem 5. Lebensjahr durchgeführt. In diesem Alter arbeiten die Kinder meist gut mit, und man kann ausreichend sichere Werte bezüglich der Schielwinkel und der Sehschärfe erheben. Das Letztere ist im Hinblick auf die Erfordernis einer Amblyopiebehandlung (Schwachsichtigkeit) von Bedeutung, bei der man sich, solange noch ein genügend großer Schielwinkel vorliegt, am okulären Führungsverhalten orientieren kann. Bei einem kleinen, unauffälligen Schielwinkel kann ein einseitiges Schielen übersehen werden, und es kann sich unbemerkt eine Amblyopie auf dem schielenden Auge entwickeln. Des weiteren tragen sichere Schielwinkelmessungen dazu bei, durch eine genaue, winkelbezogene Operationsdosierung die Ergebnisse besser vorhersehbar zu machen.

Es wäre wünschenswert, wenn sich bei einer Operation im Kindesalter die Formbarkeit des visuellen Systems, insbesondere der binokularen Zusammenarbeit nutzen ließe. Bei einigen Patienten mit frühkindlichem Innenschielen, die präoperativ keine binokulare Funktion zeigten, konnte nach erfolgreich durchgeführter Operation eine teilweise deutliche Verbesserung festgestellt werden (Kaufmann 2004 b; Esser et al. 1981; de Decker 1984; Tyachsen et al. 2004). Diese Entwicklung ist jedoch an eine beidseitig gute Sehschärfe und an

einen kleinen postoperativen Schielwinkel gebunden (Lang 1982 a). Vergleichbar mit den Erfahrungen in der Amblyopiebehandlung, bei der die Formbarkeit des visuellen Systems in den ersten Lebensjahren am besten ist und schon im Vorschulalter deutlich abnimmt (Lit. in Haase und Gräf 2004), empfiehlt es sich, auch bezüglich des Binokularsehens eine Behandlung bis zum 6. Lebensjahr vorzunehmen. Eine generelle Empfehlung zur Frühoperation im ersten Lebensjahr im Hinblick auf Entwicklung eines besseren Binokularsehens ist jedoch nicht sinnvoll (de Decker 1986; de Decker 1997; de Decker et al. 1987; Deller 1988; Kaufmann 1982; Kaufmann et al. 1997).

Nach Langs Auffassung ist ein Mikrostrabismus, d.h. ein Schielen mit einem kleinen, äußerlich unauffälligen Schielwinkel und anomaler Zusammenarbeit, bzw. Sehrichtungsgemeinschaft, also anomaler Korrespondenz beider Augen in diesem kleinen Winkel, das beste Ergebnis, welches man nach einer Operation eines frühkindlichen Innenschielens erreichen kann (Lang 1982 a). Einige Patienten stellen schon kurze Zeit später erneut einen relativ großen esotropen Schielwinkel (Innenschielwinkel) ein. Dies wird mit der anomalen retinalen Korrespondenz (ARK) im visuellen Kortex (siehe Kap. 1.5), also einer zentralen Verschaltung der der Sehgrube (Foveola) des fixierenden Auges entsprechenden Neurone mit Neuronen, welche von der korrespondierenden Netzhautstelle des abweichenden Auges aktiviert wurden, begründet. Die anomale Korrespondenz wird vermutlich etabliert, um bei konstantem Schielwinkel die immer mit dem gleichen Abstand und Bezug zueinander auftretenden Sinneswahrnehmungen beider Augen für ein binokulares, eventuell auch räumliches Sehen zu nutzen.

1.1 Lagen, Stellungen und Bewegungen des Auges

Zur Orientierung und Verständigung ist für die Lage der Augen zueinander und ihre Beziehung zum knöchernen Schädel der Begriff der Ruhelagen geprägt worden. Die menschliche Orbita hat die Form einer auf der Seite liegenden Pyramide, deren Spitze in Richtung des Hinterkopfes weist. Die Mittellinien von der Spitze zur Basis beider Augenhöhlen divergieren in horizontaler Richtung. Die darin liegenden Augen mit ihrem Muskel-, Nerven- und Fettgewebe zeigen oft auch beim Nichtschielenden eine divergente Stellung. Diese Situation tritt beispielsweise im Schlaf ein und wird *physiologische Ruhelage*

genannt. Fehlt jegliche Innervation und Ruhespannung, wie z.B. beim Toten, spricht man von *absoluter Ruhelage*. Im Wachzustand kommt die Grundspannung und die Innervation der Muskeln hinzu (Kaufmann und Steffen 2004). Wenn man die Sinneseindrücke beider Augen, beispielsweise durch Abdecken eines Auges optisch trennt und damit die Fusion unterbricht, bleiben die Gesichtslinien beider Augen, die direkten Verbindungen der Foveolae zum fixierten Objekt, beim Nichtschielenden (Orthophoren) in ihrer ursprünglichen Richtung auf das Fixierobjekt gerichtet, beim latent Innenschielenden (Esophoren) laufen sie infolge der Esodrift des abgedeckten Auges zusammen, kreuzen sich also nicht im, sondern schon vor dem fixierten Objekt und beim latent Außenschielenden (Exophoren) laufen sie auseinander. Diese Situation wird *fusionsfreie Ruhelage* genannt.

Der geradeaus gerichtete Blick bei gerader Kopf- und Körperhaltung wird vereinbarungsgemäß *Primärstellung* genannt (Kaufmann und Steffen 2004). Durch reine Horizontal- und Vertikalduktion in der Fickschen Z- oder X- Achse (Fick 1854; Fick 1858) gelangt das Auge in die *Sekundärstellungen*. Diese sind durch das Fehlen einer Tertiärneigung charakterisiert (von Graefe 1867). In den Sekundärstellungen stimmt somit die objektive Senkrechte mit dem vertikalen Netzhautmeridian überein (Kaufmann und Steffen 2004). Alle anderen Stellungen des Auges bezeichnet man als *Tertiärstellungen*. Charakteristisch ist hierbei die Tertiärneigung (von Tschermak-Seysenegg 1937), eine Verrollung (Zykloduktion) des Auges in der Frontalebene. Auf welchem Weg eine bestimmte Tertiärstellung erreicht wird, ist für das Ausmaß der Tertiärneigung ohne Belang. Auch eine reine Zykloduktion oder Rollung um die Y-Achse, beispielsweise im Rahmen der okulären Gegenrollung bei seitlicher Kopfnegung endet in einer *Tertiärstellung*.

Während die Stellungen die Lage eines Auges in der Orbita und der Begriff der Duktion die Bewegung des einzelnen Auges beschreiben, werden konjugierte Drehbewegungen beider Augen, also Drehungen beider Augen um parallele Achsen bei gleicher Drehrichtung als *Version* bezeichnet (Kaufmann und Steffen 2004). Blickwendungen nach rechts werden *Dextroversion* und Wendungen nach links *Lävoversion* genannt. Entsprechend werden konjugierte Bewegungen der Gesichtslinien nach oben *Supraversion* und nach unten *Infraversion* und gleichsinnige Rollbewegungen beider Augen bei konjugierter Rollung der

Augen im Uhrzeigersinn (bei Betrachtung von vorn) als *Laevozykloverision* und gegen den Uhrzeigersinn als *Dextrozykloverision* bezeichnet.

Werden die Augen mit entgegengesetzter Drehrichtung um diese Achsen gedreht (disjugierte Drehbewegung), so spricht man von *Vergenz*. Eine Bewegung, die ein Überkreuzen der Gesichtslinien vor den Augen zur Folge hat, nennt man *Konvergenz*. Diese kann man z.B. bei Naheinstellung beobachten. Schneiden sich die Gesichtslinien hinter den Augen, nennt man diese Bewegung *Divergenz*. Ebenso werden *Vertikaldivergenz*, bzw. *vertikale Vergenz* bei gegenläufiger Bewegung der Gesichtslinien in der Höhe und *Zyklovergenz* bei unterschiedlichen Verrollungsrichtungen beider Augen beschrieben. Die wesentliche Funktion vergenter Augenbewegungen bei korrespondierendem Binokularsehen besteht darin, die optischen/ abbildungsgleichen Voraussetzungen für die sensorische Fusion der Seheindrücke beider Augen zu schaffen (fusionale Vergenz).

1.2 Schielen

Beim Schielen kreuzen sich die Gesichtslinien beider Augen nicht im fixierten Objekt oder sie kreuzen sich im Fixationsobjekt, sind jedoch gegeneinander verrollt. Es gibt verschiedene Formen des Schielens. Die häufigste Form ist das frühkindliche Innenschielen. Es tritt besonders bei Kindern in Mitteleuropa zwischen dem ersten und dritten Lebensjahr auf.

1.2.1 Manifestes Innenschielen

Beim manifesten Innenschielen weicht die Gesichtslinie des schielenden Auges schon unter natürlichen Sehbedingungen gegenüber der normalen Gesichtslinie zur Nase hin ab. Die Seite des schielenden Auges kann, je nach Sehanforderungen, variieren. Die Augen befinden sich also in einer Konvergenzstellung. Diese Schielform nennt man Esotropie (Rüßmann et al. 2004 b; de Decker 2004). Dabei entstehen aufgrund der unterschiedlichen Abbildungsorte der betrachteten Objekte auf den Netzhäuten des rechten und des linken Auges zwei unterschiedliche Projektionen in den visuellen Kortex, die nicht mehr fusioniert werden können. Die resultierenden Doppelbilder und die Konfusion (zwei unterschiedliche Seheindrücke am selben Ort) würden die Orientierung im Raum erheblich stören. Daher war

es evolutionsbiologisch vermutlich sinnvoll, dass in dieser Situation ein Bild unterdrückt wird. Tritt das Schielen im Kindesalter auf, so kommt es rasch zur wenigstens teilweisen Suppression des Seheindrucks eines Auges (Haase und Gräf 2004). Die Suppression wechselt anfänglich spontan und je nach Anforderung, d.h. die Patienten führen wahlweise mit dem einen oder anderen Auge. So wechseln viele Patienten entweder spontan (alternierendes Schielen), oder beim Blick zur Seite des im Geradeausblick nichtschielenden Auges die Führung und fixieren nun mit dem vorher abweichenden Auge, während das vorher fixierende Auge gegenüber der Normalstellung zur Nase hin abweicht. Meist entwickelt sich jedoch zufällig eine Bevorzugung eines Auges (Prävalenz) und das Bild des anderen Auges wird dauerhaft unterdrückt. Da das visuell-kognitive System beim Menschen erst nach der Geburt ausreift, wird die ständige Unterdrückung des Seheindrucks eines Auges während der sensiblen Phase zu seiner Minderrepräsentation im visuellen und weiterverarbeitenden Kortex führen. Die daraus resultierende Sehschwäche dieses Auges wird nach ihrer auslösenden Ursache als Dislokationsamblyopie bezeichnet (Haase und Gräf 2004; Hamburger 1949; Crone 1973 c). Da die Plastizität des Gehirns diesbezüglich in den ersten Lebensjahren zunehmend verloren geht, ist eine Entwicklung der Sehschärfe später kaum mehr möglich. Umgekehrt können Patienten, bei denen ein Schielen erst im späteren Alter erstmals auftritt, den doppelten Seheindruck oft nicht mehr unterdrücken, nehmen also regelmäßig Doppelbilder und Konfusion wahr.

1.2.2 Latentes Innenschielen

Liegt der Schielwinkel und damit der Bildabstand unter einem bestimmten, individuellen Wert, so kann diese Abweichung unter natürlichen Sehbedingungen aktiv durch fusionale Vergenz ausgeglichen werden. Diese Schielform nennt man verstecktes (latentes) Innenschielen, oder Esophorie (Rüßmann et al. 2004 b). Der Schielwinkel ist nur mit bestimmten Untersuchungsmethoden, z.B. objektiv mit dem alternierenden Prismenabdecktest oder subjektiv anhand der Angaben des Patienten bei diagnostischer Dissoziation der Seheindrücke beider Augen, nachweisbar oder er fällt auf, wenn das System durch Müdigkeit, Medikamenteneinfluss oder andere Faktoren dekompenziert und in die Phase der Tropie übergeht. Die binokulare Funktion wird sich im kompensierten Stadium von der bei normaler Sehentwicklung in orthophoren Individuen nicht unterscheiden. Die Patienten sind entweder

nicht oder durch die asthenopischen Beschwerden gestört, die während der Dekompensationsphasen entstehen oder durch die fusionale Vergenz verursacht werden. Die Phorie wird auffällig, wenn die Ausgleichskapazität des senso-motorischen Systems überfordert wird.

1.3 Visuelle Perzeption

Ein Bild der Außenwelt wird durch den optischen Apparat, bestehend aus Hornhaut, Vorderkammer, Linse und Glaskörperstrecke als spiegelverkehrtes, auf dem Kopf stehendes, verkleinertes Bild auf die Netzhaut projiziert.

Die Stäbchen und Zapfen der retinalen Photorezeptorschicht, respektive der Sehpurpur wandelt im Rahmen der Phototransduktion den Lichtreiz in bioelektrische Impulse um. Der initiale Vorgang besteht dabei in der Isomerisierung des Chromophors 11-cis-Retinal, der zusammen mit Opsin den Sehfärbstoff Rhodopsin in den äußeren Segmenten der Photorezeptoren bildet (Corson et al. 1990). Die Aktionspotentiale werden über verschiedene Schalt- und Integrationskreise an den visuellen Kortex (Area 17 nach Brodmann) weitergeleitet. Die Sinneszellen (Photorezeptorzellen) sind in rezeptiven Feldern der nachgeschalteten Bipolar- und Ganglienzellen organisiert, wobei ein Rezeptor in der Regel unterschiedlichen rezeptiven Feldern angehört. Diese funktionieren ähnlich einer „großen Sinneszelle“ (Hubel und Wiesel 1965). Zentral liegende Sinneszellen können aufgrund des 1:1 Zahlenverhältnisses von Rezeptoren und Ganglienzellen in der zentralen Netzhaut vereinfacht jeweils als kleine rezeptive Felder verstanden werden. Weiter peripher liegende rezeptive Felder beinhalten deutlich mehr Sinneszellen und nehmen eine größere Fläche ein (Hubel 1989). Über die Axone der vertikalen Ganglienzellen erfolgt die Projektion in die seitlichen Kniehöcker und die retinokortikale Projektion von dort zum primären visuellen Kortex.

Die im visuellen Kortex des Okzipitalhirns bezogen auf die Netzhautgesamtfläche überdimensionierte Repräsentation des Netzhautzentrums, im Vergleich zu peripher gelegenen Netzhautarealen, wird kortikale Magnifikation genannt. So projizieren die Sinneszellen aus einem zentralen Areal von 5° Radius (ca. 3% des Gesichtsfelds) in 50% der gesamten

Sehrinde (Schiefer 2003). Weiter peripher gelegene Gesichtsfeldareale sind in der Tiefe der Kalkarinafurche repräsentiert.

Der zentral liegenden Gruppe von Zapfen in der Sehgrube (Foveola) ist physiologischerweise der Richtungswert „Geradeaus“ zugeordnet. Die Foveola liegt am Ende der optischen Achse durch das Auge und ist durch ihren Aufbau besser für eine scharfe und detailreiche Abbildung geeignet als die weiter peripher liegende Netzhaut. Die retinalen Strukturen über den Sinneszellen sind zur Seite ausgerichtet und lassen somit eine ungehinderte Transmission des Lichts auf die Rezeptoren zu. Mit dieser zentralen Zapfengruppe wird das Sehobjekt fixiert. Sie wird aktiv auf das Sehobjekt gerichtet und bildet die Stelle der höchsten visuellen Aufmerksamkeit. Allen weiter peripher angeordneten rezeptiven Feldern, bestehend aus je einer Ganglienzelle und mehreren Rezeptoren sowie Bipolarzellen, die auf diese Ganglienzelle projizieren, werden entsprechende Richtungswerte zugeordnet: den oberhalb der Foveola gelegenen Netzhautarealen der Wert „unterhalb von geradeaus“, denen links des Zentrums „rechts von geradeaus“, den rechten „links von geradeaus“ und den unterhalb liegenden „oberhalb von geradeaus“. Durch die ortsgerechte Informationsweiterleitung von den Ganglienzellen der Netzhaut zu den entsprechenden perzeptiven Feldern des visuellen Kortex ist die Ermittlung der relativen Entfernung der einzelnen Sehobjekte möglich.

1.4 Beidäugiges Sehen unter normalen und pathologischen Bedingungen

Für das Überleben in freier Natur ist eine präzise visuelle Ortung der eigenen Person im Raum und der Umwelt z.B. einer Beute notwendig. Dies ist über mindestens zwei unterschiedliche Systeme möglich. Eine Möglichkeit, die beispielsweise vom Chamäleon praktiziert wird, ist die Entfernungsmessung über Akkommodation. Dabei wird das Beuteinsekt mit einem Auge fixiert. Mittels einer sehr fein abgestuften Akkommodationseinstellung, einer Brechkraftänderung der Augenlinse zum Fokussieren des Bildes auf der Netzhaut, werden die Entfernung und die Bewegungsrichtung bestimmt (Ott et al. 1989). Zum Fangen der Beute richten diese Tiere dann auch das andere Auge auf das Objekt, obwohl nur eines nötig wäre. Eine andere Möglichkeit besteht darin, anhand von Querdissipation eine Entfernung zu berechnen. Querdissipation ist die relative Verschiebung der Abbildung auf der Netzhaut des einen Auges gegenüber dem Netzhautbild des anderen Auges, die dadurch entsteht, dass man

ein Objekt mit beiden Augen gleichzeitig aus gering unterschiedlichen Winkeln betrachtet. Objekte, die in einem bestimmten Fixationsabstand auf korrespondierenden Netzhautstellen abgebildet werden, befinden sich auf dem so genannten Horopter (Noorden 1996 a). Objekte, die vor oder hinter dem Horopter liegen, auf dem sich das fixierte Objekt befindet, werden mehr oder weniger gegeneinander verschoben abgebildet. Solange diese Verschiebung nicht allzu groß ist, die Objekte also in einem geringen Bereich vor oder hinter dem Horopter liegen (Panumareal), ist eine Verschmelzung zu einem (räumlichen) Bild möglich. Liegt ein Objekt außerhalb des Areal (Panum 1858), so wird es doppelt gesehen, beispielsweise der ausgestreckte Daumen beim Blick auf ein weit entferntes Objekt. Diese Theorie zum räumlichen Sehen geht auf Überlegungen von Franciscus Anguilonius (Anguilonius 1613) zurück, welche später von Vieth, Müller und Hering vervollständigt wurden (Vieth 1818; Müller 1826; Hering 1863). Der Vorteil ist, dass, zumindest in einem gewissen Bereich, die Entfernungen mehrerer Objekte zu einem selbst und auch zueinander berechnet werden können. Die Informationen der beiden Augen, die gleiche bzw. ähnliche Sinneseindrücke enthalten, werden parallel geleitet und am gleichen Ort im visuellen Kortex verarbeitet. Dazu werden die Informationen der temporalen Netzhaut ipsilateral, also ungekreuzt, die der nasalen Netzhaut kontralateral, also gekreuzt zum Kortex weitergeleitet. Die Kreuzung der visuellen Afferenz findet im Chiasma opticum statt (Gudde 1875, Duus 1995). Somit werden Informationen aus dem linken und aus dem rechten Sehraum, die bei regulärer Augenstellung gleich bzw. sehr ähnlich, nur um wenige Winkelsekunden bis -grad verschoben, sind (Herzau 2004 a), eng benachbart weiterverarbeitet.

Im visuellen Kortex (Area V1, area striata) werden die Informationen korrespondierender Netzhautstellen des jeweiligen Auges abwechselnd nebeneinander in so genannten „okulären Dominanzkolumnen“ (ocular dominance column, ODC) verarbeitet (Hubel und Wiesel 1968). Die Nervenzellgruppen der ODC haben horizontale Verbindungen mit einer Länge von 2 Neuronen. Diese „crossed links“ stellen das anatomische Korrelat für korrespondierende binokulare Zusammenarbeit dar (Wong et al. 2000). Der visuelle Kortex wird in 6 Schichten unterteilt (Duus 1995). Von besonderer Bedeutung sind die Schichten 2 und 3 als Teil des parvozellulären Systems, welches für die feine räumliche Auflösung bei Sehschärfe und Stereopsis verantwortlich ist. Als Teil des für die Übertragung von Bewegungen

verantwortlichen magnozellulären Systems ist die Schicht 4B von Bedeutung (Tychsen et al. 1996).

Ein Bewegungsapparat zur Ausrichtung beider Augen auf das Fixationsobjekt ist dabei im Prinzip von untergeordneter Bedeutung. So verfügen Eulen über einen sehr schwachen Muskelapparat, sind aber trotz geringer Beweglichkeit der Augen in der Lage Tiefenunterschiede und damit Entfernungen sehr gut einzuschätzen (Crone 2003). Die Fixationsaufnahme wird über Kopfbewegungen erreicht. Die äußeren Augenmuskeln sind lediglich für minimale Vergenzbewegungen als Voraussetzung für feines Binokularsehen erforderlich. Bei guter Augenbeweglichkeit, wie beim Menschen, ist über die Koordination der „Grobmotorik“ nach Sherringtons Gesetz hinaus eine präzise, an Störungen der Motorik adaptionsfähige, äußerst feine Justierung der Augenstellung erforderlich, um in unterschiedlichen Blickrichtungen und Entfernungen und bei unterschiedlicher Kopfhaltung korrespondierendes Binokularsehen zu praktizieren.

1.5 Korrespondenz

Die Korrespondenz beschreibt das Verhältnis der Netzhautareale des linken und rechten Auges und die weitere, gemeinsame Verarbeitung in der Sehrinde des Gehirns (Area V1) (Hubel und Wiesel 1968).

1.5.1 Normale Korrespondenz

Bei normaler Korrespondenz entspricht das Zentrum der Stelle des schärfsten Sehens des rechten Auges dem des linken Auges. Sind beide Augen auf das zu fixierende Objekt gerichtet und schielen auch nicht in Verrollungsrichtung, kommt es auf der Stelle des schärfsten Sehens beider Augen zu fast identischen, nur um die Querdisparation der vor und hinter dem Horopter liegenden Objekte differierenden Abbildungen. Alle Objekte auf dem Horopter projizieren definitionsgemäß auf abbildungsgleiche Netzhautstellen. Dadurch können ihre Netzhautbilder zentral zu einem einzigen, binokularen, Seheindruck verarbeitet werden. Es entsteht keine Doppelbildwahrnehmung. Objekte, die vor oder hinter dem Horopter liegen, würden ohne sensorische Fusion doppelt gesehen. Sie können aber durch die sensorische

Fusion in engen Grenzen einfach wahrgenommen werden. Dieses sogenannte Panumareal ist der Sehraum, in dem eine Tiefenwahrnehmung möglich ist (Noorden 1996 a). Objekte außerhalb des Panumareals werden bei normalem Binokularsehen doppelt gesehen wie der Daumen im obigen Beispiel (physiologische Diplopie).

Zur Verdeutlichung der Korrespondenz kann man das imaginäre Einauge benutzen. Dazu werden Symbole für das rechte und linke Auge ineinandergezeichnet, um korrespondierende Netzhautstellen graphisch darzustellen. In diesem Modell befindet sich das imaginäre Einauge in der Mitte zwischen beiden Augen und ist gerade auf das Fixationsobjekt gerichtet. Bei normaler retinaler Korrespondenz entspricht sowohl unter monokularen als auch unter binokularen Bedingungen das Korrespondenzzentrum der Foveola. Die Korrespondenz wird durch ein präzises Ausrichten beider Gesichtslinien (Verbindungslinien zwischen dem fixierten Objekt und der Foveola) zueinander erst ermöglicht und trägt andererseits zur präzisen Ausrichtung der Augen zueinander bei. Wie bereits erwähnt weichen in einem absoluten Entspannungszustand (z.B. tiefe Narkose) die Ausrichtungen der Sehachsen fast aller Menschen mehr oder weniger voneinander ab.

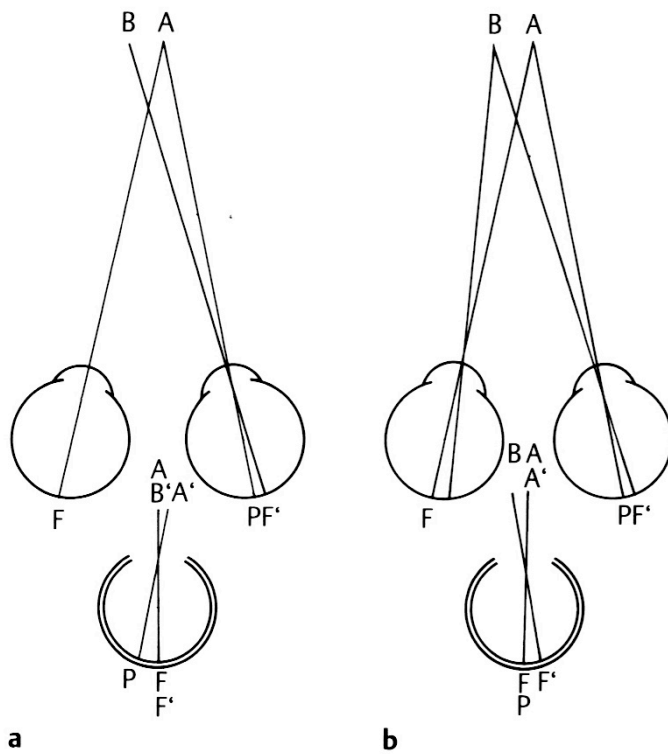


Abb. 1 Korrespondenz. (aus Rüßmann, et al. 2004 a). Lokalisation bei rechtsseitiger Esotropie mit normaler (a) und anormaler Korrespondenz (b).

a) Normale Korrespondenz: Das linke Auge fixiert Objekt A, das im rechten, schielenden Auge auf der nasalen Netzhautstelle P abgebildet wird und dadurch in gleichnamiger Diplopie (A-A') erscheint. Das Bild von Objekt B fällt auf die Foveola des rechten Auges und erscheint - soweit keine Hemmung vorliegt - A überlagert (Konfusion). **b)** Anormale Korrespondenz: Die Foveola des nicht-schielenden Auges (F) und der nasale Netzhautort (P) des schielenden Auges korrespondieren. Dadurch können die Netzhautbilder der Objekte A und B trotz des Schielwinkels fusioniert werden.

1.5.2 Anomale Korrespondenz

Sind die Gesichtslinien beider Augen nicht auf dasselbe Objekt gerichtet, kommt es, wie in Abb. 1 beschrieben, bei normaler Korrespondenz zur Wahrnehmung von Doppelbildern. Da dies die Orientierung in der Umgebung stark stört und einen deutlichen evolutionären Nachteil bedeutet, haben sich Mechanismen zur Doppelbildvermeidung herausgebildet. Zum einen kann der Seheindruck eines Auges zentral unterdrückt werden, wodurch im Kindesalter eine Schwachsichtigkeit (Amblyopie) entstehen kann, wenn stets dasselbe Auge supprimiert wird (Bangerter 1953), zum anderen kann sich eine neue Korrespondenz herausbilden. Das bedeutet, dass der Ort der Netzhaut des abweichenden Auges, auf dem das mit dem anderen Auge foveolar fixierte Objekt zur Abbildung kommt, im Rahmen des binokularen Sehaktes auf den Richtungswert „geradeaus“ umgewertet wird (Herzau 2004 b). Diese Umwertung ist allerdings situationsabhängig, unter monokularen Bedingungen ist ein Fixieren mit der Foveola, die den Richtungswert „geradeaus“ hat, weiterhin die Regel. Die Ausbildung einer exzentrischen Fixation, bei der ein nicht zentraler Netzhautort auch unter monokularen Bedingungen den Richtungswert „geradeaus“ hat, ist eher selten. In diesem Fall besteht immer eine Amblyopie. Der Winkel der exzentrischen Fixation ist in der Regel nicht mit dem Anomaliewinkel identisch. Besteht Identität beider Winkel, so ist das manifeste Schielen in diesem Winkel auch mit dem Abdecktest nicht mehr nachweisbar. Die Korrespondenz im Anomaliewinkel stellt die Möglichkeit einer binokularen Zusammenarbeit wieder her und lässt die Ausbildung eines räumlichen Sehens geringerer Qualität zu. Sie stabilisiert den bestehenden Schielwinkel und macht eine sich ständige ändernde Adaptation auf die neue Situation überflüssig. Beim primären Mikrostrabismus ist die anomale retinale Korrespondenz obligates Kriterium für die Diagnosestellung (Lang 1982 a). Auch bei einem großwinkligen Innenschielen, das aufgrund des großen Schielwinkels keine korrespondierende Zusammenarbeit mehr erlaubt, ist sie mit geeigneten Methoden oft schon präoperativ nachweisbar und postoperativ die Ursache für einen regelmäßig vorhandenen kleinen Restschielwinkel nach innen, d.h. eine konsekutive Mikrosotropie - mithin das Endergebnis einer erfolgreichen operativen Behandlung des frühkindlichen Innenschielens, während bei ursprünglich normaler Korrespondenz, z.B. im Falle dekomensierter latenter oder erworbener Schielformen selbstverständlich auch postoperativ normale retinale Korrespondenz (NRK) besteht.

1.5.3 Zentral- und Fixierpunktskotom

Die Foveolae beider Augen haben aufgrund ihrer hohen Ortsauflösung und ihrer dominierenden kortikalen Repräsentation eine besondere Funktion beim Sehakt. Hier bzw. in deren Projektionen kommt es bei der anomalen Korrespondenz zu Veränderungen. Beim nichtfixierenden, abweichenden Auge wird diejenige Netzhautstelle supprimiert, welche mit der Foveola des fixierenden Auges korrespondiert. Dieses Fixierpunktskotom dient der Vermeidung von Diplopie, also der Wahrnehmung desselben Objektes an zwei Orten. Außerdem kommt es zu einer Unterdrückung der Seheindrücke des schielenden Auges im Bereich der Foveola. Dieses Zentralskotom dient der Vermeidung von Konfusion, der Wahrnehmung zweier unterschiedlicher Objekte am gleichen Ort (Harms 1937, Aulhorn 1967, Lang 1979). Anomale Netzhautkorrespondenz ist also während des binokularen Sehens mit einer einseitigen, dann oft mit Amblyopie einhergehend, oder einer wechselseitigen (beim alternierenden Strabismus) Suppression bestimmter Netzhautareale des jeweils schielenden Auges verbunden.

1.5.4 Korrespondenzprüfung

Der Abstand des Korrespondenzzentrums zur Foveola kann gemessen und als Anomaliewinkel in Grad angegeben werden. Dazu muss der Sinneseindruck der Foveola mittels verschiedener Dissoziationsmethoden wahrnehmbar gemacht werden. So kann z.B. die Abbildung mit einem Prisma vertikal aus dem Zentralskotom herausgehoben und die Seitwärtsverschiebung zum vertikal versetzt wahrgenommenen Bild des anderen Auges abgefragt werden. Oder der Sinneseindruck wird mit Hilfe eines Hellrot- oder Dunkelrotglases oder als Nachbild wahrnehmbar gemacht. Bei der Korrespondenzprüfung nach Cüppers wird der Patient aufgefordert, mit dem Führungsaug ein Licht zu fixieren. In das Nichtführungsaug wird der Stern des Visuskops auf die Foveola projiziert. Wird der Stern in derselben Richtung wie das Fixierlicht wahrgenommen, liegt normale Korrespondenz vor. Eine Abweichung beider Seheindrücke kann z.B. auf einer Tangentenskala als Anomaliewinkel abgelesen werden (Cüppers 1956). Da bei der Ophthalmoskopie das Fixationslicht häufig durch den Untersucher verdeckt wird, hat Lang einen Doppelspiegel, ähnlich einem

Periskop entwickelt, mit dem der Patient das Fixationslicht am Untersucher vorbei fixieren kann (Lang 1982 c).

Der Anomaliewinkel kann aber auch als Reaktion des beschriebenen Regelkreises im Prismenfrageversuch ermittelt werden. Dazu wird der im APCT ermittelte Schielwinkel mit Prismen ausgeglichen, die auf das Brillenglas geklebt werden. Die Reaktion wird beobachtet und gemessen. Ein erneutes Einstellen eines esotropen Winkels bzw. dessen Vergrößerung unter Prismenvorgabe wird als Zeichen einer ARK gewertet. Die Größe der Winkelzunahme entspricht dem Anomaliewinkel.

1.6 Prismenüberkorrektur

Die Prismenüberkorrektur stellt eine in ihrem Grundgedanken bekannte, jedoch nach einer eigenen Umfrage an den deutschen Universitätskliniken nur in der Universitätsaugenklinik Gießen regelmäßig durchgeführte Behandlung zur Verkleinerung postoperativ, aufgrund von anomaler Korrespondenz, erneut eingestellter Esotropie dar. Durch die Prismenüberkorrektur soll ein unerwünscht großer Anomaliewinkel zuerst „gelockert“ werden und sich dann auf einen kleinen, optisch unauffälligen Wert einstellen. Die Methode wurde früher präoperativ angewendet, jedoch wegen der angeblich geringen Erfolgsaussichten wieder verlassen (Dannheim 1981). De Decker hat in den Jahren von 1966 bis 1970 esotrope Patienten bewusst in eine konsekutive Exotropie operiert, um die Voraussetzung für eine Umwertung der Korrespondenz zu schaffen und dann nach 9 bis 33 Monaten die Operation teilweise wieder rückgängig gemacht (de Decker 1975; de Decker et al. 1969).



Abb. 2 Schielstellungen: **a.** das rechte Auge des Patienten weicht 2° nach innen ab, ohne einen Abdecktest ist dies nicht bemerkbar, **b.** das rechte Auge weicht 7° nach innen ab, das Schielen wird durch die Lage des 1. Purkinje Spiegelbildes, welches sich nun temporal der Pupillenmitte befindet, auffällig, **c.** das linke Auge eines anderen Jungen weicht 20° nach innen ab, das Schielen ist stark auffällig (leider sind Brillen kleiner Jungen häufig zerkratzt)

Bei der in der Gießener Klinik durchgeführten Prismenüberkorrektur wird durch die operative Behandlung eine Orthostellung angestrebt und eine konsekutive Exotropie mit einem Prisma simuliert, welches postoperativ in Form einer Fresnelprismenfolie vor einem Auge auf das Brillenglas gegeben wird. Diese nichtinvasive und für die Kinder nicht belastenden Behandlung wird über mehrere Wochen konsequent unter regelmäßigen Kontrollen durchgeführt, um einen möglichst geringen Restschielwinkel, also eine bestmögliche Augenstellung zu erreichen.

1.7 Ziel der Studie

Im Rahmen dieser Arbeit sollen die Wirksamkeit der postoperativen Prismenüberkorrektur und ihre Ergebnisse im Vergleich zum postoperativen Verlauf ohne Prismenüberkorrektur bei kindlicher Esotropie mit größerem konvergentem Anomaliewinkel untersucht werden.

2 Patienten und Methoden

2.1 Patienten

2.1.1 Gruppe 1

Aus den 6634 Augenmuskeloperationen, die in der Augenklinik für Schielbehandlung und Neuroophthalmologie der Universität Gießen in den Jahren von 2000 bis 2005 erfolgten, wurden 63 Patienten isoliert, die wegen einer postoperativ noch auffälligen Esotropie von mehr als 5°, welche durch einen konvergenten Anomaliewinkel bedingt war, eine Prismenüberkorrektur erhielten.

Die manifesten Schielwinkel waren im simultanen (SPCT), die Summe aus manifestem Winkel und latenter Komponente im alternierenden Prismenabdecktest (APCT) präoperativ gemessen. Der Anomaliewinkel (AW) war zum einen anhand der subjektiven Lokalisation unter Hellrotglas, Dunkelrotglas und Vertikalprisma nach Prismenausgleich des objektiven Schielwinkels und zum anderen anhand der Vergenzreaktion im Prismenfrageversuch nach Ausgleich des im APCT gemessenen Schielwinkels bestimmt worden (siehe Kap. 2.2).

Tags darauf erfolgte die nach den in unserer Klinik erarbeiteten Dosierungsempfehlungen (Kaufmann H. 2004 b) auf den im APCT gemessenen Schielwinkel dosierte Operation. Dabei kamen die kombinierte Konvergenzoperation (Rücklagerung des M. rectus medialis kombiniert mit Faltung oder Resektion des M. rectus lateralis) und die beidseitige retroäquatoriale Medialismyopexie (Fadenoperation nach Cüppers), ggf. mit Rücklagerung des Rectus medialis, zum Einsatz. Bei zusätzlich vorliegendem Strabismus sursoadductorius wurde dieser durch entsprechende Obliquuschirurgie behandelt.

Postoperativ wurde der Schielwinkel im APCT direkt nach der Verbandabnahme ohne vorherige binokulare Freigabe, gemessen, um ein erneutes Einsetzen der Korrespondenz bedingten Ausgleichsinnervation zu vermeiden. Dreißig Minuten bis 2 Stunden nach binokularer Freigabe wurden die Schielwinkel im SPCT und APCT gemessen. Eine Vergrößerung der Esotropie wurde als Ausdruck anomaler retinaler Korrespondenz (ARK)

gewertet und es wurde mit einer Prismenüberkorrektur begonnen. Da ein kindliches Innenschielen postoperativ regelmäßig in einem Mikrostrabismus endet (Lang 1982 a), erfolgte die Prismenüberkorrektur ausschließlich bei Patienten, die eine größere, im Blickkontakt auffällige, Esotropie einstellten. Die Patienten erhielten dazu die stärkste im Handel verfügbare Fresnelprismenfolie mit 40 pdpt Basis außen auf ein Brillenglas. Immer dann, wenn das Tragen der Folie nicht möglich war (z.B. beim Duschen oder zum Schlafen), sollte ein Auge fazial mit einem handelsüblichen, normalerweise zur Amblyopiebehandlung benutzten Okklusionspflaster verschlossen werden, um die Wiederaufnahme der vorbestehenden anomalen Korrespondenz in diesen Situationen zu verhindern.

Da stärkere oder im UV-Licht gealterte Prismenfolien durch die Reduktion der Bildschärfe und ihre Filterfunktion penalisierend wirken (siehe Abb. 3), kann die Seite des Brillenglases, auf welches die Folie geklebt wird, im Hinblick auf eine eventuell erforderliche Amblyopietherapie von Bedeutung sein (Haase und Gräf 2004; Aust 1971; Lenk 1973). Die Folie kann bei einseitiger Amblyopie vor das Führungsauge gegeben werden. Jedoch hatte keiner der Patienten eine unbehandelte Amblyopie, so dass die Wahl, vor welchem Auge die Folie zu tragen war, willkürlich erfolgen konnte.

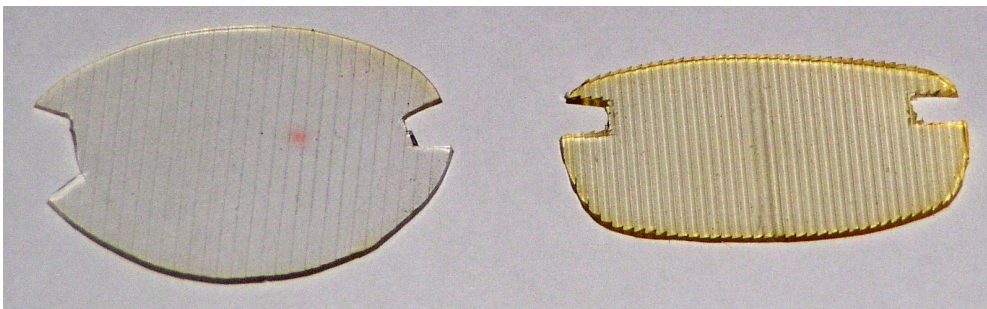


Abb. 3 Verschieden starke und alte Prismenfolien. Die linke (schwächere) Folie hat einen größeren Abstand der einzelnen kleinen Prismenbasen und demzufolge weiter auseinanderliegende vertikale Linien. Die rechte (stärkere) Folie hat enger zusammenliegende Linien und ist zusätzlich durch UV-Strahlung gelblich verfärbt.

Zu Beginn der Prismenüberkorrektur-Behandlung wurden die Patienten in Abständen von 3 Tagen kontrolliert, um eine eventuelle starke Vergrößerung der Esotropie über den prismatischen Effekt der Folie hinaus und damit eine mögliche Verfestigung des Anomaliewinkels frühzeitig zu entdecken.

Nach drei Monaten wurde die Behandlung unabhängig vom Schielwinkel beendet und erneut ein orthoptischer Status erhoben. Es wurden die im SPCT und APCT gemessenen Schielwinkel ausgewertet.

2.1.2 Gruppe 2

Da eine vergleichbare Kontrollgruppe in der Universitätsaugenklinik nicht existiert, wurden die Akten von 28 Patienten der Universitätsaugenklinik Heidelberg ausgewertet. Die Untersuchungs- und Behandlungsmethoden ähneln dort denen in unserer Klinik, wo jedoch keine Prismenüberkorrektur durchgeführt wird. Die Kriterien für die Patientenauswahl waren

- Alter unter 12 Jahren,
- Esotropie,
- präoperativ ermittelter Anomaliewinkel $\geq 5^\circ$ und
- operative Behandlung der Fehlstellung.

Die Korrektur der Schielwinkel erfolgte mittels kombinierter Konvergenzoperationen, ggf. mit zusätzlicher Rücklagerung des M. rectus medialis des anderen Auges. Ein zusätzlich vorliegender Strabismus sursoadductorius wurde mit entsprechender Obliquuschirurgie korrigiert.

Die Schielwinkel wurden wegen der fehlenden Konsequenz für das weitere Procedere nicht direkt nach Verbandabnahme gemessen, der orthoptische Status mit SPCT und APCT wurde erst nach einigen Stunden binokularer Freigabe erhoben. Nach drei Monaten erfolgte eine Kontrolle mit Schielwinkelmessung im SPCT und APCT.

2.2 Methoden

Erfasst wurden Alter und Geschlecht der Patienten, der Visus, die präoperativen Schielwinkel, die präoperativen Anomaliewinkel, die angewandten Operationsmethoden, die postoperativen Schielwinkel, die Nachbeobachtungszeiträume und die residuellen Schielwinkel nach diesem Zeitraum.

2.2.1 Prüfung der Sehschärfe (Visusprüfung)

Zur Prüfung der monokularen Sehschärfe wurden, je nach Alter der Kinder, Lea-Symbole in 3 Metern Prüfdistanz oder Landoltringe (C-Test nach Haase und Hohmann) in 5 Meter Entfernung benutzt. Die höchste Visusstufe, auf der das Prüfkriterium 3/5 noch erfüllt ist, wird als Visus des Patienten dokumentiert (line-by-line Methode). Bei der Prüfung muss jedes angebotene Sehzeichen benannt werden, wobei Raten im Schwellenbereich nicht nur erlaubt sondern gefordert ist (Forced-Choice-Strategie) (Becker et al. 2002, Gräf et al. 2000, Gräf 2007).

2.2.2 Abdecktest (Covertest)

Der Abdecktest dient zur Diagnose eines latenten oder manifesten Schielens in horizontaler und vertikaler Richtung. Beim Abdecktest wird mittels einer undurchsichtigen Scheibe das beidäugige Sehen unterbrochen. Dabei beobachtet der Untersucher das nicht abgedeckte Auge.

2.2.2.1 Einseitiger und simultaner Abdecktest

Beim einseitigen Abdecktest wird der Patient aufgefordert, ein kleines Objekt, meist ein Licht, in 5 m Entfernung zu fixieren. Nun wird ein Auge mit einer undurchsichtigen Scheibe (Cover) abgedeckt. Der Patient wird aufgefordert, weiterhin das Licht anzuschauen. Führt das nicht abgedeckte Auge dazu eine Bewegung aus, hat es das Licht vorher nicht fixiert, also manifest geschielt (Heterotropie). Kommt die Einstellbewegung von schläfenwärts, besteht ein manifestes Außenschielen (Exotropie), erfolgt sie aus Richtung Nase, besteht ein manifestes Innenschielen (Esotropie). Diesen Test führt man nacheinander an beiden Augen und anschließend bei Fixation eines nahen (0,3 m) Objekts durch (Noorden 1996 b, Rüssmann und Kaufmann 2007).

Bei der Freigabe des zuvor abgedeckten Auges achtet man ebenfalls auf eine Einstellbewegung. Bewegt sich das Auge im Fall einer vorliegenden Einstellbewegung des anderen Auges, also eines manifesten Schielens, sofort in seine Ausgangsstellung zurück, kann der

Patient die Fixation mit dem anderen Auge offensichtlich nicht halten, was typisch für eine Amblyopie ist. Manche Patienten können die Fixation bis zum Lidschlag halten, andere können die Fixationsseite beliebig wechseln (Rüssmann und Kaufmann 2007).

2.2.2.2 Wechselseitiger (alternierender) Abdecktest

Beim wechselseitigen Abdecktest fixiert der Patient das Licht. Es wird ein Auge abgedeckt und dann die Abdeckscheibe schnell vor das andere Auge bewegt. Kann man dabei eine Bewegung des nun wieder aufgedeckten Auges beobachten, die im einseitigen Abdecktest nicht auftrat, liegt ein verstecktes Schielen (latentes Schielen, Heterophorie) vor. Eine Einstellbewegung von nasenwärts entspricht einem latenten Innenschielen (Esophorie), eine Bewegung von schläfenwärts einem latenten Außenschielen (Exophorie). Einem manifesten Schielen ist oft eine zusätzliche latente Komponente überlagert, die Einstellbewegung ist dann im alternierenden Abdecktest größer als im einseitigen Abdecktest.

2.2.3 Schielwinkelmessungen

Die Bestimmung des Schielwinkels ist wichtig zur Verlaufskontrolle und zur Planung der Operation. Dazu verwendet man den Abdecktest mit Vorhalteprismen. Die Stärke eines Prismas wird in Grad oder, als Tangensmaß, in Prismendioptrien (pdpt) angegeben. Letztere ist definiert als die Ablenkung des Lichtstrahls in cm in einem Meter Abstand. Da die Ablenkung eines Prismas vom Einfallswinkel abhängt, muss bei den verwendeten Prismen die patientenzugewandte Seite vereinbarungsgemäß orthogonal zum Verlauf der Gesichtslinie zwischen dem Prisma und dem Fixierobjekt gehalten werden. Zur Untersuchung kommt ein Satz verschieden stark wirkender Prismen zur Anwendung. Prismen sind in der Universitätsaugenklinik in Grad eingeteilt, ansonsten erfolgt die Umrechnung in Grad anhand einer Tabelle.

Beim simultanen Prismencovertest (SPCT) wird das Prisma gleichzeitig mit dem Abdecken des anderen Auges vor das nicht abgedeckte Auge gegeben. Ist noch eine Einstellbewegung zu beobachten, wird die Untersuchung mit einem stärker wirkenden Prisma wiederholt, erfolgt bereits eine Einstellbewegung aus der Gegenrichtung, wird sie mit einem schwächeren

Prisma wiederholt. Wenn keine Einstellbewegung mehr zu verzeichnen ist, gleicht das vorgehaltene Prisma den Schielwinkel des Patienten aus. Die Stärke dieses Prismas entspricht der Größe des Schielwinkels. Entsprechend wird beim alternierenden Prismencovertest (APCT) verfahren, wobei es, sofern das Schielen konkomitant ist, keinen Unterschied macht, vor welches Auge das Prisma platziert wird. Beim Innenschielen werden die Prismen mit der Basis nach außen vorgehalten, beim Außenschielen mit der Basis nach innen. Bei Brillenträgern ist auf die prismatische Nebenwirkung der Brillengläser zu achten, die allerdings erst bei größeren Schielwinkeln und höheren Brillenglasstärken zu Buche schlägt. Sie wird in einer Tabelle nachgelesen und zu der Prismenstärke addiert.

2.2.4 Korrespondenzprüfung

Zur Korrespondenzprüfung gibt es verschiedene Untersuchungsmethoden, die einen unterschiedlichen Grad an Dissoziation bewirken und etwas unterschiedliche Anomaliewinkel messen können. Dissoziation bedeutet hierbei, dass das freie Gesichtsfeld beider Augen unterbrochen wird und jedem Auge ein „eigenes“ Bild angeboten wird. Nur dadurch kann der Patient seinen Anomaliewinkel wahrnehmen und man macht ihn damit einer Messung zugänglich (Crone 1973 b). Da die Patienten nicht unbedingt in jedem Test in der Lage sind, den Anomaliewinkel anzugeben, wurden die Tests in der Reihenfolge

Hellrottest,
Vertikalprisma,
Dunkelrottest

durchgeführt und entsprechend gewertet. Beim Hellrot-Test wird der manifeste Schielwinkel beim Blick auf ein 5 m entferntes weißes Licht gemessen. Danach wird mittels Hellrotglas vor einem Auge der subjektive Schielwinkel des Patienten ermittelt, der dem Abstand des von ihm wahrgenommenen rot gefärbten Lichts vom weißen Licht entspricht. Dabei dient das Hellrotglas lediglich dem Anfärben des Doppelbildes. Die Differenz von objektivem (APCT) und subjektivem Winkel entspricht dem Anomaliewinkel.

Bei großen Schielwinkeln ist es besser, mit einem Prisma den gesamten im APCT gemessenen Schielwinkel auszugleichen. Zum Messen des Anomaliewinkels hält man dann zusätzlich ein rot gefärbtes Filterglas vor das nicht führende Auge und lässt den Patienten ein weißes Licht

in einiger Entfernung fixieren. Man fragt den Patienten, wo er das rote Licht im Verhältnis zum weißen Licht wahrnimmt. Somit erhält man den lokalisierten Anomaliewinkel direkt (Noorden 1996 b).

Zur Bestimmung mittels Vertikalprisma hält man ein genügend starkes Prisma mit Basis oben vor das nicht führende Auge. Das Vertikalprisma hebt das Doppelbild aus dem Bereich der visuellen Unterdrückung (Zentralskotom) heraus. Sieht der Patient ein zweites Bild, braucht man dessen Entfernung vom ersten nur noch um die Wirkung des Vertikalprismas und den im APCT gemessenen Schielwinkel zu vermindern und erhält ebenfalls den Anomaliewinkel. In der Praxis bedient man sich auch hier eines Hellrotglases, um in der Verständigung mit dem Patienten das Doppelbild besser vom anderen, weißen Licht, unterscheiden zu können.

Beim Dunkelrottest wird ein dunkelrot eingefärbtes Glas, durch welches nur noch das Fixierlicht sichtbar ist, vor das Führungsauge gehalten. Somit ist mit diesem Auge keine Orientierung im Raum möglich. Über die Korrespondenz wird das rote Licht in den Seheindruck des offenen Auges „eingebaut“. Der Patient kann mit einem andersfarbigen Lichtstrahl die Lage des roten Lichts anzeigen. Der Abstand der beiden Lichter, wiederum um den im APCT gemessenen Schielwinkel vermindert, entspricht dem Anomaliewinkel. Alternativ kann bei Neutralisation des im APCT gemessenen Schielwinkels mittels Prisma eine direkte Abfrage des Anomaliewinkels erfolgen.

2.2.5 Prismentrageversuch

Mit dem Prismentrageversuch kann man das Ergebnis einer horizontalen oder vertikalen Schieloperation simulieren (siehe Abb. 4). Dazu bringt man ein Prisma zum Ausgleich des im APCT gemessenen Schielwinkels auf der Brille des Patienten an. Nach einiger Zeit zur Adaptation an den neuen Seheindruck kann man weitere Untersuchungen durchführen. Patienten mit einer anomalen Netzhautkorrespondenz werden je nach Kapazität des verarbeitenden und motorischen Systems den Schielwinkel vergrößern (Schildwächter und Klein 1988). Im Prismencovertest kann man diese Winkelzunahme messen und als Indiz für den Anomaliewinkel werten.

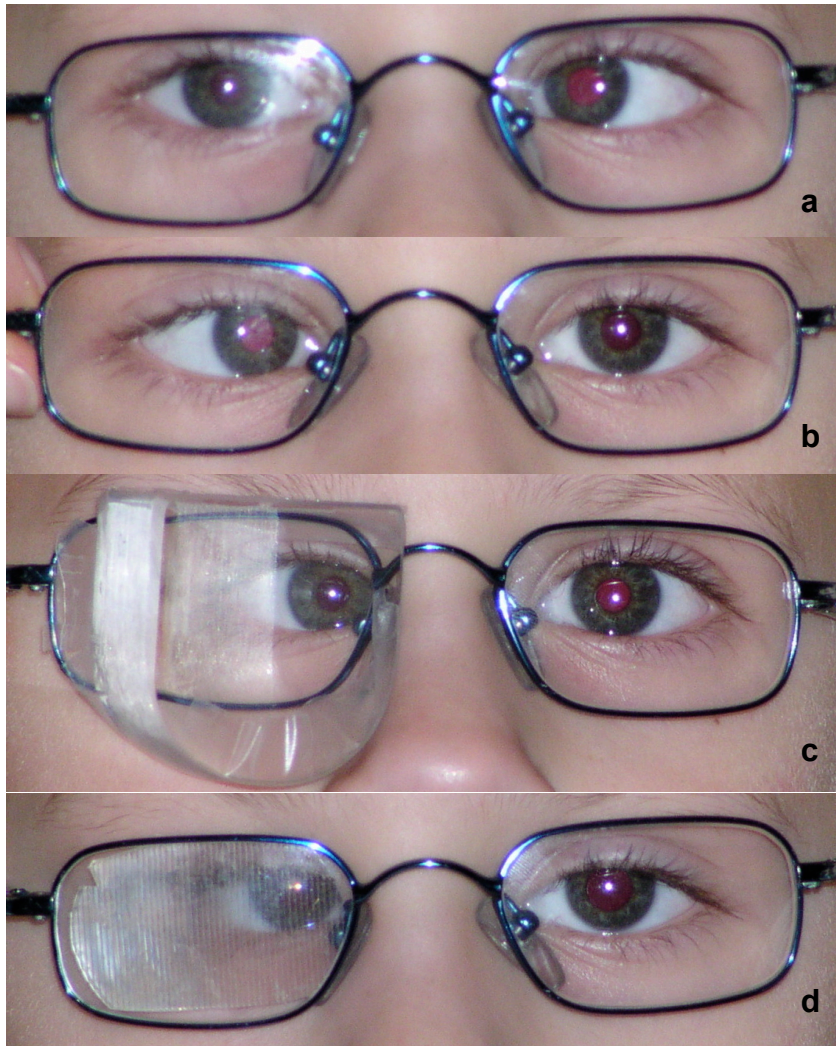


Abb. 4 Prismen und Prismenfolien.

Patient mit auffälligem Innenschielwinkel, die Lichtreflexe vor beiden Pupillen liegen asymmetrisch

a) Der Patient fixiert mit dem rechten Auge, das Hornhautreflexbild am linken Auge ist nach temporal verschoben.

b) Bei Fixation mit dem linken Auge ist das Hornhautreflexbild am rechten Auge nach temporal verschoben.

c) Prismentrageversuch: auf das rechte Brillenglas ist ein Probierprisma mit der Basis aussen geklebt, das Hornhautreflexbild erscheint jetzt beidseits zentral.

d) Eine gleichstark wirkende Prismenfolie ist dünner, der Lichtreflex ist ebenfalls seitengleich zentral. Die vertikalen Linien des Fresnelprismas stören die Sehfunktion.

2.2.6 Bestimmung des Anomaliewinkels

In dieser Studie wurde der Anomaliewinkel der Schielwinkelvergrößerung im Prismentrageversuch nach Ausgleich des im APCT bestimmten Schielwinkels gleichgesetzt. In Fällen, in denen dieser nicht dokumentiert war, wurde der letzte vor der Operation gemessene Anomaliewinkel herangezogen. Waren mehrere Untersuchungsmethoden notiert, wurde die Methode mit der geringsten Dissoziation in der Reihenfolge

Hellrotglas

Vertikalprisma

Dunkelrotglas

herangezogen.

2.2.7 Operationen

Bei den Patienten der Gruppe 1 wurden die kombinierte Konvergenzoperation oder die beidseitige Medialis-Myopexie zur Behandlung einer Esotropie durchgeführt. Diese wurden in Abhängigkeit von der individuellen Schielform indiziert und entsprechend dosiert. Bei Unterschieden im Nah- und Fernwinkel wurde eine Medialis-Myopexie durchgeführt, waren die Winkel annähernd gleich erfolgte eine kombinierte Konvergenzoperation.

2.2.7.1 Kombinierte Konvergenzoperation

Bei der kombinierten Konvergenzoperation wurde die Ansatzsehne des M. rectus medialis des zu operierenden Auges in Zugrichtung auf dem Bulbus zurückgelagert. Danach wurde die Sehne des M. rectus lateralis desselben Auges verkürzt. Die Wirkung von Resektion und Faltung ist dabei gleich (Kaufmann 2004 a). Für den operativen Zugang wurde über den entsprechenden Muskeln die Bindehaut türflügelartig eröffnet, anschließend wurde die entsprechende Muskelverlagerung unter Verwendung von resorbierbarem Nahtmaterial (6x0 Vicryl®) durchgeführt und abschließend die Bindehaut mit resorbierbarem Nahtmaterial (9x0 Vicryl®) verschlossen.

Die Dosisverteilung auf Verkürzung und Rücklagerung, die Größe der Operationsstrecke und die Entscheidung, an welchem Auge die Operation erfolgt, hängen vom Schielwinkel, vom Schielmuster und von verschiedenen Begleitsymptomen, wie zum Beispiel einer Kopfwangshaltung ab. Sie folgte Nomogrammen, die sich auf Erfahrungswerte stützen (Kaufmann 2004 a), und wurde bei Abweichungen von der normalen Augapfellaenge entsprechend modifiziert (Kaufmann 2004 a, Krzizok et al. 1994, Gräf et al. 1994).

2.2.7.2 Medialis-Fadenoperation (Medialis-Myopexie)

Bei der stets beidseitig durchgeführten Fadenoperation wurde an beiden Augen der M. rectus medialis hinter dem mechanischen Äquator am Bulbus befestigt (Cüppers 1973; Cüppers 1974; Adelstein und Cüppers 1969). Bei normalgroßen Augen liegt die Myopexiestelle bei 13 mm hinter dem Muskelansatz bzw. 18,5 mm vom Limbus entfernt. Zur Durchführung wurde

die Bindehaut über der Ansatzsehne türflügelartig eröffnet. Die Anheftungsstelle wurde auf dem Bulbus markiert. An dieser Stelle wurde der Muskelbauch entsprechend seiner Lage mit einer nichtresorbierbaren Naht (4x0 Mersilene®) auf der Sklera fixiert. Danach wurde die Bindehaut wie bei der Konvergenzoperation wieder verschlossen. Diese Operation verschiebt den Angriffspunkt der Muskelkraft hinter den Äquator (retroäquatoriale Myopexie) des Auges und wirkt damit der Adduktion entgegen (Kaufmann 2004 a).

Sollte der Effekt verstärkt werden, wurde die Muskelwirkung zusätzlich durch Rücklagerung abgeschwächt. Dazu wurden die Fäden zur Myopexie in der Sklera und um die geplante Rücklagerungsstrecke weiter vorn durch den Muskel wie gehabt vorgelegt, dann die Rücklagerung des Muskels durchgeführt, um im Anschluss die eigentliche Fadenoperation, also das Fixieren des Muskelbauchs auf der Sklera, zu beenden.

2.2.7.3 Operationen am M. obliquus inferior

Lag zusätzlich ein Strabismus sursoadductorius vor, wurde dieser mitbehandelt, indem der M. obliquus inferior geschwächt wurde. Je nach Ausprägung der Obliquus inferior Überfunktion erfolgte eine hintere Tenotomie, durch Einschneiden des hinteren Randes der Sehne um 2/3 seiner Breite, oder eine Rücklagerung, mit Abtrennen der Sehne des Muskels vom Bulbus und Wiederbefestigung in der gewünschten Entfernung in Zugrichtung des Muskels.

2.2.8 Postoperatives Vorgehen

Postoperativ wurde in den Bindehautsack des operierten Auges ein Antibiotikum, in der Regel ein Aminoglykosid, in Form von Augentropfen appliziert. Die Patienten erhielten im Operationssaal einen sterilen Verband, der erst am nächsten Tag, unmittelbar vor der Schielwinkelmessung abgenommen wurde.

2.2.8.1 Schielwinkelmessungen

Am ersten postoperativen Tag erfolgte direkt nach der Verbandabnahme eine Schielwinkelkontrolle im APCT. Bis dahin wurde streng vermieden, das binokulare Sehen freizugeben, um

ein Einstellen des Anomaliewinkels zu verhindern. Anschließend konnte sich der Patient bei nun freigegebenen binokularem Sehen an die neue Situation gewöhnen und stellte dann entsprechend seinem Anomaliewinkel einen Innenschielwinkel ein. Nach 30 Minuten bis zwei Stunden wurde dieser im simultanen und alternierenden Prismencovertest (SPCT/APCT) gemessen.

2.2.8.2 Prismenüberkorrektur

Bei der Prismenüberkorrektur kam eine Fresnelprismenfolie zum Einsatz. Die stärksten im Handel erhältlichen Folien haben eine Wirkung von 40 pdpt. Diese wurden mit der Basis nach außen vor das nicht bevorzugte Auge auf die Brille geklebt.

Die Patienten sollten während der Behandlung niemals ohne die Folie sehen, auch musste sichergestellt werden, dass die Kinder nicht über die Brille hinweg blickten. Wenn sie zu Bett gingen, oder die Brille nicht tragen konnten (z.B. beim Duschen) musste ein Auge mit einem Okklusionspflaster, wie es zur Amblyopiebehandlung genutzt wird, abgedeckt werden.

Anfangs wurden kurze Kontrollabstände von wenigen Tagen vereinbart, um eine starke Schielwinkelvergrößerung frühzeitig zu erkennen. Stand der Patient später in einem annähernd orthotropen Winkel waren längere Untersuchungsintervalle ausreichend. Nach drei Monaten wurde die Prismenüberkorrektur beendet. Es wurde der Schielwinkel ohne Folie gemessen und nach 30-minütiger binokularer Freigabe ein vollständiger orthoptischer Status erhoben.

2.2.9 Statistische Analyse

Die statistische Analyse wurde bei Vergleichen innerhalb einer Gruppe mit dem Wilcoxon-Rangsummentest für verbundene Stichproben und beim Vergleich zwischen den Gruppen mit dem Mann-Whitney-U-Test durchgeführt. Dabei wurden p-Werte kleiner 0,05 als statistisch signifikant angesehen (Bödeker 1993; Harms 1992; Berk 1994).

2.2.10 Graphische Darstellung

Die Schiel- und Anomaliewinkel wurden in Box-Plot-Diagrammen dargestellt. Dabei markiert das Rechteck die 25%- und 75%-Quantile. Das Kreuz stellt den Mittelwert dar und die horizontale Linie innerhalb der Box den Median. Die horizontalen Linien oben und unten entsprechen dem 95% und 5%-Quantil.

Des Weiteren erfolgte die vergleichende Darstellung der in Klassen von 2 Grad Schielwinkel unterteilten Daten in Säulendiagrammen, deren Höhe die Anzahl oder den prozentualen Anteil der Patienten an der Gesamtzahl einer Gruppe darstellt.

3 Ergebnisse

Es konnten 91 Patienten im Alter von 3,5 bis 12,5 Jahren (Median 6,2 Jahre) in die Studie einbezogen werden. Davon entfielen 63 auf Giessen, 28 auf Heidelberg.

3.1 Gruppe 1

Gruppe 1 umfasste 63 Patienten in einem Alter von 3,5 bis 12,2 Jahren (Median 6,2 Jahre), davon 40 Jungen und 23 Mädchen. Die Visusangaben reichten von 0,4 bis 1,25 (Median 0,9). Der Visusunterschied zwischen rechtem und linkem Auge betrug maximal 2 Stufen.

3.1.1 Präoperative Befunde

Die präoperativen Schielwinkel betragen 5° bis 27° (Median 12°) im SPCT und 7° bis 27° (Median 14°) im APCT. Der präoperative Anomaliewinkel betrug 4° bis 15° (Median 7°).

3.1.2 Operationen

53 Kinder erhielten eine kombinierte Konvergenzoperationen, davon 8 mit beidseitiger und 7 mit einseitiger Schwächung des M. obliquus inferior. Die relative Dosierung der kombinierten Konvergenzoperationen, also die Operationsstrecke in mm je Grad Schielwinkel im APCT betrug zwischen 0,55 und 1 mm/ $^\circ$ (Median 0,64 mm/ $^\circ$). Bei den übrigen 10 Kindern wurde eine beidseitige Medialis-Myopexie durchgeführt, davon bei 2 Patienten mit einseitiger und bei 3 Patienten mit beidseitiger Medialis-Rücklagerung. Bei einem Patienten fand zusammen mit der Medialis-Myopexie eine Schwächung der unteren schrägen Augenmuskeln beider Augen statt.

3.1.3 Postoperative Befunde

Direkt nach Verbandabnahme betrug der Schielwinkel zwischen -10° und 5° im APCT (Median 1°). Nach binokularer Freigabe vergrößerte sich der Schielwinkel auf 0° bis 12° im SPCT und APCT (Median 7°).

Die anschließende Prismenüberkorrektur dauerte in der Regel 3 Monate, bei einem Patienten 4 Monate. Bei einem Patienten wurde die Behandlung aufgrund einer konsekutiven Exotropie nach einem Monat beendet. Bei einem weiteren Patienten konnte die Behandlung nach 2 Monaten beendet werden, da in Ferne und Nähe kein manifester Schielwinkel mehr bestand.

Nach Beendigung der Prismenüberkorrektur betragen die Schielwinkel von -6° bis $+12^\circ$ im SPCT (Median $+5^\circ$) und -6° bis $13,5^\circ$ im APCT (Median 6°). Die individuelle Schielwinkelreduktion (SPCT) nach Prismenüberkorrektur (Differenz aus Schielwinkel im SPCT nach binokularer Freigabe und Schielwinkel nach Beendigung der Prismenüberkorrektur im SPCT) betrug -6° bis 13° (Median 2°), wobei negative Werte einer Vergrößerung des konvergenten Schielwinkels entsprechen, positive Werte einer Verkleinerung der Esotropie bzw. den Übergang in eine Exotropie. Eine Synopsis der Daten dieser Patienten gibt Tabelle 1 (siehe Anhang, Seite 60)

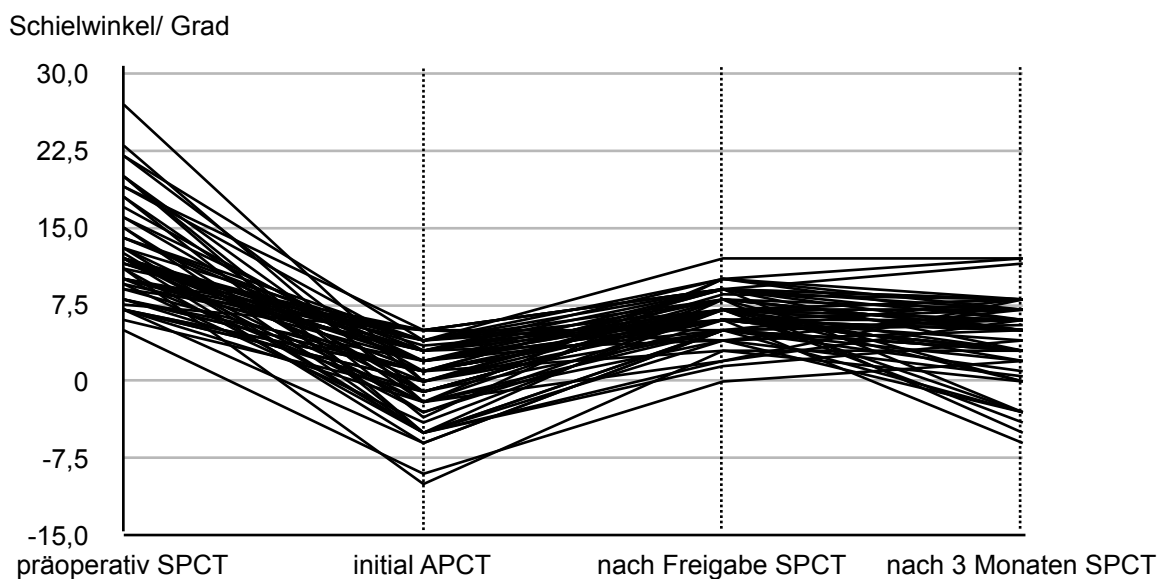


Abb 5 Schielwinkeländerung in Grad in Gruppe 1: Individuelle Schielwinkeländerung im simultanen Prismenabdecktest vor der Operation (präoperativ SPCT), am ersten postoperativen Tag direkt nach Verbandabnahme im alternierenden Prismenabdecktest (initial APCT). Die geringe Streuung der Schielwinkel um 0° zeigt, dass der angestrebte mechanische Operationseffekt erreicht wurde. Nach 10 Minuten bis 2 Stunden binokularer Freigabe (nach Freigabe SPCT) wird erneut ein esotroper Schielwinkel eingestellt. Nach Beendigung der Prismenüberkorrektur nach 3 Monaten (nach 3 Monaten SPCT) Verringerung der Schielwinkel.

3.2 Gruppe 2

Gruppe 2 enthielt 28 Patienten in einem Alter von 5,3 bis 12,5 Jahren (Median 6,5 Jahre), davon 15 Jungen und 13 Mädchen. Die Visusangaben reichten von 0,4 bis 1,25 (Median 0,9). Der Visusunterschied zwischen rechtem und linkem Auge betrug maximal 2 Stufen.

3.2.1 Präoperative Befunde

Die präoperativen Schielwinkel betrugen $11,5^\circ$ bis 35° (Median 20°) im SPCT und APCT. Der präoperative Anomaliewinkel betrug 5° bis 17° (Median 8°).

3.2.2 Operationen

Es wurden 25 kombinierte Konvergenzoperationen durchgeführt, davon 11 am rechten, 14 am linken Auge und bei 4 Patienten zusätzlich am anderen Auge eine Rücklagerung des M. rectus medialis. Bei 10 Patienten erfolgte gleichzeitig eine Schwächung des M. obliquus inferior beidseits, bei einem Patienten nur links. Die relative Dosierung der kombinierten Konvergenzoperationen betrug zwischen $0,42$ und $0,73$ mm/ $^\circ$ (Median $0,55$ mm/ $^\circ$). Des Weiteren wurden 3 beidseitige Rücklagerungen des M. rectus medialis durchgeführt, bei einem Patienten mit Schwächung des M. obliquus inferior beidseits.

3.2.3 Postoperative Befunde

Die Schielwinkel am ersten postoperativen Tag lagen zwischen -4° und 14° im SPCT (Median $4,25^\circ$) und zwischen -4° und 17° im APCT (Median $4,5^\circ$).

Die Nachkontrolle fand in der Regel nach 3 Monaten statt, bei einem Patienten bereits nach einem Monat, bei 2 Patienten nach 2 Monaten. Bei 4 weiteren Patienten wurden die Schielwinkel nach 4 Monaten und bei zweien sogar nach 5 Monaten kontrolliert.

Bei den Kontrolluntersuchungen betragen die Schielwinkel von -5° bis $+14^\circ$ im SPCT (Median $+3^\circ$) und -5° bis $+14^\circ$ im APCT (Median $+5^\circ$). Die individuelle Schielwinkelreduktion (SPCT) zum Zeitpunkt der Kontrolluntersuchung (Differenz aus Schielwinkel im SPCT nach binokularer Freigabe und Schielwinkel nach Beendigung der Prismenüberkorrektur im SPCT) betrug -8° bis 10° (Median 0°), wobei negative Werte einer Vergrößerung des konvergenten Schielwinkels entsprechen, positive Werte einer Verkleinerung, bzw. dem Übergang in eine konsekutive Exotropie. Eine Synopsis der Daten dieser Patienten gibt Tabelle 2 (siehe Anhang, Seite 62)

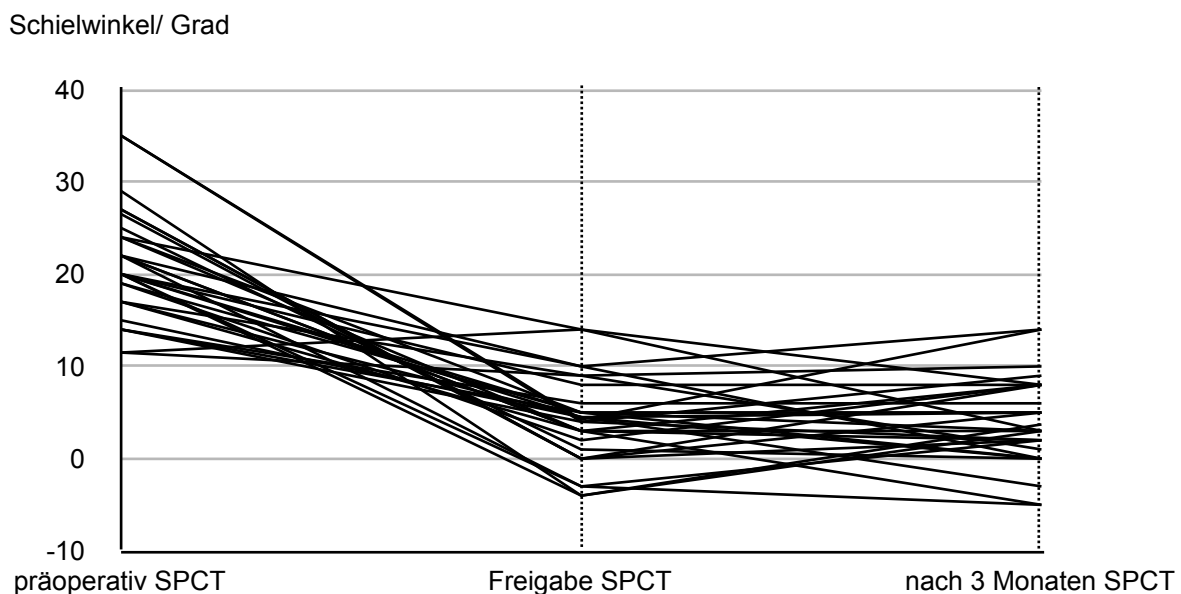


Abb 6 Schielwinkeländerung in Grad in Gruppe 2: Individuelle Schielwinkeländerung im simultanen Prismenabdecktest vor der Operation (präoperativ SPCT), nach einigen Stunden binokularer Freigabe (nach Freigabe SPCT), hier zeigt sich eine große Streuung der Schielwinkel und nach 3 Monaten (nach 3 Monaten SPCT) mit größtenteils gleichbleibenden Schielwinkeln.

3.3 Vergleich Gruppe 1 - Gruppe 2

3.3.1 Präoperative Schielwinkel

Die präoperative Esotropie war in Gruppe 2 signifikant größer als in Gruppe 1 ($p < 0,001$). Ein Vergleich der Schielwinkel zeigt Abb. 7.

3.3.2 Relative Operationsstrecken

Die relativen Operationsstrecken bei den kombinierten Konvergenzoperationen zeigten einen statistisch signifikanten Unterschied zwischen den beiden Gruppen ($p < 0,001$). Bei den Patienten in Gruppe 1 wurde eine stärkere Dosierung (in $\text{mm}/^\circ$) angewandt.

3.3.3 Postoperative Schielwinkel

Der Winkel nach binokularer Freigabe war in Gruppe 1 größer als in Gruppe 2 ($p = 0,001$). Bei den Patienten der Gruppe 1 war eine statistisch signifikante Abnahme der Esotropie vom ersten postoperativen Tag (nach binokularer Freigabe) bis zur Dreimonatskontrolle zu verzeichnen ($p < 0,001$). In Gruppe 2 traten keine signifikanten Schielwinkeländerungen auf (Abb. 7).

Bezüglich der Schielwinkel im SPCT (Abb. 7) und APCT nach drei Monaten bestand kein signifikanter Unterschied zwischen den beiden Gruppen .

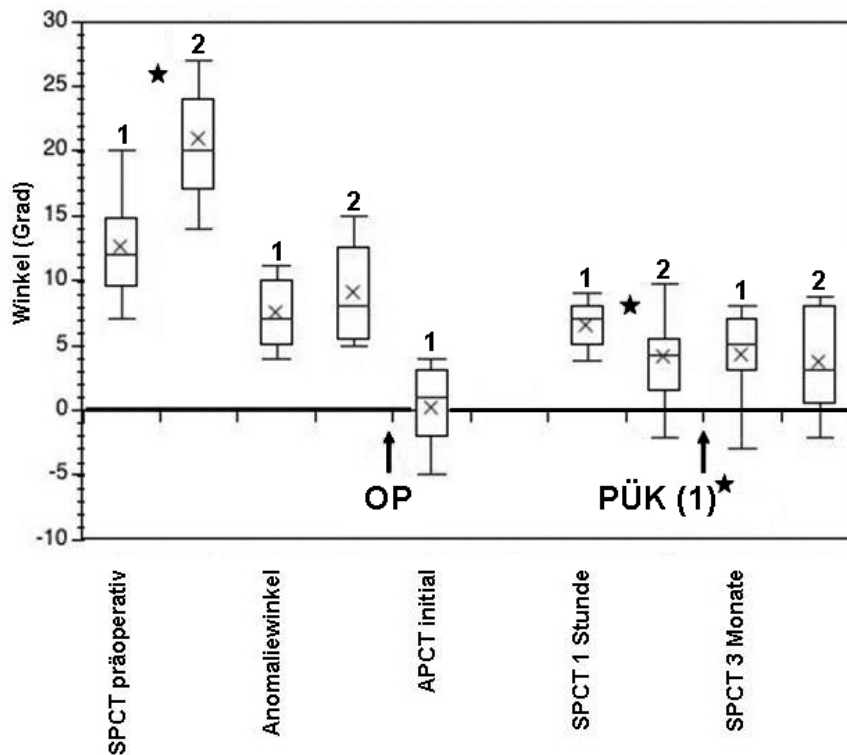


Abb. 7 Schielwinkel und Anomaliewinkel in beiden Gruppen. Es bestanden signifikante Gruppenunterschiede (*) in den präoperativen und den am ersten postoperativen Tag gemessenen Schielwinkeln. In Gruppe 2 war der manifeste Schielwinkel am ersten postoperativen Tag geringer als in Gruppe 1 (nach Freigabe). In Gruppe 1 war der manifeste Schielwinkel nach Prismenüberkorrektur (PÜK) signifikant kleiner als am ersten postoperativen Tag. In Gruppe 2 trat keine signifikante Veränderung vom ersten postoperativen Tag bis zur 3- Monatskontrolle auf. Der Unterschied zwischen den Gruppen war nach 3 Monaten nicht signifikant SPCT: simultaner Prismencovertest, APCT: alternierender Prismencovertest.

Betrachtet man die individuellen Schielwinkeländerungen (Abb. 8), so fällt auf, dass der postoperative Schielwinkel in Gruppe 1 vom ersten postoperativen Tag (nach binokularer Freigabe) bis zur 3-Monats-Kontrolle bei 44 Patienten (69,8 %) abnahm, in Gruppe 2 dagegen nur bei 12 Patienten (42,9 %). Bei 11 Patienten der Gruppe 2 (39,3 %) hatte die Restesotropie bis zur Kontrolle nach 3 Monaten zugenommen, im Vergleich zu 14 Patienten (22,2 %) in Gruppe 1.

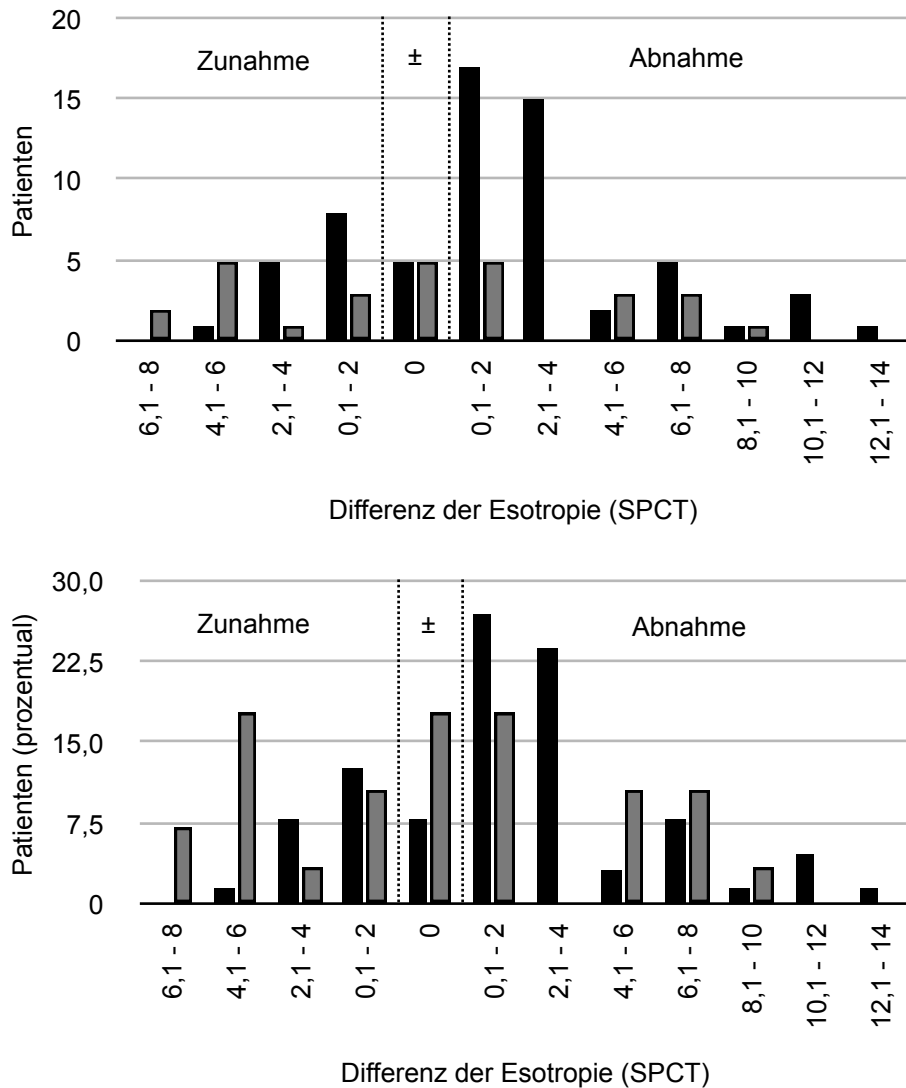


Abb. 8 a) Postoperative Entwicklung der Esotropie. Anzahl der Patienten, deren Restesotropie nach binokularer Freigabe (SPCT) vom 1. postoperativen Tag bis zur 3-Monats-Kontrolle zu- oder abgenommen hatte. Schwarze Säulen: Gruppe 1 mit Prismenüberkorrektur (n = 63); graue Säulen: Gruppe 2 ohne Prismenüberkorrektur (n = 28). **Abb. 8 b) Postoperative Entwicklung der Esotropie (prozentual).**

3.3.4 Anomaliewinkel

Bezüglich der präoperativ gemessenen Anomaliewinkel bestand kein statistisch signifikanter Unterschied zwischen den beiden Gruppen.

4 Diskussion

4.1 Grundlagen binokularer Korrespondenz

Die Korrespondenz ist eine Höherentwicklung des Sehens mit zwei Augen. Tiere, deren Augen sich seitlich im Kopf befinden (z.B. Fische) verfügen in der Regel über korrespondenzloses Simultansehen. Das heißt, die Sinneseindrücke beider Augen werden ohne gemeinsame Bildinhalte verarbeitet oder, falls gemeinsame Bildinhalte existieren, so verarbeitet, dass diese zwar räumlich korrekt zugeordnet, aber nicht fusioniert werden. Diesen phylogenetisch früheren Stufen binokularer Zusammenarbeit vergleichbar ist das korrespondenzlose Simultansehen im dekompenzierten Stadium der intermittierenden Exotropie beim Menschen. Intermittierend Exotrope sind in der Lage zwischen dieser Art des Sehens (Panoramasehen) und, bei Kompensation, normal korrespondierendem Binokularsehen zu wechseln. Jedoch existiert auch beim Panoramasehen eine Form binokularer „Zusammenarbeit“, früher als Sehen im „Stellungsfaktor“ bezeichnet, in dem das Individuum durch Erfahrung die Seheindrücke beider Augen im bestehenden Schielwinkel einander zuzuordnen lernt.

Mit der Sagittalisierung der Sehachsen/Orbitae und der damit verbundenen Überlappung der Gesichtsfelder beider Augen entwickelte sich fusionale Vergenz, um zum einen Doppelbilder zu vermeiden und zum anderen über Korrespondenz schließlich dreidimensionale räumliche Informationen zu erhalten. Bereits früher vorhandene Programme für gegenläufige Augenbewegungen, in der Vertikalen z.B. im Rahmen des dorsalen Lichtreflexes (v. Holst 1935 a, v. Holst 1935 b, Brodsky 1999), wurden vermutlich im Sinne einer Adaptation bzw. Exaptation genutzt bzw. weiterentwickelt, um diese neue Aufgabe zu bewältigen (Brodsky 2007). Andere Programme, z.B. der zur okulären Gegenrollung führende Otolithenreflex, welche die korrespondierende Zusammenarbeit stören würden (hier bei seitlicher Kopfneigung), müssen dabei supprimiert werden. Bei frühkindlich gestörtem Binokularsehen können ältere Programme z.B. in Form eines dissoziierten Höhenschielens atavistisch wieder zum Vorschein kommen.

Donders sah die Koppelung von Akkommodation und Konvergenz im Rahmen der Naheinstellungsreaktion (welche noch die Naheinstellungsmiosis umfasst) als Ursache einer Esotropie an. Ein Hypermetroper muss eine höhere Akkommodation aufbringen um scharf zu sehen. Die damit gekoppelte Konvergenz führe dann zu einem Strabismus convergens (Donders 1863). Dies allein trifft jedoch nur für den relativ geringen Teil der Patienten mit vollakkommodativem Schielen zu (Lang 1967). Als esotropievergrößernder Faktor ist akkommodative Konvergenz häufig.

Worth machte ein kongenitales Fehlen oder einen kongenitalen Defekt des Fusionsvermögens für die Schielentstehung verantwortlich (Worth 1929). Ein gewisser Defekt ist zwar nicht von der Hand zu weisen, doch kann beim Mikrostrabismus sehr wohl eine Fusion beobachtet werden, wenn auch nur im Rahmen einer ARK (Lang 1967). Sind die einer normalen retinalen Korrespondenz entsprechenden Verschaltungen im visuellen Kortex nicht angelegt oder werden sie gestört, so fehlt die kortikale Regelung der im frühen Kindesalter leicht überschießenden Konvergenz und die Augenstellung entgleist nach innen.

Brodsky geht aufgrund von Beobachtungen am Patienten mit dissoziiertem Horizontalschielen davon aus, dass ein Ungleichgewicht der Afferenzen von beiden Augen den Esotonus steigern und damit einen esotropen Schielwinkel vergrößern, wenn nicht sogar auslösen kann (Brodsky 2007).

4.2 Anomale Korrespondenz

Die neuroanatomische Grundlage der anomalen retinalen Korrespondenz besteht in neuronalen Querverbindungen im visuellen Kortex, die eine mehreren Grad Abweichung entsprechende Strecke überbrücken können (Crone 1973 a, b; Herzau 2004 b). Diese kortikale Verschaltung stellt einen grundlegenden Unterschied zum korrespondierenden Binokularsehen auf der Basis normaler oder anomaler retinaler Korrespondenz und dem, in diesem Sinne korrespondenzlosen, Simultansehen (Panoramasehen) dar, welches bei intermittierender Exotropie regelmäßig zu beobachten ist. Es ist daher irreführend, aufgrund tatsächlicher (in der Kompensationsphase) und vermeintlicher (bei Dekompensation) Korrespondenzangaben oder vermeintlicher Korrespondenzangaben vor und nach Operation einer intermittierenden

Exotropie von einem Korrespondenzwandel zu sprechen, wie es in der Literatur mitunter geschieht (Cooper et al. 2000; Flom et al. 1978). Die Verwechslung der Lokalisationsangaben „im Stellungsfaktor“ mit Korrespondenzangaben führte auch dazu, dass Patienten aus Angst vor postoperativer Diplopie von der operativen Korrektur einer Exotropie abgeraten wurde und von manchen Augenärzten und Orthoptistinnen auch heute noch abgeraten wird. Da sich die korrespondenzlose Sehweise der Augenstellung anpasst, kann man dem Patienten diese Furcht nehmen und in der Regel zu einer operativen Korrektur raten. Durch die Verwechslung sind möglicherweise auch Beschreibungen eines rivalisierenden Nebeneinander von ARK und NRK (Haase und de Decker 1981) zu erklären.

Die tatsächliche Änderung eines Anomaliewinkels im oben genannten Sinn infolge einer operativen Behandlung allein oder auch durch die zusätzliche Prismenüberkorrektur ist allerdings durchaus möglich. Die Ergebnisse in Gruppe 1 zeigen eine signifikante Verkleinerung der postoperativen Restschielwinkel unter der Prismenüberkorrektur, welche in der Kontrollgruppe nicht zu beobachten ist. Erwartungsgemäß blieb ein, allerdings kleinerer, konvergenter Restschielwinkel bestehen. Ähnliche Ergebnisse wurden bei „artifizieller Divergenzoperation“ berichtet, jedoch war bei diesem Vorgehen, das eine intendierte konsekutive Exotropie impliziert, meist eine Nachoperation erforderlich (de Decker 1975).

Bagolini beschrieb die ARK als einen instabilen Status, der leicht mittels Dissoziation aus dem Gleichgewicht gebracht werden kann. Dabei hätten die Netzhautpunkte des fixierenden Auges nicht eine, sondern mehrere korrespondierende Netzhautstellen im Schielauge (Bagolini 1967). In ähnlicher Weise äußerte sich Herzau, der feststellte, dass die ARK von der Stimulussensitivität der korrespondierenden Netzhautstellen abhängt. Wenn z.B. ein Lichtpunkt auf korrespondierende Netzhautstellen (typischerweise außerhalb der Foveola) fällt, die gleiche Sensitivität aufweisen, kann eine fusionsähnliche binokulare Koordination ausgelöst werden (Herzau 1983). Ähnlich sieht Lang den Anomaliewinkel als Anpassung an den manifesten Schielwinkel. Auch bei Patienten mit einem großen Schielwinkel konnte noch eine binokulare Zusammenarbeit im Two-Pencil-Test festgestellt werden (Lang 1988).

4.3 Beeinflussung der ARK durch Operation oder Prismenüberkorrektur

Die Vollheilung einer anomalen retinalen Korrespondenz ist weder durch orthoptische Übungsbehandlung noch durch die Operation mit anschließender Prismenbehandlung zu erreichen, jedoch ist eine Verbesserung eines angelegten korrespondierenden Binokularsehens möglich (Dannheim 1981; Mackensen und von Noorden 1962). Dies lässt sich mit Langs Überlegung, dass einem großwinkligen Innenschielen oft ein Mikrostrabismus mit obligat (der von Lang geprägte Begriff Mikrostrabismus beschreibt definitionsgemäß ein manifestes Schielen in kleinem Winkel - nach Lang bis zu 5° - mit anomaler Korrespondenz) anomaler Netzhautkorrespondenz zugrunde läge, in Einklang bringen (Lang 1982 b).

Remky stellte fest, dass ein konstanter Schielwinkel die Voraussetzung für die Ausbildung einer ARK wäre, ebenso wie eine Isometropie diese begünstigen würde und eine Anisometropie deren Ausbildung eher verhindere. Er beschrieb, dass durch einen Okklusivverband, oder besser Korrespondenzverband, die Unterschiede in der Empfindung beider Augen gesenkt würden und sich damit eine NRK ausbilden könnte (Remky 1948). Entsprechend beschrieb Deguchi ein Nebeneinander von normaler und anomaler Korrespondenz und deren Auftreten als abhängig von der Reizintensität auf beiden Augen (Deguchi 1993).

Aus den Daten, die Birch et al. im Jahre 2000 veröffentlichten, wonach die Dauer der Fehlstellung umgekehrt proportional zur Rate der Wiedererlangung einer Stereopsis wäre, zog Tychsen den Schluss, dass nicht das Lebensalter allein der ausschlaggebende Faktor für die Wahl des Operationszeitpunkts sein sollte. Er beschrieb, dass eine Operation innerhalb von 60 Tagen nach Auftreten der Esotropie die Ausbildung einer ARK verhindern könnte. Sollte in diesem Zeitraum kein Angleichen der Sehachsen erfolgen, würden neue Verschaltungen zwischen den disparitätssensiblen Neuronen im *medialen temporalen extrastriären Kortex* (MT) und *medialen superioren temporalen extrastriären Kortex* (MST) gebildet (Tychsen 2005). Da diese besonders häufig für einen Winkel von $2,5^\circ$ vorhanden sind, lässt sich damit auch eine Erklärung für die von Parks gefundene Häufung von Mikrotropien im Bereich von 4-8 pdpt, entsprechend $2-4^\circ$ finden (Parks 1969). Aus diesem Grund erscheint auch die frühzeitige operative Korrektur eines normosensorischen Spätschielens, das im Kleinkind-

und Vorschulalter auftreten kann, sinnvoll, wenngleich für diese Patientengruppe kein statistischer Zusammenhang zwischen der Qualität des postoperativen Binokularsehens und dem Zeitintervall vom Schielbeginn bis zur Operation nachgewiesen wurde.

Bei kleinen, instabilen Schielwinkeln im Säuglingsalter können unterschiedlich große Abweichungen durch sukzessive oder simultane Ausbildung der genannten Querverschaltungen im visuellen Kortex überbrückt werden. Es ist somit prinzipiell Korrespondenz in unterschiedlich großen Winkeln möglich, wobei sich je nach individuellen Gegebenheiten ein bestimmter Winkel mehr oder weniger stark manifestiert. Diese synaptische Verschaltung bleibt erhalten, auch wenn sie nach einer „Dekompensation“ oder „Entgleisung“ in eine größere Esotropie nicht mehr benutzt wird. Die Dekompensation kann akkommodativ bedingt sein oder möglicherweise auch durch ein Ungleichgewicht der visuellen Afferenz, das einen verstärkten Esotonus auslösen kann, der durch den Regelkreis des Binokularsehens nicht mehr abgefangen wird (Brodsky et. al. 2005, Brodsky und Fray 2007 a). Die letztere Hypothese würde die interessante Beobachtung erklären, dass in der Gruppe 1 am ersten postoperativen Tag, nach Freigabe im APCT, also bei Dissoziation des beidäugigen Sehens mit einer Verschiebung des Afferenzungleichgewichts zugunsten des offenen Auges, der Innenschielwinkel nicht kleiner wurde, sich also nicht wieder dem initial, vor binokularer Freigabe gemessenen Winkel näherte, sondern zunahm. Das Abdecken eines Auges verstärkte also ganz offensichtlich den Esotonus und löste dadurch eine größere Konvergenz aus. Durch die Operation wird die Augenstellung wieder in einen Bereich gebracht, in dem eine ältere, früher angelegte Korrespondenz stattfinden kann, wobei der entsprechende Anomaliewinkel die Zielgröße für die Regelung des Konvergenztonus ist. Die Frage, welchen speziellen Effekt die Prismenüberkorrektur auf dieses rückgekoppelte System hat, lässt sich nur hypothetisch diskutieren. Allein dadurch, dass die Prismenüberkorrektur die Einstellung des Anomaliewinkels verhindert, lässt sich ihre Wirkung nicht ausreichend erklären. Auch während des großwinkligen Schielens war korrespondierendes Sehen nicht möglich. Somit hätte bereits in dieser Phase eine „Lockerung“ des Anomaliewinkels stattfinden müssen. Der wesentliche Mechanismus könnte darin bestehen, dass die Prismenüberkorrektur Diplopie bewirkt, welche durch Konvergenz nicht zu überwinden ist (bei ausreichend starken Prismen). Sie „trainiert“ somit dem sensomotorischen System ab, bei Diplopie zu konvergieren. Darin bestünde der spezifische Vorteil gegenüber einer alternativ denkbaren postoperativen

Okklusion, die eher dem präoperativen Status vergleichbar wäre und zudem mit Risiken behaftet wäre. Bei prolongierter Durchführung könnte zwar durch seitenalternierende Anwendung kaum eine Amblyopie entstehen, jedoch würde die Fähigkeit zur Suppression gefährdet. Dies könnte zu dauerhaft störender, unkorrigierbarer Diplopie im Sinne eines Horror fusionis führen.

Die Prismenüberkorrektur ist eine Übungsbehandlung zum Ändern einer neurologischen Leistung. Die Dauer der Prägungsphase des Gehirns bezüglich der Korrespondenz ist letztlich unbekannt, liegt jedoch wahrscheinlich in den ersten Lebensmonaten (Held et al. 1980, Fawcett et al. 2005, Birch et al. 2000), vermutlich in dem relativ kurzen Zeitintervall der Entwicklung von Stereopsis, deren Voraussetzung letztlich binokulare Korrespondenz ist. Die Fähigkeit zur Stereopsis entwickelt sich im 3.-4. Lebensmonat innerhalb weniger Tage. Bei frühkindlicher Esotropie ist die Entwicklung der entsprechenden kortikalen Verschaltungen vermutlich gestört, entweder infolge des infantilen Schielens oder als dessen Ursache. Insofern scheint eine Behandlung im 3. bis 12. Lebensjahr relativ spät. Daher kann mit der Prismenüberkorrektur keine Vollheilung erreicht werden, sondern nur eine Rückführung in einen früher erlernten Anomaliewinkel.

Es wurden nur Patienten im Alter bis 12 Jahre mit Prismenüberkorrektur behandelt. Grund dieser Altersbegrenzung war die Furcht, dass die Erfolgsaussichten einer Prismenüberkorrektur mit zunehmenden Alter aufgrund der geringer werdenden neuronalen Plastizität sinken, und möglicherweise die Diplopiegefahr durch Verlust der Suppressionsfähigkeit zunimmt. Die Festlegung eines bestimmten Alterslimits für die Durchführung der Prismenüberkorrektur ist mehr oder weniger willkürlich. Es ließe sich nicht begründen, warum die Grenze bei 7 oder 12 Jahren liegen sollte. Ausgehend von obigen Überlegungen ist es sicher vorteilhaft, die Behandlung im frühen Kindesalter durchzuführen. Das setzt eine relativ frühzeitige operative Behandlung voraus. Diesbezüglich sind die Nachteile der frühen Operation im Hinblick auf die Amblyopiekontrolle und -behandlung (Deller 1988, Haase und Gräf 2004) und die Möglichkeit der spontanen Winkelabnahme zu bedenken (Simmonz 2005).

4.4 Gruppenvergleich, Wertung der eigenen Ergebnisse

Die postoperative Verlaufsbeobachtung in Gruppe 1 deutet stark auf einen positiven Effekt der Prismenüberkorrektur hin. Durch den Vergleich mit einer Kontrollgruppe konnte diese Beobachtung nicht weiter untermauert werden. Die Vergleichbarkeit der beiden Gruppen unterliegt allerdings mehreren Einschränkungen. Die Dosierung in der Heidelberger Klinik zielte nicht auf einen vollständigen Ausgleich des Schielwinkels, sondern bei ARK auf einen kleinen, unauffälligen Restwinkel. Deshalb kann der geringere Restschielwinkel am ersten postoperativen Tag und der kleinere Anomaliewinkel für eine weniger stabile ARK in der Kontrollgruppe sprechen. Vergleichbar sind daher eher die Winkeländerungen im Verlauf des Beobachtungsintervalls. Diese Zusammenarbeit muss nicht nur von foveolaren Arealen herrühren, auch peripherer gelegene Netzhaut ist daran beteiligt. Es ist vorstellbar, dass ein kleiner Anomaliewinkel stabiler ist, da hierbei möglicherweise stärkere Querverbindungen im visuellen Kortex bestehen und dadurch eine stabilere binokulare Zusammenarbeit erreicht wird.

Vergleicht man die präoperativen Schielwinkel in beiden Gruppen in Bezug auf die Operationsdosis, so fällt auf, dass bei den Patienten der Gruppe 2 niedriger dosiert wurde. Die Dosis betrug im Median 0,55 mm/Grad, in Gruppe 1 dagegen 0,64 mm/Grad ($p < 0,001$). Somit wäre bei gleicher Mess- und Operationstechnik in Gruppe 2 ein größerer Restschielwinkel als in Gruppe 1 zu erwarten. Tatsächlich war er jedoch kleiner. Da in Heidelberg keine Schielwinkelmessung vor binokularer Freigabe erfolgte, kann man keine Aussage zum rein mechanischen Operationseffekt treffen. Die erste postoperative Messung war bereits durch den Einfluss der ARK überlagert. Wenn dennoch ein geringerer Restschielwinkel bestand, ist dies als Hinweis auf geringere Anomaliewinkel zu interpretieren. Die Tragfähigkeit eines größeren Anomaliewinkels zeigt sich durch eine große postoperative Esotropie bei initial gutem Operationsergebnis.

Aus den Operationsergebnissen in beiden Gruppen ist der Einfluss der anomalen Korrespondenz in Form der Restesotropie ersichtlich. Die direkt nach Verbandabnahme, ohne Einfluss des Binokularsehens, im alternierenden Prismenabdecktest gemessenen Schielwinkel in Gruppe 1 zeigen, dass der gewünschte mechanische Effekt erreicht wurde. Die

Schielwinkel lagen mit geringer Streuung um 0°. Somit bestätigen diese Ergebnisse die Dosierungsempfehlungen (Kaufmann 2004 a). Schon wenige Minuten nach binokularer Freigabe kam es aber, offensichtlich bedingt durch die anomale Korrespondenz, zu einer vermehrten Konvergenz, alle Patienten zeigten eine Esotropie. Interessanterweise fiel dabei im alternierenden Prismenabdecktest eine größere Esodeviation, also eine zusätzliche latente Esokomponente, auf. Dies ist nicht nur als Indiz für die Stabilität des rasch aufgebauten Esotonus zu werten, der auch im prolongierten Abdecktest nicht wieder auf den initial nach Verbandabnahme bestehenden Wert abklang, sondern zeigt auch, dass dieser Tonus durch die kurzfristige Dissoziation des beidäugigen Sehens im Abdecktest, d.h. ein Ungleichgewicht der Afferenz von beiden Augen, verstärkt wird. Dieser Mechanismus könnte in der frühen Kindheit der Patienten zur Dekompensation in die große Esotropie beigetragen haben (Brodsky und Fray 2007 b).

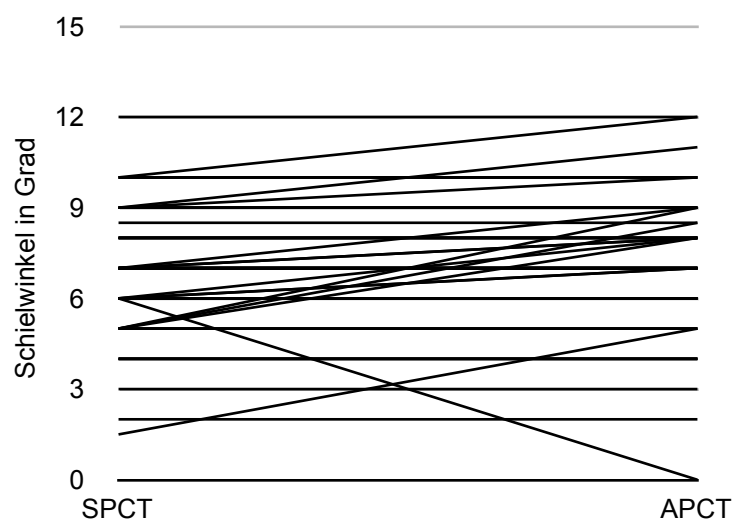


Abb. 9 Schielwinkel nach binokularer Freigabe: Einige Patienten vergrößern den im SPCT gemessenen Schielwinkel noch weiter im APCT (nicht signifikant) als Indiz für den Esotonus, welcher die Grundlage für den postoperativen Schielwinkel und damit den Anomaliewinkel darstellt.

Nach der mehrwöchigen Prismenüberkorrektur war die Rest-Esotropie geringer. Es stellt sich die Frage, ob diese Verringerung ein Effekt der Prismenüberkorrektur war oder möglicherweise auch spontan eingetreten wäre. Der Vergleich mit Gruppe 2 ist diesbezüglich nur bedingt aufschlussreich. Bei der Betrachtung der unterschiedlichen postoperativen Entwicklung in beiden Gruppen ist zu beachten, dass aufgrund der Patientenauswahl

ungleiche Ausgangsbedingungen vorlagen. Präoperativ war die Esotropie in Gruppe 2 signifikant größer. Der Schielwinkelunterschied zu Gruppe 1 am ersten postoperativen Tag ist dadurch nicht erklärt, denn die Operationsmethoden und -dosierungen waren entsprechend angepasst und aufgrund der Dosierung wäre sogar eher ein größerer Restschielwinkel in Gruppe 2 zu erwarten. In der de facto geringeren Esotropie kommt also vermutlich eine Auswahlbias zum Vorschein. Während Gruppe 1 ausschließlich Patienten enthält, die postoperativ eine größere Esotropie eingestellt (und daher die Prismenüberkorrektur erhalten) hatten, waren durch das Einschlusskriterium in Gruppe 2, nämlich ein präoperativ gemessener Anomaliewinkel von mehr als 5° , mit hoher Wahrscheinlichkeit auch Patienten mit weniger „penetranter“ anomaler Korrespondenz erfasst, die postoperativ keine entsprechende Esotropie bewirkte. Beim Gruppenvergleich ist daher in erster Linie interessant, dass sich der am ersten postoperativen Tag nach längerer binokularer Freigabe bestimmte Winkel im Verlauf der drei Monate ohne Prismenüberkorrektur nicht signifikant änderte. Dies kann als Indiz für die Wirksamkeit der Prismenüberkorrektur interpretiert werden.

Um vorhandene Gruppenunterschiede zu reduzieren, kann man die Gruppe 2 auf Patienten mit einem präoperativen Schielwinkel ≤ 20 Grad beschränken (Abb. 10). Bei Betrachtung der Winkelveränderung in den 3 Monaten nach der Operation sind dann nur noch geringe Unterschiede zwischen den auf diese Weise gematchten Gruppen zu erkennen. Für einen statistisch aussagekräftigen Vergleich ist der verbleibende Rest der Gruppe 2 mit nur noch 13 Patienten allerdings zu klein. Der präoperative Schielwinkel ist jedoch kein wesentliches Kriterium für die postoperative Manifestation eines Anomaliewinkels. Von größeren Interesse ist der Anomaliewinkel selbst.

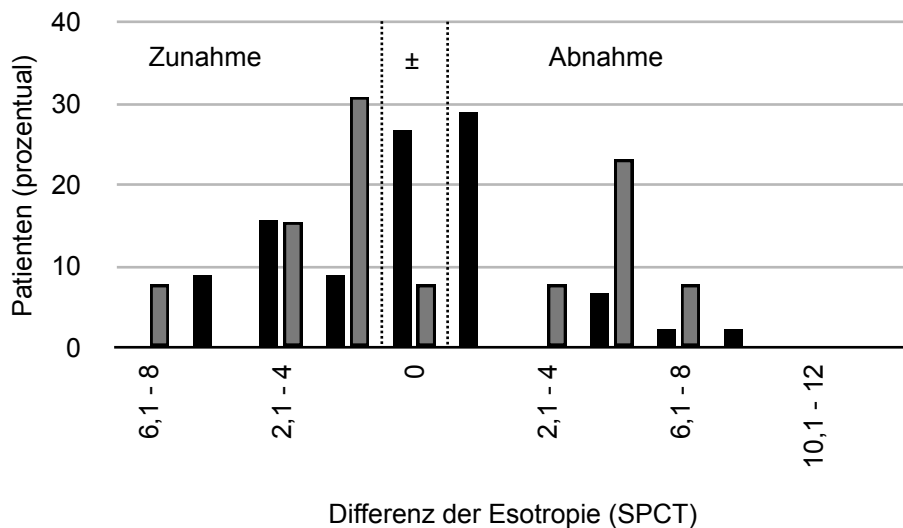


Abb. 10 Gruppenvergleich nach Matching auf ähnliche präoperative Schielwinkel. Differenz der Esotropie nach binokularer Freigabe (SPCT) 1 Tag vs. 3 Monate postoperativ mit (schwarze Säulen, n=45) und ohne Prismenüberkorrektur (graue Säule, n=13); Auswahl: präoperativer Schielwinkel $\leq 20^\circ$, nur kombinierte Konvergenzoperation mit oder ohne Obliquuschirurgie

Wie bereits erwähnt, war ein wichtiges Kriterium für die Durchführung der Prismenüberkorrektur in Gruppe 1 ein auffälliger postoperativer Schielwinkel von mehr als 5° . In Gruppe 2 dagegen wurden alle Patienten eingeschlossen, die im *präoperativen* Prismentrageversuch einen größeren Winkel als 5° nachstellten. Um speziell diejenigen Patienten zu isolieren, bei denen eine spontane Schielwinkelreduktion deutlicheren Ausmaßes überhaupt möglich wäre, kann man Gruppe 2 auf jene Patienten reduzieren, die am ersten postoperativen Tag mehr als 5° Esotropie aufwiesen. Bei diesen 11 Patienten der Gruppe 2 war bis zur Abschlusskontrolle im Gegensatz zur Gruppe 1 keine signifikante Schielwinkelabnahme zu erkennen. Dies kann als zusätzliches Indiz für die Wirksamkeit der Prismenüberkorrektur gesehen werden. Leider ist der Gruppenumfang (n=11) relativ klein.

Der Gruppenvergleich ergibt somit keinen Hinweis auf eine spontane Abnahme des postoperativen Restschielwinkels ohne Prismenüberkorrektur, weder in der gesamten Gruppe 2 noch in bestimmten Untergruppen. Dagegen war in Gruppe 1 mit Prismenüberkorrektur eine Verringerung zu beobachten. Wenngleich aufgrund der nicht identischen Voraussetzungen in der Kontrollgruppe und des begrenzten Gruppenumfangs ein Beweis auf höherem Evidenzniveau nicht möglich ist, können die Ergebnisse als Beleg für eine positive Beeinflussung des Restschielwinkels durch die Prismenüberkorrektur interpretiert werden.

Die Möglichkeit durch die Prismenüberkorrektur einen kleineren Schielwinkel mit einer eventuell höheren Stufe der binokularen Zusammenarbeit auf relativ einfache Weise zu erreichen, sollte zum Fortführen dieser Therapieform ermutigen.

5 Zusammenfassung

Nach operativer Behandlung eines frühkindlichen Innenschielens stellen manche Patienten trotz idealer mechanischer Korrektur infolge einer ARK rasch wieder eine größere Esotropie ein. Die anomale Netzhautkorrespondenz erlaubt eine binokulare Zusammenarbeit in einem mehr oder weniger kleinen esotropen Schielwinkel.

Die Prismenüberkorrektur ist eine additive Behandlung, bei der direkt nach dem operativen Ausgleich des im alternierenden Abdecktest gemessenen objektiven Schielwinkels eine Prismenfolie mit hoher prismatischer Ablenkung vor einem der beiden Augen auf ein Brillenglas appliziert wird. Es bewirkt für den Patienten den Sinneseindruck eines großwinkligen Aussenschielens mit weit gekreuzter Diplopie. Damit soll der durch die Lagebeziehung der Netzhautbilder beider Augen bedingte Esotonus gelockert werden, damit sich ein kleinerer Anomaliewinkel etablieren kann. Die Prismenüberkorrektur ist während der gesamten Wachzeit durchzuführen. In Situationen, wo dies nicht möglich ist, ist sofort ein Auge abzudecken. Die Behandlung erfolgt mit regelmäßigen Kontrollen über einen Zeitraum von drei Monaten.

Die Akten von 63 Patienten der Universitätsaugenklinik Gießen, die nach der operativen Korrektur einer kindlichen Esotropie wegen eines durch anomale Korrespondenz bedingten, auffälligen postoperativen Schielwinkels von mehr als 5° eine Prismenüberkorrektur erhalten hatten, wurden ausgewertet. Bei allen Kindern bestand präoperativ ein konvergenter Anomaliewinkel von mehr als 5° . Um die Wirksamkeit der Behandlung zu prüfen, wurden 28 Patienten der Universitätsaugenklinik Heidelberg gegenübergestellt, wo keine postoperative Prismenüberkorrektur erfolgte.

Am ersten postoperativen Tag lag der Restschielwinkel der Gießener Patienten vor binokularer Freigabe um 0° . Dreißig Minuten bis 2 Stunden nach binokularer Freigabe hatte der Restschielwinkel durch die anomale Korrespondenz zugenommen und war signifikant größer als in der Kontrollgruppe. Nach dreimonatiger Prismenüberkorrektur war eine signifikante Verkleinerung des Restschielwinkels festzustellen. Bei den Patienten der Kontrollgruppe trat während dieses postoperativen Beobachtungsintervalls keine signifikante

Schielwinkeländerung ein, auch nicht in der Untergruppe von Patienten mit einem Restschielwinkel von mehr als 5°.

Die Möglichkeit einer spontanen Abnahme des Restschielwinkels ist nicht sicher auszuschließen. Aufgrund der Ergebnisse dieser Studie erscheint jedoch die postoperative Prismenüberkorrektur als konservative, nebenwirkungsfreie und kostengünstige Nachbehandlung einer durch ARK bedingten, unerwünscht großen Restesotropie sinnvoll.

5.1 Abstract

Following surgical treatment for infantile strabismus, some patients reveal significant residual esotropia shortly after surgery despite ideal mechanical correction of the squint angle. This is due to anomalous retinal correspondence (ARC), which allows binocular cooperation up to stereoscopic vision in a more or less small manifest squint angle.

Prism overcorrection is a supplementary procedure that can be performed after surgery for esotropia. A press-on foil with high prismatic power is placed in front of one eye on the patient's spectacle lens. The prism evokes the sensation of exotropia with wide crossed diplopia in a degree that cannot be compensated for by convergence. The esotonus is thereby „relaxed“, and a smaller angle of ARC can then be established. The prism-foil must be worn for a complete day by the patient. If this is not possible, facial monocular occlusion must be performed. The treatment is performed for 3 months with periodic checks.

The files of 63 patients treated with prism overcorrection after surgery for early onset esotropia in the Department of Ophthalmology, University of Giessen, were evaluated (group 1). All patients had a preoperative convergent angle of ARC of more than 5 degrees. As a control group 28 patients treated without prism overcorrection in the Department of Ophthalmology, University of Heidelberg were investigated (group 2).

In group 1 postoperative squint angles scattered around 0° immediately after removal of the patch. After 30 min to 2 h of binocular viewing, the residual squint angle had increased due to ARC and was higher than in group 2. In group 1, esotropia had become significantly smaller after 3 months of prism overcorrection, while squint angles in group 2 remained constant. The angles were similar in both groups after 3 months.

A statistically significant reduction of residual esotropia in the group treated with prism overcorrection was observed. This reduction was not observed in the control-group. The possibility of spontaneous reduction of the squint angle is not excluded but rather unlikely. According to the results of this study, prism overcorrection can be performed as a simple treatment for residual esotropia as caused by ARC.

6 Literatur

- Adelstein FE, Cüppers C. Probleme der operativen Schielbehandlung. Dtsch Ophthalmol Ges 1969; 69: 580-593
- Anguilonius F. Francisci Aguilonii e Societate Jesu opti corum libri sex. Philosophis iuxta ac Mathematicis utiles. Officina Plantiniana, Antverpia 1613. Zit. n. Herzau V. Sensorik des Binokularsehens. In: Kaufmann H (Hrsg). Strabismus. Stuttgart, Thieme 2004, pp 97-127
- Aulhorn E. The reciprocal effect exerted by retinal areas (perceiving) identical images in normal and disturbed binocular vision. Doc Ophthalmol Ad 1967; 23: 26-61
- Aust W. Die Anwendung von Prismen in der Schielbehandlung. In: Freigang M. (Hrsg) Arbeitskreis Schielbehandlung, Berufsverb Augenärzte Dtschl e V, Wiesbaden, 1971; 3: 59
- Bangerter A. Amblyopiebehandlung Basel 1953, Karger
- Becker R, Hübsch S, Gräf MH, Kaufmann H. Examination of young children with Lea symbols. Br J Ophthalmol 2002; 86: 513-516
- Berk KN. Data Analysis with Student Systat. Cambridge: Course Technology Inc. 1994
- Birch EE, Fawcett SL, Stager DR. Why does early surgical alignment improve stereoacuity outcomes in infantile esotropia? J AAPOS 2000; 4: 10-14
- Bödeker RH. Einführung in die medizinische Statistik. Verlag der Ferber'schen Universitätsbuchhandlung, Gießen, 1993
- Brodsky MC. Dissociated vertical divergence: a righting reflex gone wrong. Arch Ophthalmol 1999; 117: 1216-1222
- Brodsky MC. Visuo-vestibular eye movements: infantile strabismus in 3 dimensions. Arch Ophthalmol 2005; 123: 837-842
- Brodsky MC. Dissociated horizontal deviation: clinical spectrum, pathogenesis, evolutionary underpinnings, diagnosis, treatment, and potential role in the development of infantile esotropia (an American Ophthalmological Society thesis). Trans Am Ophthalmol Soc 2007; 105: 272-93
- Brodsky MC, Gräf MH, Kommerell G. The reversed fixation test: a diagnostic test for dissociated horizontal deviation. Arch Ophthalmol 2005; 123: 1083-1087
- Brodsky MC, Fray KJ. Dissociated horizontal deviation after surgery for infantile esotropia. Arch Ophthalmol 2007; 125: 1683-1692 a
- Brodsky MC, Fray KJ. Does infantile esotropia arise from a dissociated deviation? Arch Ophthalmol 2007; 125: 1703-1706 b
- Cooper J, Feldman J, Pasner K. Intermittent exotropia: stimulus characteristics affect test for retinal correspondence and suppression. Binocul Vis Strabismus Q 2000; 15: 131-140

Corson DW, Cornwall MC, MacNichol EF, Jin J, Johnson R, Derguini F, Crouch RK, Nakanishi K. Sensitization of bleached rod photoreceptors by 11-cis-locked analogues of retinal. PNAS 1990; 87: 6823-6827

Crone RA. Normal binocular vision, suppression. In: Crone RA (Hrsg). Diplopia. Amsterdam: Exzerpta Medica, 1973: pp 111-113 a

Crone RA. Pathology of binocular vision, suppression. In: Crone RA (Hrsg). Diplopia. Amsterdam: Exzerpta Medica, 1973: pp 118-120 b

Crone RA. Pathology of binocular vision, amblyopia. In: Crone RA (Hrsg). Diplopia. Amsterdam: Exzerpta Medica, 1973: pp 134-136 c

Crone RA. The Evolution of the eye and the movements of the eye. In: Crone RA. Seeing Space. Lisse: Swets & Zeitlinger B.V. 2003. pp 43-54

Cüppers MC. Moderne Schielbehandlung. Klin Monatsbl Augenheilkd 1956; 129: 579-604

Cüppers C. Korrektur der Horizontalabweichung. Schielbehandlung 1973; 5: 11-19

Cüppers C. The So-Called "Fadenoperation" (Surgical corrections by well-defined changes of the arc of contact). The second congress of the International Strabismological Association 1974: 395-400

Dannheim E. Orthoptische Übungsbehandlung des Binokularsehens. Klin Monatsbl Augenheilkd 1981; 178: 212-215

de Decker W. Kurze Bilanz der Behandlung mit artifizieller Divergenz. Klin Monatsbl Augenheilkd 1975; 166: 619-623

de Decker W. Fadenoperation als Standardeingriff bei frühkindlichem Innenschielen. Z Prakt Augenheilkd 1984; 5: 275-280

de Decker W. Möglichkeiten und Grenzen der Frühbehandlung des Innenschielens. Z Prakt Augenheilkd 1986; 7: 238-242

de Decker W. Langzeitresultate früher Fadenoperationen bei frühkindlichem Innenschielen. Z Prakt Augenheilkd 1997; 18: 257-262

de Decker W. Heterotropie (manifeste Strabismus). In: Kaufmann H. (Hrsg) Strabismus. Stuttgart, Thieme 2004, pp 188-243

de Decker W, Tessmer J. Zur Schielhäufigkeit und Behandlungseffizienz in Schleswig-Holstein. Klin Monatsbl Augenheilkd 1973; 162: 34-42

de Decker W, Holzki U, Lauber U. Behandlung der anomalen Korrespondenz durch artifizielle Sekundärdivergenz. Ophthalmologica 1969; 157: 142-153

de Decker W, Friedrich D, Baenge J. Results of bi-medial posterior fixation (modified Cüppers procedure) after 8 years. In: Kaufmann H. (ed.) Transactions 16th Meeting European Strabismological Association Giessen 1987; p 61-69

- Deguchi M, Yokoyama T, Matsuzaka Y, Kawanami K, Hosoi S, Miki T. Change of retinal correspondence in monocularly reduced intensity of stimulus. *Eur J Ophthalmol* 1993; 3: 216-218
- Deller M. Why should surgery for early-onset strabismus be postponed? *Br J Ophthalmol* 1988; 72: 110-115
- Donders FC. Zur Pathogenie des Schielens. *Albrecht v. Graefes Arch Ophthalmol* 1863; 9: 99-154
- Duus P. Optisches System. In: Duus P. Neurologisch-topische Diagnostik, Anatomie - Physiologie - Klinik. 6. Aufl. Stuttgart: Thieme 1995. pp 112-140
- Esser J, Gieseler A, Waubke TN. Die Prognose der funktionellen Heilung des frühkindlichen Schielsyndroms. *Klin Monatsbl Augenheilkd* 1981; 179: 85-89
- Fawcett SL, Wang Y, Birch EE. The critical period for susceptibility of human stereopsis. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 2005; 46: 521-525
- Fick A. Die Bewegungen des menschlichen Auges. *Z Rationelle Med* 1854; 4: 101-128
- Fick A. Neue Versuche über die Augenstellungen. In: Jac Moleschott (Hrsg). *Untersuchungen zur Naturlehre des Menschen und der Tiere*. 1858; 5: 193
- Flom MC, Kirschen DG, Williams AT. Changes in retinal correspondence following surgery for intermittent exotropia. *Am J Optom Physiol Opt* 1978; 55: 456-462
- Gudden. Ueber die Kreuzung der Nervenfasern im Chiasma nervorum opticorum. *Albrecht v. Graefes Arch Ophthalmol* 1875; 21: 199-205
- Graefe Av. *Symptomenlehre der Augenmuskellähmungen*. Peters, Berlin 1867
- Gräf M. Sehschärfebestimmung In: Kroll P, Küchle M, Küchle HJ (Hrsg). *Augenärztliche Untersuchungsmethoden*. 3. Aufl. Stuttgart: Thieme 2007; pp 1-21
- Gräf MH, Becker R, Kaufmann H. Lea symbols: visual acuity assessment and detection of amblyopia. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol* 2000; 238: 53-58
- Gräf MH, Krzizok T, Kaufmann H. Effect of axial bulbus length and preoperative squint angle on the effect of horizontal combined squint operations. *Ophthalmologie* 1994; 91: 62-67
- Haase W, de Decker W. Binokulare sensorische Defekte beim Strabismus intermittens. *Klin Monatsbl Augenheilkd* 1981; 179: 81-84
- Haase W, Gräf M. Amblyopie In: Kaufmann H. (Hrsg). *Strabismus*. Stuttgart, Thieme 2004, pp 243-318
- Haase W, Mühling HP. Schielhäufigkeit bei Hamburger Schulanfängern. *Klin Monatsbl Augenheilkd* 1979; 174: 232-235
- Hamburger FA. Der Wettstreit und seine Rolle im Binokularsehen. *Klin Monatsbl Augenheilkd* 1949; 115: 289-319

- Harms H. Ort und Wesen der Bildhemmung bei Schielenden. Albrecht v Graefes Arch Ophthalmol 1937; 138: 149-210
- Harms V. Biomathematik, Statistik und Dokumentation. Kiel, Harms Verlag 1992
- Held R, Birch EE, Gwiazda J. Stereoacuity of human infants. Proc Natl Acad Sci USA 1980; 77: 5572-5574
- Hering E. Beiträge zur Physiologie. Wilhelm Engelmann, Leipzig 3. Heft: Vom Horopter (1863), Zit. n. Herzau V. Sensorik des Binokularsehens. In: Kaufmann H. (Hrsg). Strabismus. Stuttgart, Thieme 2004, pp 97-127
- Herzau V. Aspects of sensory adaptation in strabismus. Int Ophthalmol 1983; 6: 27-31
- Herzau V. Sensorik des Binokularsehens. In: Kaufmann H. (Hrsg). Strabismus. Stuttgart, Thieme 2004, pp 97-127 a
- Herzau V. Binokulare Sensorik bei Strabismus. In: Kaufmann H. (Hrsg). Strabismus. Stuttgart, Thieme 2004, pp 319-329 b
- Holst Ev. Die Gleichgewichtssinne der Fische. Verh Dtsch Zool Ges 1935; 37: 109-114 a
- Holst Ev. Über den Lichtrückenreflex bei Fischen. Pubbl Stn Zool Napoli II. 1935; 15: 143-148 b
- Hubel DH. Auge und Gehirn. Neurobiologie des Sehens. Heidelberg, Spektrum Akad. Verl. 1989.
- Hubel DH, Wiesel TN. Receptive fields and functional architecture in two nonstriate visual areas (18 and 19) of the cat. J Neurophysiol 1965; 28: 229-289
- Hubel DH, Wiesel TN. Receptive fields and functional architecture of monkey striate cortex. J Physiol (Lond) 1968; 195: 215-243
- Kaufmann H. Ergebnisse der Fadenoperation nach Cüppers. Klin Monatsbl Augenheilkd 1982; 180: 37-39
- Kaufmann H. Strabismus: Wirkungsweise und Durchführung verschiedener Operationsverfahren. In: Kaufmann H. (Hrsg). Strabismus. Stuttgart, Thieme 2004, pp 507-524 a
- Kaufmann H. Strabismus: Ergebnisse und Indikation verschiedener Operationsverfahren In: Kaufmann H. (Hrsg) Strabismus. Stuttgart, Thieme 2004, pp 524-558 c
- Kaufmann H, Krzizok T, Scharwey K. Ergebnisse sogenannter Frühoperationen beim frühkindlichen Innenschielen. Z prakt Augenheilkd 1997; 18: 250-256
- Kaufmann H, Steffen H. Anatomie und Physiologie der Orbita und des Bewegungsapparates. In: Kaufmann H. (Hrsg). Strabismus. Stuttgart, Thieme 2004, pp 26-59
- Krzizok T, Gräf MH, Kaufmann H. Effect of bulbous length on reduction of squint angle after suture fixation. Ophthalmologie 1994; 91: 68-76

- Lang J. Die Bedeutung des primären Mikrostrabismus für die Entstehung des Schielens. *Klin Monatsbl Augenheilkd* 1967; 151: 352-361
- Lang J. Strabologische Terminologie. *Klin Monatsbl Augenheilkd* 1979; 175: 341-347
- Lang J. Mikrostrabismus. Stuttgart, Enke 1982
- Lang J. Anomalous retinal correspondence update. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol* 1988; 226: 137-140
- Lenk M. Das monokulare Fixationsprisma nach Cüppers. *Augenarzt* 1973; 7: 212
- Mackensen G, Noorden GKv. Zur Phänomenologie und Pathogenese der exzentrischen Fixation bei der Schielamblyopie. *v Graefes Archiv für Ophthalmologie* 1962; 164: 235-272
- Müller, J.: Zur Vergleichenden Physiologie des Gesichtssinnes des Menschen und der Thiere nebst einem Versuch über die Bewegungen der Augen und über den menschlichen Blick. Cnobloch C. Leipzig 1826. Zit. n. Herzau V. Sensorik des Binokularsehens. In: Kaufmann (Hrsg). *Strabismus*. Stuttgart, Thieme 2004, pp 97-127
- Noorden GKv. Binocular vision and space perception. In: Noorden GKv. *Binocular vision and ocular motility*. St. Louis, Mosby 1996, pp 8-40 a
- Noorden GKv. Introduction to neuromuscular anomalies of the eyes, examination of patient- III. In: Noorden GKv. *Binocular vision and ocular motility*. St. Louis, Mosby 1996, pp 206-296 b
- Ott M, Schaeffel F, Kirmse B. Binocular vision and accommodation in prey-catching chameleons. *J comp Physiol* 1989; 182: 319-330
- Panum PL. Physiologische Untersuchungen über das Sehen mit zwei Augen. Kiel: Schwerssche Buchhandlung 1858
- Parks MM. The monofixation syndrome. *Trans Am Ophthalmol Soc* 1969; 67: 609-657
- Remky H. Über den Umbau des sensorischen Apparates bei Schielenden. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol* 1948; 148: 725-740
- Rüßmann W, Fricke J, Neugebauer A. Untersuchung der Sensorik. In: Kaufmann (Hrsg). *Strabismus*. Stuttgart, Thieme 2004, pp 376-405 a
- Rüßmann W, Kaufmann H. Untersuchung von Augenbewegungsstörungen. In: Kroll P, Küchle M, Küchle HJ (Hrsg). *Augenärztliche Untersuchungsmethoden*. Stuttgart, Thieme 2007, pp 479-536
- Rüßmann W, Neugebauer A, Fricke J. Heterophorie und Asthenopie. In: Kaufmann (Hrsg). *Strabismus*. Stuttgart, Thieme 2004, pp 159-188 b
- Schiefer U. Funktionelle Anatomie der menschlichen Sehbahn. In: Schiefer U, Wilhelm H, Zrenner E, Burk A, (Hrsg.) *Praktische Neuroophthalmologie*. Heidelberg, Kaden Verlag 2003, pp 19-28

Schildwächter A, Klein U. Prismenadaptationstest bei normosensorischem Spätschielen. *Z prakt Augenheilkd* 1988; 9: 261-264

Simonsz HJ, Kolling GH, Unnebrink K. Final report of the early vs. late infantile strabismus surgery study (ELISSS), a controlled, prospective, multicenter study. *Strabismus* 2005; 13: 169-199

Tschermak- Seysenegg Av. Methodik des optischen Raumsinnes und der Augenbewegungen. In: Abderhalden E (Hrsg). *Handbuch der biologischen Arbeitsmethoden, Abt. V. Teil 6*. Berlin: Urban und Schwarzenberg 1937, pp 1427-1754

Tychsen L. Can ophthalmologists repair the brain in infantile esotropia? Early surgery, stereopsis, monofixation syndrome, and the legacy of Marshall Parks. *J AAPOS* 2005; 9: 510-521

Tychsen L, Burkhalter A, Boothe RG. Funktionelle und strukturelle Abnormitäten im visuellen Cortex bei frühkindlichem Strabismus. *Klin Monatsbl Augenheilkd* 1996; 208: 18-22

Tychsen L, Wong AMF, Foeller P, Bradley D. Early versus delayed repair of infantile strabismus in macaque monkeys: II. Effects on motion visually evoked responses. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 2004; 45: 821-827

Vieth GUA. Ueber die Richtung der Augen. *Gilbert's Ann*. LVIII, 1818; 233 Zit. n. Herzau V. Sensorik des Binokularsehens. In: Kaufmann (Hrsg). *Strabismus*. Stuttgart, Thieme 2004, pp 97-127

Wong AM, Lueder GT, Burkhalter A, Tychsen L. Anomalous retinal correspondence: neuroanatomic mechanism in strabismic monkeys and clinical findings in strabismic children. *J AAPOS* 2000; 4: 168-174

Worth C. *Squint - its cause, pathology and treatment*. J Bale Sons and Davidson, London 1929

Wright KW. Infantile esotropia. In: Wright KW (Hrsg). *Color atlas of strabismus surgery - strategies and techniques*. New York: Springer Science+Business Media, LCC 2007; pp 17-31

7 Anhang

Tab. 1 Gruppe 1: Patienten der Gruppe 1 mit Alter zum Operationszeitpunkt in Jahren, Geschlecht, den jeweiligen Schielwinkeln (APCT Winkel im alternierenden Prismenabdeck-test; SPCT Winkel im simultanen Prismenabdecktest; fern Messung beim Blick in 5 m, nah Messung beim Blick in 30 cm; AW Anomaliewinkel; initial direkt nach Verbandnahme ohne binokulare Freigabe, Freil nach Verbandnahme und 10 min bis 2 h binokularer Freigabe; 3 Mon nach Beendigung der Pris-menüberkorrektur und 10 min bis 2 h binokularer Freigabe ohne Prismen) und der durchgeführten Operationen (RA rechtes Auge; LA linkes Auge; KK kombinierte Konvergenzoperation mit Angabe der Rücklagerungsstrecke des M. rectus medialis bzw. der Faltungen- bzw. Resektionsstrecke des M. rectus lateralis in mm; obl. inf. Rück Rücklagerung des M. obliquus inferior in mm; obl. inf. HT hintere Tenotomie des M. obliquus inferior im angegebenen Anteil der Gesamtmuskelbreite; obl. sup. HT hintere Tenotomie des M. obliquus superior im angegebenen Anteil der Gesamtmuskelbreite; MM Myopexie des M. rectus medialis mit Angabe der neuen Fixationsstelle hinter dem ursprünglichen Ansatz; med. Rück Rücklagerungsstrecke des M. rectus medialis)

Initial	Alter	Sex	APCT fern	APCT nah	SPCT fern	SPCT nah	AW	Operation	APCT fern initial	APCT nah initial	APCT fern Freil	SPCT fern Freil	APCT fern 3 Mon	SPCT fern 3 Mon
BL	6,0	♂	22,0	24,0	22,0	24,0	12	LA KK 6/7, LA obl. inf. Rück 6	4	3	7	7	8	6
BC	10,8	♂	11,5	13,5	11,5	13,5	6	RA KK 4/4, R/L obl. sup. HT 2/3	4	4	11	9	13,5	11,5
DT	5,7	♂	16,0	20,0	6,0	20,0	7	LA KK 5/5, LA obl. inf. Rück 6, RA obl. inf. HT	-1	0	9	5	3	3
DG	6,1	♂	22,0	26,0	22,0	26,0	15	LA KK 5/7, RA obl. inf. Rück 8, LA obl. inf. Rück 10	0	6	8	8	-3	0
DF	5,7	♂	14,0	19,0	12,0	19,0	5	RA KK 5/5, R/L obl. inf. HT	3,5	4	7	6	4	3
DJ	5,2	♂	12,5	21,0	12,5	21,0	10	RA KK 4/3,5	-5	-5	8	8	2,5	5
FF	6,0	♂	9,5	12,5	9,5	12,5	4,5	RA KK 4/3	3	3	4	4	0,5	0,5
FD	7,0	♂	20,0	26,0	20,0	26,0	5	LA KK 5/7	-5	4	4	4	-3	-3
FP	6,4	♂	27,0	29,0	27,0	29,0	11	LA KK 6/8	0	3	5	5	8	8
FL	5,9	♀	22,0	30,0	12,0	30,0	7	LA KK 5/7	-2	5	5	5	6	3
FM	5,5	♂	20,0	38,0	20,0	38,0	14	R/L MM 13, R/L med. Rück 5	-1	6	7	7	-4	-4
GP	5,8	♂	11,5	16,0	8,0	10,0	6	LA KK 5/3	-1	3	8	7	5	5
HS	6,1	♀	9,0	16,0	9,0	16,0	7	R/L MM 13, R/L med. Rück 3	1	5	3	3	3	3
HJ	5,5	♀	10,0	10,0	5,0	10,0	4	LA KK 5/5	-9	-5	0	0	0	2
HSa	5,5	♀	16,0	25,0	12,0	12,0	7	R/L MM 13, R/L med. Rück 5	0	0	8,5	8,5	8	8
HL	6,2	♂	12,0	20,0	10,0	10,0	10	R/L MM 14	3	6	9	9	3	3
HN	4,6	♂	11,0	12,0	7,0	9,5	10	LA KK 3,5/3,5	-2	-3	8	8	5	5
JA	6,1	♂	14,0	14,0	8,0	10,0	4	RA KK 4,5/4	1	1	6	6	9	3
JR	9,3	♂	8,0	12,0	8,0	8,0	8	R/L MM 13	2	2	7	7	4	2
JM	6,0	♀	11,5	14,5	11,5	14,5	8	LA KK 4/4	2	2	5	5	-3	-3
JMa	12,2	♂	14,0	20,0	14,0	20,0	8	LA KK 5/5	4	5	6	6	6	5
KF	6,0	♂	17,0	21,0	17,0	21,0	9	LA KK 5/5	1	4	9	9	8	8
KL	5,4	♂	18,0	18,0	18,0	12,0	0	RA KK 5/5	-2	-2	4	4	8	7
KJ	7,0	♂	23,0	25,0	23,0	25,0	9	LA KK 5/7	-2	-5	2	2	8	8

Initial	Alter	Sex	APCT fern	APCT nah	SPTCT fern	SPTCT nah	AW	Operation	APCT fern initial	APCT nah initial	APCT fern Frei	SPTCT fern Frei	APCT fern 3 Mon	SPTCT fern 3 Mon
KN	6,4	♂	12,0	12,0	7,0	8,0	6	RA KK 3,5/4	1	3	8	7	5	5
KC	6,9	♀	19,0	19,0	19,0	19,0	1	RA KK 5/5,5, RA obl. inf. Rück 4	3	4	7	7	-3	-3
KR	7,0	♂	12,0	13,0	12,0	13,0	-2	LA KK 4/4	-6	-8		5	6	6
KFI	5,5	♂	21,0	23,0	16,0	23,0	12	RA KK 5/7, R/L obl. inf. Rück 10	2	4	6	6	4	5
LM	5,9	♀	7,0	16,0	7,0	16,0	6	R/L MM 13, RA obl. inf. Rück 4, LA obl. inf. Rück 10	0	0	7	7	3	3
LJ	6,9	♀	11,5	17,0	11,5	17,0	6	R/L MM 13,5	3	5		8	-5	-5
LL	6,6	♂	14,0	17,0	7,0	17,0	4	LA KK 5/4	1	1	7	6	4	4
LS	6,5	♀	18,0	24,0	12,0	20,0	8	RA KK 6/5	2	6	6	6	6	6
LN	6,2	♂	20,0	24,0	20,0	24,0	8	LA KK 5/7, LA obl. inf. HT, RA obl. inf. Rück 6	-3,5	2	10	10	6	6
MJ	6,2	♀	10,0	12,0	7,0	7,0	7	RA KK 3,5/3,5	-6	3		5	-1	1
MJo	6,6	♂	10,0	18,0	9,0	16,0	7	R/L MM 13,5, RA med. Rück 3	5	8	9	9	7	7
ML	6,9	♀	16,0	21,0	16,0	21,0	10	LA KK 5,5/5,5	-1	2	7	7	7	7
MM	5,5	♂	12,0	12,0	12,0	12,0	8	RA KK 3,5/3,5, RA obl. inf. Rück 4, LA obl. sup. HT	1	5	6	6	4	3
PR	6,1	♂	16,0	16,0	9,5	9,5	3	RA KK 5/6	-4	0	7	7	1	0
RJ	6,0	♀	14,0	14,0	11,0	14,0	4	LA KK 4,5/4	-5	4	8	5	3	3
RR	5,6	♀	14,0	20,0	13,0	16,0	14	LA KK 5/5	4	10	12	12	12	12
SM	7,1	♂	13,0	16,0	13,0	16,0	5	RA KK 5/4	-1	2	9	7	8	8
SA	6,8	♂	19,0	18,0	19,0	18,0	8	RA KK 5/6, R/L obl. inf. Rück 10	5	8	10	9	8	8
SAn	6,0	♀	18,0	24,0	18,0	24,0	10	LA KK 5/6	-5	-2		2	6	6
SN	11,0	♀	16,0	18,0	12,0	12,0	14	LA KK 5/5	3	4	10	10	12	12
SNa	6,6	♂	12,0	12,0	10,0	12,0	11	LA KK 4/4	-2	1	10	10	8	8
SP	6,3	♂	13,0	12,0	8,0	8,0	9	LA KK 4/4, LA obl. inf. HT 2/3	1	2		9	-3	-3
SPa	8,4	♀	17,0	24,0	12,0	24,0	10	RA KK 5/4,5	-3	-4		7	7	7
SS	7,4	♂	12,5	11,0	10,0	11,0	5	LA KK 4/4, LA obl. inf. Rück 8	5	3	4	4	6	5
SE	6,4	♀	12,0	16,0	12,0	12,0	10	LA KK 5/4	4	3	8	8	6	5
SK	3,5	♀	12,0	12,0	12,0	12,0	4	RA KK 3,5/3,5, RA obl. inf. HT	1	2	6	6	5	5
TP	6,3	♂	12,0	18,0	12,0	15,0	3	R/L MM 13, RA med. Rück 3	2	3	7	7	8	8
TB	6,5	♀	23,5	26,0	11,0	26,0	8	LA KK 5/7	5	8	9	9	7	5
VL	5,6	♂	14,0	17,0	14,0	17,0	7	LA KK 5/5, LA obl. inf. Rück 6	3	5	8	6	3	3
WK	6,6	♂	10,0	14,0	7,0	14,0	5	R/L MM 13	0	3	6	6	-6	-6
WR	6,3	♂	13,0	14,0	13,0	14,0	10	RA KK 4,5/4,5	-5	-3		5	2,5	2
WS	4,8	♂	13,0	15,0	7,5	11,0	7	LA KK 5/5	5	5	8,5	5	9	5,5
WT	5,1	♂	15,0	18,0	15,0	18,0	9	LA KK 5/4	-3	-3	0	6	7	7
WA	6,4	♂	14,0	15,0	14,0	15,0	4	RA KK 4,5/4,5	2	5	9	9	6	6
WKa	9,2	♀	12,0	12,0	10,0	12,0	6	RA KK 4,5/3,5	3	1	7	7	6	6
WC	5,9	♀	14,0	19,0	10,0	19,0	8	LA KK 5/6	2	6	8	8	7	7
ZM	6,2	♂	13,0	12,0	10,0	10,0	7	RA KK 4,5/4,5, RA obl. sup. HT	4	4	12	10	10	7
ZL	5,1	♀	15,0	20,5	15,0	20,5	6	LA KK 5/7	-5	0	5	1,5	4	4
ZLo	6,1	♀	22,0	26,0	11,0	26,0	11	RA KK 5/7	-10	-3		3	7	0

Tab. 2 Gruppe 2: Patienten der Gruppe 2 mit Alter zum Operationszeitpunkt in Jahren, Geschlecht, den jeweiligen Schielwinkeln (APCT Winkel im alternierenden Prismencovertest; SPCT Winkel im simultanen Prismenabdecktest; fern Messung beim Blick in 5 m, nah Messung beim Blick in 30 cm; AW Anomaliewinkel; Frei nach Verbandnahme und einigen Stunden binokularer Freigabe; 3 Mon zur Kontrolluntersuchung nach 3 Monaten) und den durchgeführten Operationen (RA rechtes Auge; LA linkes Auge; KK kombinierte Konvergenzoperation mit Angabe der Rücklagerungsstrecke des M. rectus medialis der Faltungen- bzw. Resektionsstrecke des M. rectus lateralis in mm; obl. inf. Rück Rücklagerung des M. obliquus inferior in mm; obl. inf. HT hintere Tenotomie des M. obliquus inferior im angegebenen Anteil der Gesamtmuskelbreite; med. Rück Rücklagerungsstrecke des M. rectus medialis)

Initial	Alter	Sex	APCT fern	APCT nah	SPCT fern	SPCT nah	AW	Operation	APCT fern Frei	SPCT fern Frei	APCT fern 3 Mon	SPCT fern 3 Mon
AN	6,1	♀	29	30	29	30	5	LA KK 5/4, RA med. Rück 5	-4	-4	3	3
AH	11,2	♀	19	24	19	24	11	RA KK 5/3	5	5	9	5
AO	5,8	♂	20	23	20	23	7	LA KK 5/6	10	10	0	0
BM	7,4	♂	19	26	19	26	7	RA KK 6/5	0	2	8	8
BH	5,9	♀	24	32	24	32	7	RA KK 4/4, LA rect. med. Rück 6	6	3	8	8
CA	8,0	♂	11,5	17	11,5	17	8	LA KK 4/3, LA obl. inf. Rück 8	9	9	2	1
CD	5,8	♀	24	28	24	28	15	RA KK 5/4, R/L obl. inf. Rück 14	5	5	3	3
GM	5,6	♂	27	26,5	27	26,5	5	LA KK 5,5/7	3	0	8	8
HJ	6,5	♂	27	27	27	27	17	R/L rect. med. Rück 5, RA obl. inf. Rück 12, LA obl. inf. Rück 8	0	0	6	5
HS	9,9	♀	22	24	22	24	17	LA KK 5/5	17	10	14	14
HC	8,8	♀	20	22	20	22	6	LA KK 5/5	4,5	4,5	5	5
IE	8,2	♀	20	17	20	17	5	LA KK 5/5	5	5	5	5
KR	7,1	♂	14	14	14	14	5	LA KK 4/4, RA obl. inf. Rück 4, LA obl. inf. Rück 8	6	6	6	6
KL	6,1	♂	14	14	14	14	6	R/L rect. med. Rück 3	4	4	3	2
KE	5,8	♀	15	22	15	22	7	LA KK 6/5, RA obl. inf. Rück 10, LA obl. inf. Rück 8	4,5	4,5	-3	-3
KM	6,6	♀	25	25	25	25	5	RA KK 4/4; LA rect. med. Rück 4, R/L obl. inf. HT 1/2	1	1	0	0
MR	9,6	♂	22	28	22	28	10	RA KK 7/5, RA obl. inf. Rück 10, LA obl. inf. Rück 8	5	3	4	2
MA	8,3	♂	24	24	24	24	8	RA KK 6/6	14	14	14	8
MJ	6,3	♂	20	20	20	20	9	RA KK 6/5	-3	-3	-5	-5
MP	6,3	♂	17	14	17	14	9	RA KK 5/4	9	9	10	10
PS	11,9	♂	17	24	17	24	14	LA KK 4/4, R/L obl. inf. HT	3	3	-5	-5
PL	7,6	♂	22	22	22	22	8	LA KK 3/6	3	3	10	3
SH	5,4	♀	20	28	20	28	9	RA KK 5/5, R/L obl. inf. Rück 8	8	8	8	8
SP	12,5	♂	26,5	24	26,5	24	14	RA KK 6/6, R/L obl. inf. Rück 8	-2	0	5	2
ST	5,3	♀	22	26,5	22	26,5	5	LA KK 6/6, R/L obl. inf. HT	-3	-3	2	2
SA	5,7	♂	35	35	35	35	15	LA KK 5/5, RA rect. med. Rück 6, R/L obl. inf. Rück 10	4	4	9	9
SC	5,7	♀	17	19	17	19	15	R/L rect. med. Rück 4	4,5	4,5	0	0
SL	6,4	♀	14	17	14	17	5	LA KK 5/3	5	5	0	0

Glossar

Amblyopie	Schwachsichtigkeit
APCT	alternierender Prismenabdecktest
ARK	anomale retinale Korrespondenz
asthenopische Beschwerden	Beeinträchtigung des Allgemeinbefindens durch motorische, akkommodative, sensorische oder optische Störungen im visuellen System
Dislokationsamblyopie	Schwachsichtigkeit aufgrund nichtseitengleicher retinaler Abbildung
Duktion	Bewegung eines Auges (in X-, Y- oder Z-Achse)
Esophorie	Innenschielen (latent)
Esotropie	Innenschielen (manifest)
Exophorie	Aussenschielen (latent)
Konfusion	zwei unterschiedliche Seheindrücke am selben Ort
ODC	okuläre Dominanzkolumnen (ocular dominance columns)
Orthophorie	Nichtschielen/ Normalsichtigkeit
Pannumareal	Raum in dem mit beiden Augen ein Bild wahrgenommen wird
pdpt	Prismendioptrien (cm Ablenkung in 1m Entfernung)
Querdissparation	Verschiedenheit der Bildlage auf der rechten und der linken Netzhaut, die durch den Augenabstand entsteht
SPCT	simultaner Prismenabdecktest
Strabismus	Schielen
Vergenz	entgegengerichtete Bewegung beider Augen
Version	gleichgerichtete Bewegung beider Augen
Zykloduktion	Verrollung

Publikationsverzeichnis

Rost D, Kretschmar A, Gräf M. Durchführung und Ergebnisse der Prismenüberkorrektur nach Operation eines Strabismus convergens mit großem Anomaliewinkel. Z prakt Augenheilkd 2006; 27: 355-358

Kretschmar A, Rost D, Gräf M. Einfluss der Prismenüberkorrektur auf postoperativen Restschielwinkel. Klin Monatsbl Augenheilkd 2007; 224 (8): 659-663

Erklärung

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

Danksagung

Ich danke Prof. Dr. med. Michael H. Gräf für die Überlassung des Themas. Seine Energie und Leistungsfähigkeit haben mich tief beeindruckt. Er stand mir jederzeit mit kritischer und konstruktiver Diskussion zur Seite.

Des Weiteren danke ich PD Dr. med. Ralph Becker und Dr. med. Heiko Wassill für Ihre Unterstützung in allen fachlichen und persönlichen Fragen. Den Orthoptistinnen und dabei insbesondere Frau Levefre (geb. Rost) und Frau Borchert verdanke ich die tieferen Einblicke in die Geheimnisse der Strabologie. Ohne ihre Mitwirkung wäre diese Arbeit nicht möglich gewesen.

Ich danke Frau Klingemann für Ihre tatkräftige Unterstützung bei der Datensammlung in der Heidelberger Universitätsaugenklinik.

Ein besonderer Dank gebührt meiner Mutter, deren unerschütterlicher Glauben an mich und ihre bedingungslose Unterstützung in allen Belangen unersetzlich war und ist.

Für die stetige Unterstützung und Ermunterung bei der Erstellung und Korrektur der Arbeit möchte ich mich bei meiner Frau Nancy bedanken.