

Ophthalmologie 2020 · 117:1210–1217
<https://doi.org/10.1007/s00347-020-01086-6>
 Online publiziert: 26. März 2020
 © Der/die Autor(en) 2020



Michael Gräf^{1,2} · Anja Hausmann² · Dominik Kowanz¹ · Birgit Lorenz^{1,2}

¹ Fachbereich Medizin, Justus-Liebig-Universität Gießen, Gießen, Deutschland

² Klinik und Poliklinik für Augenheilkunde, Universitätsklinikum Gießen und Marburg GmbH, Standort Gießen, Gießen, Deutschland

Hoch dosierte Anderson- und Kestenbaum-Operation bei Nystagmus mit Kopfwangshaltung

Eine große nystagmusbedingte Kopfwangshaltung (KZH) ist eine Indikation zur operativen Therapie. Die dabei häufigste KZH ist eine Kopfdrehung aufgrund einer seitlich gelegenen Nystagmusneutralzone. Wenn der Nystagmus beim Blick nach rechts abnimmt, wird der Patient den Kopf bei Visusanforderung nach links wenden. Im Blick noch weiter nach rechts, also rechts der Neutralzone, schlägt der Nystagmus nach rechts, links der Neutralzone nach links. Dieses typische Verhalten des idiopathischen infantilen (IIN) und des mit sensorischen Defekten assoziierten Nystagmus (SDN) ist unabhängig davon, mit welchem Auge der Patient fixiert, und unter monokularen und binokularen Sehbedingungen annähernd gleich. Die KZH kann zusätzlich vertikale oder Neigungskomponenten aufweisen. Davon zu unterscheiden ist der Nystagmus vom Latenstyp. Er ist nicht Gegenstand dieser Studie. Zur Korrektur der KZH dienen Umlagerungsoperationen. Sie verlagern die Neutralzone hin zur Primärposition [1, 14, 15]. Wenige Patienten sprechen auf das Prinzip artifizielle Divergenz (AD) an. AD erzeugt eine Exophorie, deren Kompensation durch Konvergenz den Nystagmus insgesamt dämpft [3]. AD allein genügt selten, ist aber mit Umlagerungsoperationen kombinierbar [24, 25, 30]. Die sog. 4-Muskel-Tenotomie hat sich nicht durchgesetzt [9].

Die Protagonisten der Umlagerungsoperationen, Kestenbaum und Anderson,

Anwendung ihrer prinzipiell ähnlichen Konzepte [1, 14]. Kestenbaum lagerte die in der KZH aktiven Agonisten beidseits zurück und resezierte die Antagonisten [14, 15]. Die Dosis von 1 mm pro Muskel je 5° Kopfdrehung (0,4 mm/Auge/°KZH) war nicht ausreichend. In der Folge wurden Dosierungen bis >0,6 mm/Auge/°KZH empfohlen, was >10 mm pro Muskel entsprechen kann [6, 12, 13, 16, 18, 20, 22, 27]. Auch damit wurde nicht selten eine Rest-KZH beobachtet. Anderson lagerte nur die Agonisten zurück [1]. Hierzu liegen relativ wenige Studien vor. Expertenmeinungen waren geteilt. Von Noorden favorisierte eine hoch dosierte AO als Ersteingriff [21]. De Decker machte die Wahl des Verfahrens von der Größe der KZH abhängig [4]. Buckley berichtete, dass reine Rücklagerungen, selbst hoch dosiert, auf Dauer meist ineffektiv wären (in [23]). Systematische Studien zur Anderson-Operation (AO) erschienen um die Jahrtausendwende. Darin wurde die AO als sehr effektiv beschrieben [2, 5, 11, 17, 19, 26]. In unserer Klinik lieferte die AO verglichen mit früheren Kestenbaum-Operationen (KO) nahezu identische Erfolgsraten nach 3 bis 6 Monaten [7]. Daher verwenden wir seit 2013 die AO zur Therapie bei nystagmusbedingter Kopfdrehung. Bei den Nachkontrollen fiel auf, dass die Rest-KZH in einem längeren Zeitintervall im Mittel etwas zunahm [8]. Frühere Untersuchungen zum Effekt der KO in unserer Klinik waren auf kurze Nachbeobach-

tungszeit begrenzt, und die Dosierung war niedriger als in den letzten Jahren [6]. Daher verglichen wir rezenterer, höher dosierte KO und die hoch dosierte AO im Hinblick auf ihre Langzeitwirkung.

Patienten und Methoden

Patienten

Die von der Ethikkommission der Justus-Liebig-Universität Gießen genehmigte (PN 130/15) retrospektive Studie umfasst 47 Orthotrope, für die eine AD nicht infrage kam, die seit 2013 in unserer Klinik eine hoch dosierte AO zur Korrektur ihrer nystagmusbedingten Kopfdrehung erhielten. Nicht in die aktuelle Auswertung eingeschlossen wurden 3 Patienten, die bereits eine Augenmuskeloperation erhalten hatten, 4 Patienten, die nicht zur Spätkontrolle kamen, und 3 Patienten, die nach 4 Monaten einen Zweiteingriff erhielten (1 präoperativ kompensierte, postoperativ trotz asymmetrischer Rücklagerungen dekompenzierte Exophorie, 1 Optimierung des guten OP-Erfolgs durch AD, 1 Verstärkung der AO durch bovines Perikard-Interponat). Auch 4 Patienten, deren Eingriff erst kurz zurücklag, wurden nicht in die Studie aufgenommen. Die Daten der verbleibenden 33 in den Jahren 2013 bis 2018 operierten Patienten wurden ausgewertet. Zum Vergleich wurden Daten von 19 Patienten ausgewertet, die in den Jahren 2003 bis 2013 eine KO und auch schon eine Spätkontrolle erhalten

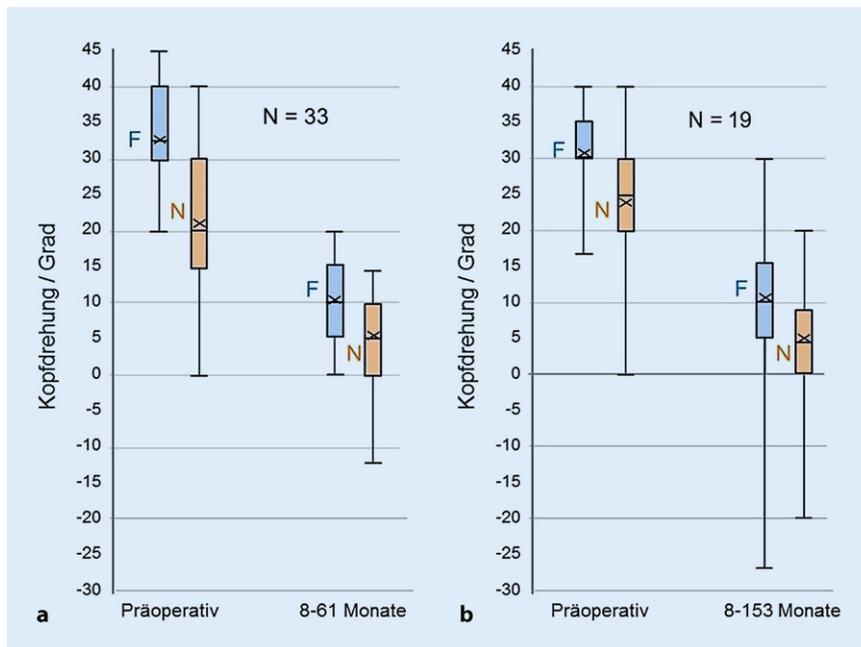


Abb. 1 ▲ Kopfdrehung unter maximaler Visusforderung bei Fern- (F) und Nahfixation (N) vor und spät nach Anderson-Operation (a) und Kestenbaum-Operation (b). Box und Whiskers-Grafik. Die Antennen zeigen die gesamte Streubreite. Im negativen Bereich (Übereffekt) lag in beiden Gruppen nur 1 Fall (▣ Tab. 1, Nr. 27, Nähe, und ▣ Tab. 2, Nr. 17, s. Text)

hatten oder zu diesem Zweck einbestellt wurden. Bei 14 Patienten waren die OP-Strecken seitengleich, bei 5 Patienten am adduzierten Auge maximal 2 mm größer als am abduzierten Auge. Ein Patient, dessen Kopfdrehung sich spät nach KO umkehrte (▣ Tab. 2, Nr. 17), wurde bei der vergleichenden Analyse der Langzeitergebnisse ausgeschlossen.

Diagnostik

Die Patienten erhielten regelmäßig eine Refraktometrie in Zykloplegie, Spaltlampenuntersuchung, Ophthalmoskopie in Mydriasis, Biometrie der axialen Bulbuslänge und wenn möglich ein Fundus-OCT. Die Refraktion war abzüglich 0,5 dpt sph korrigiert. Der Visus wurde monokular und binokular in KZH bestimmt, die Augenstellung im einseitigen und alternierenden Prismenabdecktest, das Binokularsehen im Bagolini-, Titmus- und Lang-1-Stereotest untersucht. Die KZH (auch Komponenten in anderer Ebene) war vor und nach KO mit einem orthoptischen Goniometer (Strabofix) gemessen. Vor und nach AO wurde die Kopfdrehung in der Ferne zudem an einer 12 m breiten Tangentenskala be-

stimmt. Die Position an der Skala, aus der für den Untersucher beide Ohren des Patienten gleich sichtbar sind, entspricht der KZH. So sind evtl. Fehler, z. B. durch Verrutschen eines Stirnprojektors, ausgeschlossen. Im Zentrum der Skala wurden Optotypen angeboten. Alle Messungen erfolgten bei maximaler Visusforderung in 5 m. Die Befunde unter binokularen Sehbedingungen wurden ausgewertet. Der Prismeneffekt der Brillengläser [10], der evtl. eine Differenz zwischen der KZH und Position der Neutralzone bedingen könnte, betrug nur in 2 Fällen $>5^\circ$ (▣ Tab. 1, Nr. 7, 27). Er ist in der Auswertung vernachlässigt.

Operation

Alle Eingriffe erfolgten in Allgemeinanästhesie. Über einen Limbusschnitt wurde der Muskel nach Lösen vom umgebenden Bindegewebe bis zur Tenonpforte am oberen und unteren Sehnerviertel mit Polyglactin 6-0 angeschlungen. Die Rücklagerungsstrecken wurden von 2 Referenzpunkten am Limbus aus gemessen. Bei den AO wurden beide Muskeln in der Regel um den gleichen Betrag rückgelagert. Die KO erfolgten mit Verkürzung

durch Faltung, selten durch Resektion. Dabei wurden jeweils das obere und untere Sehnendrittel mit Polyglactin 6-0 angeschlungen und am Ober- und Unter-rand der Insertion skleral fixiert. Auch bei den KO war die Dosisverteilung symmetrisch.

Statistik

Die Mediane und Streubreiten für Alter, Operationsdosis, prä- und postoperative KZH sowie den prä- und postoperativen Binokularvisus wurden ermittelt. Als Erfolgsraten wurden der Anteil auf $\leq 10^\circ$ und $\leq 15^\circ$ Rest-KZH korrigierter Patienten definiert. Zum Vergleich der Gruppen AO und KO diente der Mann-Whitney-U-Test. Konfidenzintervalle wurden nach der Formel von Hald berechnet. Die Untersuchung der Geschlechts- und Seitenwendigkeit erfolgte mit der Binomialfunktion. Zur Berechnung der Visusmittelwerte wurden die Werte logarithmiert und das arithmetische Mittel der logarithmierten Werte in den Visus zurücktransformiert.

Ergebnisse

Wesentliche Patientendaten sind in ▣ Tab. 1 und 2 zusammengefasst. Es überwogen 37 (71%) männliche gegenüber 15 (29%) weiblichen Patienten. Linksdrehung war mit 71%, Rechtsdrehung mit 29% vertreten ($p=0,0016$). Die Altersverteilung und die Größe der KZH in den Gruppen waren sehr ähnlich (▣ Abb. 1). Der Altersmedian lag bei 7 (AO) bzw. 6 (KO) Jahren.

Die KZH betrug im Median $32,5^\circ$ (AO) bzw. 30° (KO), die Rücklagerungsstrecke im Rahmen der AO 13 mm (Median), zu Beginn 10–12 mm ($n=10$), später ≥ 13 mm ($n=23$). Die KO war KZH-abhängig mit einer mittleren Gesamtdosis von 0,60 mm/Auge/Grad Kopfdrehung ca. 10% höher dosiert als in einer früheren Studie aus dieser Klinik [6]. Die Operationszeit der AO war im Vergleich zur KO 40% kürzer. Die ▣ Tab. 3 zeigt im Vergleich die KZH präoperativ und bei den postoperativen Kontrollen. Die KZH wurde durch AO längerfristig um 67%, durch KO um 64% reduziert, bei Beschränkung auf die 9 Patienten

M. Gräf · A. Hausmann · D. Kowanz · B. Lorenz

Hoch dosierte Anderson- und Kestenbaum-Operation bei Nystagmus mit Kopfwangshaltung**Zusammenfassung**

Hintergrund. Die Korrektur einer Kopfwangshaltung (KZH) bei infantilem Nystagmussyndrom (INS) erfolgt mit der Kestenbaum-Operation (KO) in Form der beidseitigen Rücklagerung der in KZH aktiven Agonisten und Verkürzung ihrer Antagonisten oder mit der Anderson-Operation (AO) durch die alleinige Rücklagerung der Agonisten.

Ziel der Arbeit. Vergleich der Ergebnisse hoch dosierter AO und KO bei ähnlicher KZH.

Patienten und Methoden. In unterschiedlichen Zeiträumen (2013 bis 2019 bzw. 2003 bis 2013) kam ausschließlich die AO bzw. die KO zur Anwendung. Eine hoch dosierte AO erhielten in einer konsekutiven Fallserie 33 Orthotrope mit INS und KZH, eine KO erhielten 19 Patienten. Die Mediane und

Streubreiten (min–max) in den Gruppen AO/KO betragen: Alter bei OP 7 (4–44) Jahre/6 (4–27) Jahre; KZH 32,5°(20–45)/30°(17–40); Operationsstrecke pro Auge AO 13 (10–16) mm (Standarddosis), KO 10 (6–12) mm + 10 (6–12) mm (Mittel 0,60 mm/°KZH).

Ergebnisse. Die KZH betrug nach ca. 3 Monaten 10°(–3–20)/10°(–7–20), bei der Spätkontrolle (8 bis 153 Monate) 10°(0–20)/10°(–27–30). Sie war bei der letzten Kontrolle um 67% (20–100)/64% (14–100) verringert. Eine Restdrehung ≤15° fand sich in 79/81% der Fälle (91% nach AO ≥13 mm; n = 23), ein Rest ≤10° in 55/57%, (65% nach AO ≥13 mm). Die Ad-/Abduktionsfähigkeit der rückgelagerten Muskeln betrug nach AO 30°/30° (10–37/15–45), nach KO 32°/30°

(10–40/12–45). Eine assoziierte Kopfneigung wurde durch den Eingriff nicht verbessert. Der mittlere Anstieg des binokularen Visus betrug jeweils <1 Zeile, in der Gruppe AO 1 Zeile bei Kindern ≤6 Jahre, kein Anstieg in der Altersklasse >6 Jahre.

Schlussfolgerung. AO und KO waren bei der verwendeten Dosierung wirkungsgleich. Die geringere Invasivität der AO spricht für deren Anwendung als Ersteingriff.

Schlüsselwörter

Augenmuskelschirurgie · Kopfschiefhaltung · Neutralzone · Torticollis · Umlagerungsoperation

Highly dosed Anderson and Kestenbaum operations for anomalous head posture due to nystagmus**Abstract**

Background. The correction of anomalous head posture associated with infantile nystagmus syndrome (INS) is carried out by the Kestenbaum procedure (KP) combining bilateral horizontal yoke muscle recession with resection of their antagonists or by the Anderson procedure (AP) which is confined to yoke muscle recession alone.

Aim of the study. To compare the results of highly dosed AP and KP for anomalous head turn (HT).

Patients and methods. The AP (2013–2019) and KP (2003–2013) were used as the exclusive procedures during the respective time periods. A highly dosed AP was performed in a case series of 33 consecutive orthotropic patients with INS and KP in 19 orthotropic patients

with INS. Medians and ranges (min–max) in groups AP/KP were: age at surgery 7 years (4–44 years)/6 years (4–27 years), HT 32.5° (20–45°)/30° (17–40°) and surgery on each eye AP 13 mm (10–16 mm) (standard dose), KP 10 mm (6–12 mm) + 10 mm (6–12 mm) (mean 0.6 mm/°HT).

Results. The HT was diminished to 10° (–3–20°)/10° (–7–20°) ca. 3 months after surgery. At the late visit (8–153 months), the residual HT was 10° (0–20°)/10° (–27–30°). The HT was reduced by 67% (20–100%)/64% (14–100%) at the last control. A residual HT ≤15° was present in 79%/81% of cases (91% after AP ≥13 mm; n = 23) and HT ≤10° in 55%/57%, (65% after AP ≥13 mm). The maximum adduction/abduction towards the

recessed muscles was 30°/30° (10–37°/15–45°) after AP and 32°/30° (10–40°/12–45°) after KP. An associated head tilt was not improved by the intervention. Mean binocular visual acuity increased by <1 line in both procedures. After AP the mean increase was 1 line in children ≤6 years old and there was no increase in patients >6 years of age.

Conclusion. The effectiveness and success rates of AP and KP were similar with the dosing used. Less invasive surgery is an advantage in favor of AP as the primary procedure.

Keywords

Eye muscle surgery · Null zone shift · Neutral zone · Torticollis · Extraocular muscle surgery

mit Spätkontrolle <3 Jahre nach KO um 70% (43–100). Diesbezüglich bestand kein signifikanter Unterschied zwischen den Verfahren ($p = 0,83$). Eine erfolgreiche Korrektur mit Restdrehung ≤10° wiesen zur Spätkontrolle nach AO 55% der Patienten auf, nach KO 57% und 65% nach AO ≥13 mm. Im Bereich ≤15° lagen nach AO 79%, nach KO 81% und 91% nach AO ≥13 mm ($n = 23$).

Die KZH bei Nahfixation war deutlich geringer als in der Ferne. Sie betrug in der AO-Gruppe 20° (0–40), bei der Spätkontrolle 5° (0–15), lediglich ein

hoch hyperopes Kind (■ **Tab. 1**, Nr. 27) mit 19,8 mm Bulbuslänge, bei dem der Eingriff eine Exophorie induzierte, drehte in der Nähe zur Gegenseite. In der Gruppe KO wurde die Kopfdrehung bei Nahfixation von 25° (0–40) auf 4° (0–20) reduziert (■ **Abb. 1**).

Elf Patienten wiesen vor AO eine Kopfneigung ≥10° (10–30) auf. Sie war zur Spätkontrolle in 2 Fällen 10° geringer, in 1 Fall 10° größer, in den übrigen Fällen weitgehend unverändert (Differenz 0–5°). Vor KO hatten 4 Patienten eine Kopfneigung ≥10° (10–15). Sie war zur

Spätkontrolle in 3 Fällen 10° geringer, in 1 Fall 7° größer.

Der mittlere Binokularvisus betrug vor/nach AO im Mittel 0,58/0,63, vor/nach KO im Mittel 0,72/0,82 (logMAR 0,24 ± 0,22/0,20 ± 0,23 bzw. logMAR 0,14 ± 0,17/0,084 ± 0,13). Der mittlere Anstieg betrug somit ca. 1/2 Zeile. In der Altersklasse ≤6 Jahre ($n = 10$) entsprach die Verbesserung von logMAR 0,24 ± 0,13 auf logMAR 0,14 ± 0,14 nach AO 1 Zeile. In der Altersklasse >6 Jahre blieb der mittlere Visus von 0,58 unverändert.

Tab. 1 Befunde von 33 Patienten vor und nach Anderson-Operation

Nr	A/G	Diagnose Auffälligkeit	Refraktion in Zykloplegie		BL (mm)	Dosis mm/ Auge	KZH Feme (Grad)		KZH Nähe (Grad)		Motilität (mm)		Binokularer Visus		Binokularfunktion		NBZ (Mon.)
			RA	LA			Prä	Post	Prä	Post	Ad	Ab	Prä	Post	Prä	Post	
1	20 w	Fovea-OCT	-3,5/15°	-1,0/-2,75/25°	24,2	10	25L	20L	0	0	7	6	0,12	0,12	1	1	27
2	10 m	Albinismus	-3,5/3,0/16°	-2,5/-4,75/160°	25,8	12	30L	20L	30L	15L	7	7	0,5	0,5	4	3	30
3	12 m	Idiopathisch	+2,0/-4,0/7°	+1,0/-1,25/175°	24,0	12	30R	20R	15R	5R	6	6	0,63	0,5	4	4	23
4	6 w	Idiopathisch	-0,5/-1,25/116°	+0,25/-2,75/20°	21,4	10	30L	20L	20L	12L	7	7	0,8	1,0	4	4	8
5	7 m	Fovea-OCT	-3,25/-3,75/25°	-3,5/-3,25/158°	24,6	12	20L	0	20L	0	6	6	0,2	0,32	2	2	19
6	4 m	Albinismus	+2,25/-0,75/152°	+3,5/-1,0/174°	21,2	12	35L	15L	30L	10L	5	5	0,5	0,8	4	4	20
7	5 w	Idiopathisch	+4,75/-1,25/169°	+5,25/-2,5/177°	21,6	10	40L	17L	20L	10L	6	6	0,63	0,63	4	4	43
8	15 w	Idiopathisch	-1,5/-4,25/6°	-1,25/-4,75/172°	24,2	13	30L	10L	20L	10L	2	6	0,5	0,4	1	0	12
9	6 w	Albinismus	+5,25/-5,5/11°	+4,5/-3,75/160°	21,6	10	20R	5R	5R	0	6	9	0,4	0,4	2	3	45
10	6 m	Idiopathisch	+5,25/-1,75/110°	+6,75/-2,0/54°	21,6	16 ^a	40R	3R	30R	3R	4	4	0,5	0,8	4	4	8
11	44 w	NF 1	-0,25/-0,25/150°	+0,25 sph	23,8	14	35R	15R	15R	10R	6	7	1,0	0,8	4	4	22
12	6 m	Idiopathisch	+4,25/1,5/3°	+2,75/-0,5/161°	22,5	14	30R	20R	30R	10R	7	6	1,0	1,0	4	4	23
13	8 m	Fovea-OCT	+5,75/-1,75/172°	+5,75/-1,25/1°	21,3	13	30L	10L	25L	0	-	-	0,8	0,8	4	4	23
14	9 m	Frühgeburt	+1,75/-1,0/176°	+0,5/-1,25/136°	21,7	13	30L	5L	25L	5L	6	6	1,0	1,0	4	4	12
15	6 m	Fovea-OCT	+6,5/-1,75/159°	+7,0/-1,5/174°	21,4	13	35R	15R	35R	10R	6,5	6,5	0,5	1,0	4	4	20
16	8 w	Idiopathisch	+0,75/-0,25/25°	+0,75/-0,5/61°	22,9	13	40R	12R	20R	0	6	7	1,0	1,0	4	4	13
17	8 m	Idiopathisch	+1,0/-1,0/39°	+1,25/-0,25/178°	22,8	13	40L	15L	20L	10L	7	6	0,63	0,63	4	4	13
18	8 m	Idiopathisch	+3,25 sph	+3,0/-0,25/0°	22,3	13	40L	5L	10L	0	5,5	6	1,0	1,25	4	4	11
19	7 m	Idiopathisch	+2,25/-0,75/168°	+1,5/-0,5/174°	21,7	14	30L	10L	30L	10L	6	6	0,8	0,63	3	2	12
20	34 m	Idiopathisch	+0,5/-1,0/9°	+0,75/-1,0/1°	23,6	14	35L	8L	20L	4L	7,5	8	1,0	1,0	4	4	12
21	5 w	Idiopathisch	+1,0/-2,0/9°	+1,0/-2,0/159°	-	12	35L	15L	30L	10L	6	7	0,4	0,63	4	4	27
22	6 m	Idiopathisch	+0,25/-0,5/86°	-0,25 sph	23,4	14	40L	10L	10L	5L	5	6	0,8	1,0	4	4	14
23	7 m	Retardierung	+2,0/-1,5/7°	+2,75/-2,25/170°	22,4	14	35L	3L	25L	0	≥2	≥3	0,5	0,4	3	4	15
24	7 m	Fovea-OCT	+4,5/-1,5/2°	+5,5/-1,5/169°	20,3	10,5 ^b	30R	12R	20R	7R	6	5,5	0,5	0,4	1	3	15
25	6 m	Fovea-OCT	+2,25/-1,25/10°	+1,0/-1,5/120°	21,8	13	25L	10L	15L	5L	7	7	0,4	0,5	4	4	14
26	38 w	Idiopathisch	+0,5/-0,75/173°	+0,25/-0,25/8°	22,3	10	25L	0	10L	0	7	6	1,0	1,0	4	4	61
27	4 m	Idiopathisch	+7,75/-0,75/20°	+8,0/-0,5/15°	19,8	14	40L	0	40L	12R ^c	4	5	0,63	0,8	4	4	12
28	9 m	Optikusatrophie	-4,75/-0,25/70°	-5,5/-1,0/170°	25,2	13	25L	2L	10L	0	6	6	0,4	0,32	3	3	12
29	7 w	Albinismus	+1,75 sph	+2,0/-0,75/168°	21,2	14	40L	15L	40L	0	4	6	0,5	0,8	1	1	12
30	11 m	Fovea-OCT	+2,25/-0,5/10°	+2,0 sph	23,6	14	30L	5L	10L	2L	6	6	1,0	1,0	4	4	12
31	7 m	Idiopathisch	+3,5/-0,75/16°	+3,5/-0,75/8°	21,8	14	35R	20R	25R	15R	4	4	0,8	1,25	4	4	8

Tab. 1 (Fortsetzung)

Nr	A/G	Diagnose auffälligkeit	Refraktion in Zykloplegie		BL (mm)	Dosis mm/ mm/ Auge	KZH Ferne (Grad)		KZH Nähe (Grad)		Motilität (mm)		Binokularer Visus		Binokularfunktion		NBZ (Mon.)
			RA	LA			Prä	Post	Prä	Post	Ad	Ab	Prä	Post	Prä	Post	
32	12 m	Albinismus	-1,25/-1,75/25°	-1,25/-2,0/155°	24,0	14	25L	5L	15L	7L	6	7	0,2	0,2	3	3	12
33	6 m	Nachtblindheit	+3,25/-0,5/38°	+4,0/-0,75/75°	22,1	14	45R	0	40R	-	5	5	0,5	0,5	4	4	14

Idiopathisch: Fälle mit normalem Makula-OCT (kein ERG), Fovea-OCT: subdifferenzierte Fovea, keine sonstige Auffälligkeit

A Alter/Jahre, G Geschlecht, BL axiale Bulbuslänge, Mittelwert beider Augen; KZH Kopfdrehung (Grad), NBZ Nachbeobachtungszeit, prä präoperativ, post postoperativ, R rechts, L links
Binokularfunktion: 1 = Bagolini, 2 = Titmus-Ringe, 3 = Titmus-Fliege, 4 = Lang-Stereotest

^a15/17, geringere Dosis medial, jeweils 8 mm Verlängerung mit bovinem Perikard-Interponat

^b9/12, nach [11]

^cUmkehr der KZH bei dekompensierter Exophorie

Tab. 2 Befunde von 19 Patienten vor und nach Kestenbaum-Operation

Nr	A, G	Diagnose auffälligkeit	Refraktion in Zykloplegie		BL (mm)	Dosis/ Auge (mm)	KZH Ferne (Grad)		KZH Nähe (Grad)		Motilität (mm)		Binokularer Visus		Binokularfunktion		NBZ (Mon.)
			RA	LA			Prä	Post	Prä	Post	Ad	Ab	Prä	Post	Prä	Post	
1	15 m	Albinismus	-1,25 sph	-1,0/-0,5/40°	23,5	20	30L	10L	20L	5L	40	35	0,8	0,8	4	4	55
2	11 m	Idiopathisch	+2,0/-0,25/0°	+2,0/-0,5/165°	22,5	17	17L	14L	0	5L	40	30	1,0	0,8	4	4	64
3	5 m	Albinismus	+2,5/-0,5/11°	+2,0/-0,25/1°	22,0	12	30L	15L	30L	8L	32	35	1,0	0,8	4	4	29
4	12 m	Idiopathisch	+2,5/-2,75/164°	+1,5/-0,75/175°	-	15	25R	7,5R	10R	0R	30	40	1,0	1,0	3	3	19
5	6 w	Idiopathisch	+4,0/-2,0/169°	+4,5/-2,25/4°	22,8	19	30L	25L	20L	20L	35	32	0,8	1,25	4	4	38
6	6 m	Optikusatrophie	+0,25/-0,75/171°	+0,5/-0,25/80°	22,2	20	30L	0	20L	0	30	40	0,8	0,63	0	0	92
7	6 m	Idiopathisch	+2,25 sph	+2,0 sph	23,6	24	40L	5L	37L	2L	45	40	0,8	1,0	4	4	107
8	18 m	Idiopathisch	+3,0 sph	+4,0/-2,0/39°	22,7	20	35L	0	35L	0	25	30	0,5	0,63	3	3	15
9	7 m	Idiopathisch	+1,75/-1,75/3°	+1,5/-1,0/15°	22,9	20	35R	0	5R	0	25	20	1,0	0,8	4	4	63
10	4 m	Idiopathisch	+2,0/-0,75/129°	+1,25/-0,5/73°	22,5	20	35L	10L	35L	15L	27	27	0,8	0,8	2	2	15
11	4 w	Idiopathisch	+2,25/-0,75/162°	+1,5/-0,75/61°	21,5	20	40R	15R	30R	5R	30	30	0,8	1,0	4	3	90
12	8 m	Albinismus	+5,0/-0,5/30°	+4,5/-0,5/125°	21,8	24	30L	7L	25L	3L	35	40	0,5	1,0	1	1	140
13	5 m	Optikusatrophie	+1,25/-1,25/30°	+0,5/-1,5/180°	23,3	24	40L	10L	40L	15L	27	30	0,2	0,32	1	1	18
14	27 w	Idiopathisch	+1,0/-0,25/165°	+1,25/-0,5/165°	22,7	20	35L	7L	10L	5R	25	25	1,0	1,25	3	3	32
15	6 w	Albinismus	+3,25/-0,75/54°	+4,0 sph	22,1	13	35R	30R	15R	10R	45	40	0,8	1,0	4	4	153
16	7 m	Idiopathisch	+5,0/-0,5/0°	+4,5/-1,0/10°	22,5	18	30L	17L	30L	7L	40	40	0,5	0,63	4	4	20
17	8 m	Idiopathisch	+1,5/-0,5/170°	+1,5/-0,5/30°	21,9	20	30R	27L ^a	25R	20L ^a	12	10	1,0	1,0	4	3	84
18	6 w	Idiopathisch	+3,75/-1,25/160°	+3,75/-0,5/159°	21,6	18	32R	15R	27R	0	30	25	0,5	0,8	3	3	34
19	6 m	Idiopathisch	+2,5/-1,5/135°	+2,0 sph	22,5	18	30L	10L	30L	12L	40	40	0,8	0,8	4	4	35

Idiopathisch: Fälle ohne OCT oder mit normalem Makula-OCT (kein ERG), A Alter, G Geschlecht, BL axiale Bulbuslänge, Mittelwert beider Augen, KZH Kopfdrehung (Grad), NBZ Nachbeobachtungszeit, prä präoperativ, post postoperativ, R rechts, L links

Binokularfunktion: 1 = Bagolini, 2 = Titmus-Fliege, 3 = Titmus-Ringe, 4 = Lang-Stereotest

^aSpätere Umkehr der KZH

Tab. 3 Mediane und Streubreiten (min–max) prä- und postoperativer Patientenparameter

	Anderson-Operation (n = 33)	Kestenbaum-Operation (n = 19)
Zeitraum der Operationen	9/2013–6/2018	4/2003–4/2013
Alter bei Operation/Jahre	7 (4–44)	6 (4–27)
KZH Ferne präoperativ/°	32,5 (20–45)	30 (17–40)
OP-Strecke pro Auge/mm	13 (10–16)	10 (6–12) + 10 (6–12)
KZH Ferne nach 3 bis 4 Monaten/°	10 (–3–20)	10 (–3–20)
KZH-Reduktion/°	25 (10–38)	20 (7–38)
KZH-Reduktion/%	75 (33–109)	70 (33–109)
Ab-/Adduktion/°	30/30 (15–35/20–35)	35/30 (12–40/12–40)
Nachbeobachtung/Monate	14 (8–61)	36 (15–153) (n = 18)
KZH Ferne spät/°	10 (0–20)	10 (0–30) (n = 18)
KZH-Reduktion/°	20 (5–37)	21 (3–35) (n = 18)
KZH-Reduktion/%	67 (20–100)	64 (14–100) (n = 18)
Ab-/Adduktion/°	30/30 (10–37/15–45)	32/30 (10–40/12–45) (n = 18)

KZH Kopfwangshaltung; hier Kopfdrehung

Diskussion

Die Ergebnisse dieser Studie bestätigen die Wirksamkeit beider Verfahren. Beide, AO und KO reduzierten die KZH deutlich, behoben sie aber in der Regel auf Dauer nicht komplett. Die hoch dosierte AO und die invasivere KO mit der fast doppelten, auf 4 Muskeln verteilten Gesamtdosis waren gleichwertig. Der Vergleich mit den KO erscheint aufgrund der nur kleinen Änderung im späteren Verlauf trotz unterschiedlicher Nachbeobachtungszeit möglich. Die präoperative KZH war sehr ähnlich aufgrund der ausschließlichen Anwendung der AO bzw. KO in den beiden Zeiträumen. Für das Kriterium Restdrehung $\leq 15^\circ$ lagen die Erfolgsraten bei 79 % (AO) und 81 % (KO), für das Kriterium KZH $\leq 10^\circ$ bei 55 % (AO) bzw. 57 % (KO). Nach AO mit ≥ 13 mm Rücklagerung erzielten 91 % eine KZH $\leq 15^\circ$ und 65 % eine KZH $\leq 10^\circ$. Das entspricht bezüglich der KO den Ergebnissen einer früheren Studie aus unserer Klinik [6]. Das Gros der Patienten war wiederum männlich, damals mit 64 %, nun mit 71 %. Die Linksdrehung überwog mit damals 65 %, nun 71 %, bei männlichen Patienten mit ca. 3:1 ($p = 0,0057$), bei weiblichen mit ca. 3:2 ($p = 0,12$).

Die KZH bei Nahfixation ist oft geringer, mitunter wesentlich geringer als bei Fixation in der Ferne, selbst wenn Konvergenz fordernde Prismen bei Fernfi-

xation keine Änderung der KZH bewirken oder die nötige Fusionsbreite fehlt. Es wurde gewarnt, dass eine Dosiserhöhung der KO mit einer Überkorrektur bei Nahfixation einhergehen könne [13]. Uns sind diesbezüglich keine systematischen Studien bekannt. Nach den Ergebnissen unserer Studie, in der vielleicht erstmalig die KZH differenziert auch für die Nähe analysiert wurde, ist eine Überkorrektur für die Nähe nicht zu befürchten. So waren z. B. die Patienten 2, 9, 14 in der Gruppe KO (Tab. 2) sowie 1, 18, 22, 30 in der Gruppe AO (Tab. 1) mit deutlich geringerer KZH bei Nahfixation trotz hoher Dosis nicht überkorrigiert. Die einzige Überkorrektur für die Nähe (Tab. 1, Nr. 27) war durch Dekompensation einer Exophorie bedingt, bei präoperativ gleich großer KZH in Ferne und Nähe.

Viele Autoren bevorzugten asymmetrische Dosisverteilungen mit größeren Strecken lateral als medial, besonders bei der AO. Die von uns bevorzugte gleiche Verteilung könnte wegen der medial relativ zu lateral kürzeren Muskelabrollstrecke und dadurch medial stärkeren Reduktion des muskulären Drehmoments eine Exostellung induzieren. Außer bei dem hoch hyperopen Kind (Tab. 1, Nr. 27) mit entsprechend kleinen Augen (das wegen der großen KZH von 40° dennoch Rücklagerungen von 14 mm erhielt) wurde jedoch selbst un-

mittelbar nach der Verbandabnahme keine Exophorie beobachtet. Bei den wenigen Reoperationen fiel auf, dass die Muskeln 2–3 mm vor dem Fixationsort des ersten Eingriffs inserierten [7]. Als Ursache vermuten wir eine Faltenbildung der Sehne durch einen nach vorn gerichteten Schub des Bindegewebes bzw. der Tenonpforte. Ob die effektive Rücklagerung immer der applizierten Dosis gleichkommt, ist daher nicht garantiert.

In der Literatur sind auch nach niedriger dosierter AO bemerkenswerte Effekte beschrieben. Nicht selten war die KZH mit 45° angegeben, mehr als wir in der Regel fanden [28]. Nicht selten wurde trotz geringerer Rücklagerungsstrecken Vollkorrektur beschrieben, was in unserer Studie ebenfalls die Ausnahme war. Eine Übersicht gibt die Tab. 4. Kopfdrehungen von im Median 35° (15 – 45) wurden demnach durch Rücklagerungen von medial 4–8 mm und lateral 6–12 mm stark reduziert oder komplett behoben [17]. Verglichen mit den eigenen Ergebnissen sind diese Effekte erstaunlich. In einer anderen Studie wurden Kopfdrehungen von 40° durch Rücklagerungen entsprechend medial 8 mm und lateral 7 mm auf 10° verringert. Es resultierten sogar Übereffekte [2]. Einige Patienten schielten allerdings manifest und die Dosis war entsprechend modifiziert [2]. Nach Schielkorrektur kann auch Binokularsehen den Nystagmus dämpfen, und eine Umkehr der Kopfdrehung kann bei Vorliegen eines Latenstypnystagmus durch den Wechsel der Fixation aufs andere Auge bedingt sein. Die Ergebnisse kombinierter Nystagmus- und Schielchirurgie sind daher zur Beurteilung des reinen Umlagerungseffekts ungeeignet. In der Studie aus Indien an 13 orthotropen Patienten wurde die KZH von 30° durch 9 mm Medialis- und 12 mm Lateralisrücklagerung bei einer Nachbeobachtungszeit von 3 Monaten gut reduziert, nur in wenigen Fällen war die Wirkung schwach [11]. Die Abnahme der mittleren Rest-KZH um 2° in den ersten 3 Monaten war nicht signifikant [11]. In unserer Studie nahm die Rest-KZH zwischen dieser Kontrolle nach 3 Monaten und der Spätkontrolle nach AO und KO im Mittel um ca. 2° zu. In einer Studie aus Südkorea erzeugten asymmetrische

Tab. 4 Studien zu Anderson-Operationen

Autoren/Studie	N Pat	Dosis m/l (mm/Auge)	KZH Median (min–max)	Rest-KZH ≤10° Prozentanteil (95 % KI)	Rest-KZH ≤15° Prozentanteil (95 % KI)	NBZ (Mon.)
Gupta et al. [11]	12	9/12	30 (25–40)	75 (43–93)	92 (60–99)	3
Garcia-Guzman et al. [5]	10	4–8/6–12	30 (15–45)	70 (35–92)	100 (66–99)	6–24
Teodorescu et al. [26]	15	7–9/10–11,5	30 (25–40)	100 (75–99)	100 (75–99)	6–48
Kumar et al. [17]	8	6–11,5/9–13,5	25 (15–30)	88 (47–99)	88 (47–99)	6–13
Yang et al. [29]	13	10/12	20 (15–30)	92 (62–100)	100 (72–99)	6–183
Yahalom et al. [28]	27	10/12	40 (25–45)	52 (32–71)	89 (70–97)	6–108
Aktuelle Studie gesamt	33	9–15/10–17	35 (20–40)	55 (37–71)	79 (61–90)	8–43
Aktuelle Studie ≥13 mm	23	13–15/13–17	35 (30–40)	65 (43–83)	91 (70–98)	8–23

KZH Kopfdrehung in Grad, m/l medial/lateral, KI Konfidenzintervall, NBZ Nachbeobachtungszeit, Mon. Monate

Rücklagerungen von 10–14 mm in 2 von 13 Fällen einen Übereffekt von 10° [29]. Die KZH betrug dabei präoperativ maximal 30° [29]. Auch in einer früheren Studie erfolgte die Indikation zur AO vorzugsweise bei geringerer KZH [17].

Ein schwacher Effekt kann durch sparsame Muskelpräparation entstehen, auch durch eine zu niedrige Dosis, wenn der Patient z. B. die maximale bzw. der Lage der Ruhezone entsprechende Kopfdrehung wegen des dafür zu kleinen Brillengestells oder optischer Nebenwirkungen der Gläser nicht einnimmt. Ein falsch zu hoher Operationseffekt ergibt sich, wenn die KZH zwar präoperativ, aber nicht auch postoperativ unter maximaler Visusforderung bestimmt wird oder die KZH präoperativ überschätzt wurde. Bei 45° Kopfdrehung stellt sich die Frage, ob eine weit laterale Ruhezone vorliegt oder ob erst maximale Blickwendung den Nystagmus hemmt, erst recht in Fällen, bei denen eine Drehung von erstaunlichen 50° angegeben wird [28]. In diesem Fall der Beruhigung durch den seitlichen Anschlag ist eine Vollkorrektur der KZH trotz noch vorhandener Restmotilität schwer zu verstehen. Eine Fehleinschätzung der Kopfdrehung durch bloßes Schätzen, bei unruhigen Patienten auch mit dem Goniometer, kann mit der von uns beschriebenen Messmethode an einer Tangentenskala vermieden werden.

Es wurde wiederholt über Visusverbesserungen nach Umlagerungsoperationen berichtet. Wir fanden weder nach KO noch AO einen wesentlichen Visusanstieg. Der Anstieg war ähnlich gering wie in einer aktuellen Studie [29]. Die

Differenz von ca. 1/2 Stufe könnte aus der etwas besseren Korrektionswirkung der Brille resultieren, weil der Durchblick postoperativ näher am optischen Zentrum der Gläser erfolgt. Es fiel jedoch kein Zusammenhang mit der Höhe der Ametropie auf, der diese Erklärung stützen könnte. Bei Nachkontrollen von Kindern ist zu bedenken, dass in diesem Alter noch Visusreifung stattfindet. Die Befunde in der Gruppe AO deuten auf einen Einfluss dieses Faktors hin. In der Altersklasse bis zu 6 Jahren betrug der mittlere Visusanstieg 1 Zeile, in der Altersklasse ab 7 Jahren war der Visus postoperativ unverändert. Der Benefit der operativen Behandlung bestand in der Reduktion der KZH.

Fazit für die Praxis

Hoch dosierte Anderson-Operationen und Kestenbaum-Operationen waren bezüglich der Reduktion der Kopfwangshaltung gleichwertig. Die hoch dosierte Anderson-Operation ist weniger invasiv, und die Operationszeit ist kürzer. Sie ist damit eine sehr gute Alternative zur Kestenbaum-Operation. Seitengleiche Rücklagerungen der agonistischen Horizontalmotoren mit einer Standarddosis von 13–14 mm sind zur Korrektur von Kopfdrehungen zwischen 25 und 45° geeignet.

Korrespondenzadresse

Prof. Dr. Michael Gräf

Klinik und Poliklinik für Augenheilkunde, Universitätsklinikum Gießen und Marburg GmbH, Standort Gießen
Friedrichstr. 18, 35392 Gießen, Deutschland
michael.h.graef@augen.med.uni-giessen.de

Funding. Open Access funding provided by Projekt DEAL.

Einhaltung ethischer Richtlinien

Interessenkonflikt. M. Gräf, A. Hausmann, D. Kowanz und B. Lorenz geben an, dass kein Interessenkonflikt besteht.

Alle beschriebenen Untersuchungen am Menschen oder an menschlichem Gewebe wurden mit Zustimmung der zuständigen Ethikkommission, im Einklang mit nationalem Recht sowie gemäß der Deklaration von Helsinki von 1975 (in der aktuellen, überarbeiteten Fassung) durchgeführt. Von allen beteiligten Patienten liegt eine Einverständniserklärung vor.

Open Access. Dieser Artikel wird unter der Creative Commons Namensnennung 4.0 International Lizenz veröffentlicht, welche die Nutzung, Vervielfältigung, Bearbeitung, Verbreitung und Wiedergabe in jeglichem Medium und Format erlaubt, sofern Sie den/die ursprünglichen Autor(en) und die Quelle ordnungsgemäß nennen, einen Link zur Creative Commons Lizenz beifügen und angeben, ob Änderungen vorgenommen wurden.

Die in diesem Artikel enthaltenen Bilder und sonstiges Drittmaterial unterliegen ebenfalls der genannten Creative Commons Lizenz, sofern sich aus der Abbildungslegende nichts anderes ergibt. Sofern das betreffende Material nicht unter der genannten Creative Commons Lizenz steht und die betreffende Handlung nicht nach gesetzlichen Vorschriften erlaubt ist, ist für die oben aufgeführten Weiterverwendungen des Materials die Einwilligung des jeweiligen Rechteinhabers einzuholen.

Weitere Details zur Lizenz entnehmen Sie bitte der Lizenzinformation auf <http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.de>.

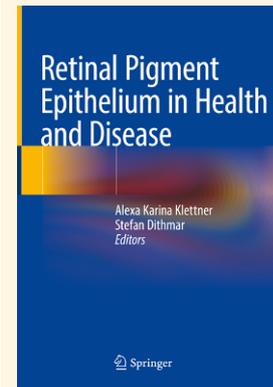
Literatur

- Anderson JR (1953) Causes and treatment of congenital eccentric nystagmus. *Br J Ophthalmol* 37:267–281
- Arroyo-Yllanes ME, Fonte-Vázquez A, Pérez-Proceder JF (2002) Modified Anderson procedure for correcting abnormal mixed head position in nystagmus. *Br J Ophthalmol* 86:267–269
- Cüppers C (1971) Probleme der operativen Therapie des okulären Nystagmus. *Klin Monbl Augenheilkd* 159:145–157
- de Decker W (1987) Kestenbaum transposition in nystagmus therapy. Transposition in horizontal and torsional plane. *Bull Soc Belge Ophtalmol* 221–222:107–120
- García-Guzmán G, Washington R, Villasenor J (1990) Anderson's surgery. *Rev Mex Oftalmol* 64:183–186
- Gräf M, Drouzas K, Kaufmann H (2001) Kestenbaum surgery and artificial divergence for nystagmus related head turn. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol* 239:334–341
- Gräf M, Lorenz B (2016) Indikation und Ergebnisse der Anderson-Operation. *Klin Monbl Augenheilkd* 233:1115–1119
- Gräf M, Hausmann A, Lorenz B (2019) High-dose Anderson operation for nystagmus-related anomalous head turn. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol* 257:2033–2041
- Greven MA, Nelson LB (2014) Four-muscle tenotomy surgery for nystagmus. *Curr Opin Ophthalmol* 25:400–405
- Guilino G Die Ablenkung starker Probier- und Brillengläser, Definition und Anwendung. In: Arbeitskreis Schielbehandlung (Hrsg) Einführungs- und Fortbildungsvorträge der Arbeitskreistagungen Wiesbaden 1966–1968, Bd. 2, S 99–106. www.bielschowsky.de
- Gupta R, Sharma P, Menon V (2006) Prospective clinical evaluation of augmented Anderson procedure for idiopathic infantile nystagmus. *J AAPOS* 10:312–317
- Kaufmann H, Kolling G (1981) Operative Therapie bei Nystagmuspatienten mit Binokularfunktionen mit und ohne Kopfwangshaltung. In: Jaeger W (Hrsg) Uveitis. Deutsche Ophthalmologische Gesellschaft Bericht über die 78. Zusammenkunft in Kiel 1980, Bd. 78. J.F. Bergmann, München
- Kaufmann H, Steffen H (2012) Augenmuskeloperationen. In: Kaufmann H, Steffen H (Hrsg) Strabismus. Enke, Stuttgart, S 618
- Kestenbaum A (1953) Une nouvelle opération du nystagmus. *Bull Soc Ophtalmol Fr* 6:599–602
- Kestenbaum A (1954) A nystagmus operation. *Acta Concil Ophthalmol* 2:1071–1078
- Kommerell G (1974) Nystagmusoperationen zur Korrektur verschiedener Kopfwangshaltungen. *Klin Monbl Augenheilkd* 164:172–191
- Kumar A, Shashikant S, Vijayalakshmi P, Hertle R (2011) Improvement in visual acuity following surgery for correction of head posture in infantile nystagmus syndrome. *J Pediatr Ophthalmol Strabismus* 48:341–346
- Lee IS, Lee JB, Kim HS, Lew H, Han SH (2000) Modified Kestenbaum surgery for correction of abnormal head posture in infantile nystagmus: outcome in 63 patients with graded augmentation. *Binocul Vis Strabismus Q* 15:53–58
- Limon de Brown E, Corvera-Bernardelli J (1989) Metodo debilitante para el tratamiento del nystagmus. *Rev Mex Oftalmol* 63:65–77
- Nelson LB, Ervin-Mulvery LD, Calhoun JH, Harley RD, Keisler MS (1984) Surgical management for abnormal head position in nystagmus. The augmented modified Kestenbaum procedure. *Br J Ophthalmol* 68:796–800
- v Noorden GK, Campos E (2002) Binocular vision and ocular motility. Theory and management of strabismus. Mosby, St. Louis, S 522–523
- Pratt-Johnson JA (1991) Results of surgery to modify the null-zone position in congenital nystagmus. *Can J Ophthalmol* 26:219–223
- Repka MX (2004) Nystagmus surgery. In: Plager DA (Hrsg) Strabismus surgery: basic and advanced strategies. In Parrish R (ed) ophthalmology monographs. AAO monograph series. Oxford University Press, New York, S 161
- Roggenkämper P (1984) Combination of artificial divergence with Kestenbaum operation in cases of torticollis caused by nystagmus. In: Reinecke RD (Hrsg) Strabismus II. Grune and Stratton, Orlando, S 329–334
- Sendler S, Shallo-Hoffmann J, Mühlendyck H (1990) Die Artifizielle-Divergenz-Operation beim kongenitalen Nystagmus. *Fortschr Ophthalmol* 87:85–89
- Teodorescu LA, Cioplean D, Dragomir M, Velcea I (2008) Surgical options in congenital nystagmus. In: Gomez de Liano R (Hrsg) Transactions 32nd Meeting ESA, München, S 285–288
- Todter F (1982) Beeinflussung der nystagmusbedingten Kopfwangshaltung durch die Kestenbaum'sche Operation. *Klin Monbl Augenheilkd* 181:391–396
- Yahalom C, Hendler K, Galarza P, Dotan G (2019) Graded Anderson procedure for correcting abnormal head posture in infantile nystagmus. *Eye* 33:1248–1253
- Yang SC, Yeon H, Choi HY (2019) Modified Anderson procedure in infantile nystagmus with face turn within 30 degrees. *J Korean Ophthalmol Soc* 60:569–574
- Zubcov AA, Stärk N, Weber A, Wizov SS, Reinecke RD (1993) Improvement of visual acuity after surgery for nystagmus. *Ophthalmology* 100:1488–1497

Buchvorstellung

Alexa K. Klettner, Stefan Dithmar (Hrsg.)
Retinal Pigment Epithelium in Health and Disease

**Springer 2020, 357 S., 117 Abb.,
(ISBN: 978-3-030-28383-4), 159,99
EUR**



- Verfasst von Experten an der vordersten Front der RPE-Forschung
- Enthält State-of-the-Art Wissen und relevante neue Ergebnisse
- Bietet ein aktuelles Kompendium für RPE und enthält experimentelle RPE-spezifische Modelle

Dieses Buch ist ein zeitgenössisches Werk über einen der Hauptakteure bei Netzhauterkrankungen - das retinale Pigmentepithel (RPE). Im gesamten Buch werden die physiologischen und pathologischen Funktionen des RPE gleichberechtigt behandelt, um dem Leser das Verständnis über das RPE als Ganzes zu erleichtern. Darüber hinaus wird die Entwicklung des RPE in Diagnostik und Therapie aufgezeigt, sowie praktische Kenntnisse zu experimentellen RPE-Modellen vermittelt. Das Buch hebt neue Erkenntnisse der aktuellen Forschung hervor und beinhaltet State-of-the-Art-Wissen zu jedem vorgestellten Bereich. Dieses hervorstechende Merkmal unterscheidet das Buch von anderen Publikationen, wobei alle Kapitel jeweils vom allgemeinen zum spezifischen führen, um eine präzise Übersicht aller bekannten Fakten zu bieten. Die Kapitel wurden von bekannten Experten verfasst, die derzeit als Berater, Grundlagenwissenschaftler und Gruppenleiter auf diesem Gebiet tätig sind und die neben fachkundiger Anleitung auch die Zukunftsperspektiven des Themas aufzeigen.