DIE PENTACAM AXL WAVE: EINE LOHNENDE INVESTITION

Erste Erfahrungen, IOL-Berechnungsmethoden und erfolgreiche klinische Anwendungen.

UNTERSTÜTZT VON OCULUS®

Pentacam AXL Wave für die refraktive Kataraktchirurgie

Ein Gerät, eine Messung, fünf grundlegende Funktionen

VON THOMAS KOHNEN, MD, PHD, FEBO

Von einer Katarakt-OP erwarten Patienten heute allerbeste Sehfähigkeit für alle Entfernungen. Das stellt uns vor die Aufgabe, höchste refraktive Präzision zum therapeutischen Leistungsstandard zu machen. Beste Ergebnisse erzielt man in der refraktiven Kataraktchirurgie allerdings nicht allein über die einfache Biometrie und das Sammeln der Messdaten von Achslänge und Vorderflächenkeratometrie. Heutzutage wird ein Gerät benötigt, das auch die Hornhautrückfläche, Vorderkammertiefe und die optische Biometrie erfassen kann. Meiner Erfahrung nach gehört die Pentacam AXL (OCULUS) zu den besten Technologien, die sämtliche dieser Funktionen abdecken.

Das neueste Modell, die Pentacam AXL Wave, misst mit einem Hartmann-Shack-Wellenfrontsensor die Gesamtaberration und die objektive Refraktion des gesamten Auges. Zusätzlich bietet die Retroillumination die Möglichkeit, präoperativ die Linsentrübungen und postoperativ die Position und mögliche Verdrehung von torischen IOL ohne Pupillenerweiterung zu beurteilen. Zusammengefasst kann dieses Gerät in einem Messvorgang auf ein und derselben Messachse und mit derselben Justiereinstellung, fünf grundlegende Messungen durchführen: objektive Refraktion, Wellenfront des gesamten Auges, Retroillumination, optische Biometrie und Vorderabschnittstomographie.

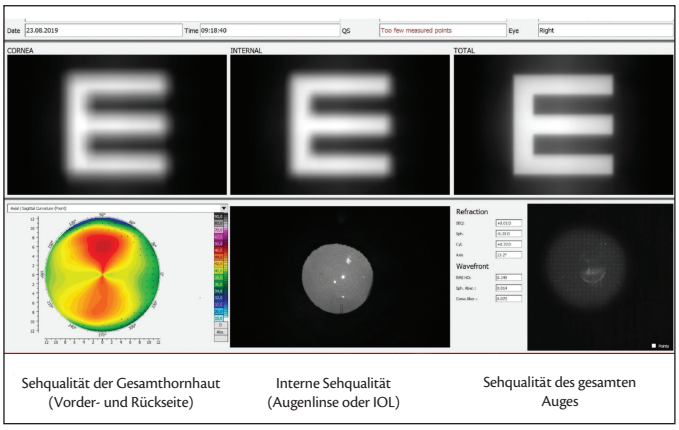

Abbildung 1: Visual Performance Display der Pentacam AXL Wave

Aktuell ist das besonders in der Umsetzung der Covid-19 bedingten Einschränkungen sehr praktikabel und hilfreich, weil weniger Geräte genutzt und vor der Untersuchung des nächsten Patienten wieder desinfiziert werden müssen.

KLINISCHE VORTEILE BEI DER PRÄ- UND POSTOPERATIVEN BEURTEILUNG

Neben den oben skizzierten praktischen Vorteilen bietet die Pentacam AXL Wave auch klinische Vorteile, die sich mir vor allem bei der präoperativen Beurteilung in der refraktiven Kataraktchirurgie als wertvoll erwiesen haben So kann ich bei jedem Patienten die objektive Refraktion bestimmen, alle Aberrationen höherer Ordnung (HOA) identifizieren und eine resultierende Gesamtwellenfront aller Augensegmente, inklusive der Gesamthornhaut, des Gesamtauges und der Augenlinse oder IOL errechnen. Das Gerät arbeitet mit zwei verschiedenen Pupillendurchmessern, dem mesopischen und dem skotopischen, was z.B. bei der Implantation von multifokalen IOL oder in der refraktiven Laserchirurgie erforderlich ist. Außerdem eignet sich die Funktion der Vorderabschnittstomographie für Screeninguntersuchungen auf Glaukom, Hornhautektasien oder Fuchs-Endotheldystrophie, um nur einige Einsatzmöglichkeiten zu nennen. Darüber hinaus kann ich die Pentacam AXL Wave zur Untersuchung von Sehstörungen und Erkennung der ursächlich beteiligten Strukturen (z.B. ob Hornhaut oder Augenlinse) einsetzen. Schließlich lässt sie sich für die optische Biometrie und IOL-Berechnungen verwenden, wie auf Seite 3 erklärt.

Auch postoperativ zeigen sich klinische Vorteile. So kann ich die objektive Refraktion erneut bestimmen, die HOAs einschließlich sphärischer Aberrationen und Koma überprüfen, oder bei pseudophaken Augen die Retroillumination nutzen, um eine multifokale oder torische IOL darzustellen, eine Wellenfrontanalyse durchzuführen und um die postoperative Sehqualität zu beurteilen (Abbildung 1).

ZUVERLÄSSIGKEIT

Nach unserer Erfahrung zeigt die Pentacam AXL Wave auch eine hohe messtechnische Verlässlichkeit. In einer retrospektiven Studie über eine konsekutive Serie refraktiver Katarakteingriffe an 20 phaken bzw. pseudophaken Augen konnten wir eine hohe Wiederholgenauigkeit feststellen. Der RMS (quadratische Mittelwert) aller Aberrationen

und der Aberrationen der 3. und 4. Ordnung lag bei einem Pupillendurchmesser ≤ 4 mm bei 0,04 µm und bei einem Pupillendurchmesser ≤ 5 mm bei 0,05 µm. Unsere Ergebnisse sind in Abbildung 2 dargestellt.

Daneben betrachteten wir retrospektiv die Vergleichbarkeit subjektiver und objektiver Refraktion bei 21 pseudophaken bzw. phaken Augen. Für diese konsekutive Fallserie führten wir mit der Pentacam AXL Wave und mit dem iTrace (Tracey Technologies) jeweils drei aufeinander folgende Messungen durch. Zwischen den mit diesen beiden Geräten gemessenen objektiven und den von ausgebildeten Optikern ermittelten subjektiven Refraktionswerten, fanden wir eine starke Übereinstimmung (Pentacam AXL Wave 1,58 dpt gegenüber 1,61 dpt; iTrace 1,96 dpt gegenüber 1,56 dpt). Daraus schlossen wir, dass die Pentacam AXL Wave eine stärkere Korrelation liefert und beide Geräte einen guten Variationskoeffizienten aufweisen (Pentacam AXL Wave 0,11 gegenüber iTrace 0,14). Im Ergebnis bedeutet dies zuverlässige Messwerte und hohe Wiederholgenauigkeit der Pentacam AXL Wave.

FAZIT

Gute Sehschärfe wird von Patienten, die sich einer Katarakt-OP unterziehen, nicht mehr als positive Nebenerscheinung betrachtet, sondern erwartet. Wichtigster Faktor im Bemühen, dieser Erwartung gerecht zu werden, sind präzise prä- und postoperative Messungen von hoher Wiederholgenauigkeit und Verlässlichkeit. Nach meiner eigenen Erfahrung und den von mir durchgeführten klinischen Studien, gewährleistet die Pentacam AXL Wave diese Präzision auf beeindruckende Weise.

Ein Gerät zu haben, das fünf grundlegend wichtige Funktionen in einem einzigen Messvorgang ausführt, ist sowohl praktisch als auch wirtschaftlich von großem Wert. Die Pentacam AXL Wave ist in der refraktiven Chirurgie zu einem unentbehrlichen Bestandteil für bessere und schnellere Messungen geworden.

Ergebnisse zur Wiederholgenauigkeit

	trefoil, 30°	coma, 90°	coma, 0°	trefoil, 0°	quatrefoil,22,5°	sec. Asti.,45°	spherical Aberration 0°	sec. Asti., 0°	quatrefoil, 0°	RMS	n
2mm	0,019	0,015	0,012	0,017	0,009	0,009	0,008	0,007	0,008	0,012	20
3mm	0,029	0,025	0,020	0,026	0,014	0,014	0,013	0,014	0,014	0,025	20
4mm	0,034	0,038	0,034	0,035	0,019	0,015	0,016	0,020	0,020	0,031	20
5mm	0,036	0,050	0,048	0,033	0,025	0,020	0,032	0,035	0,035	0,037	14

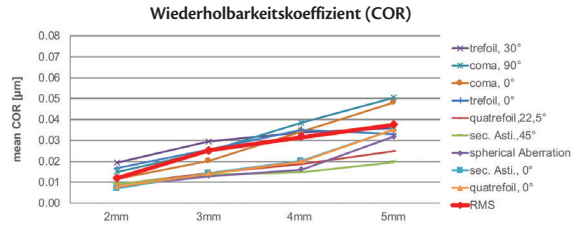

Abbildung 2: Wiederholgenauigkeit der Pentacam AXL Wave

THOMAS KOHNEN, MD, PHD, FEBO

- Direktor der Abteilung Augenheilkunde der Goethe Universität Frankfurt
- kohnen@em.uni-frankfurt.de
- Finanzielle Offenlegung: Berater, Dozent, Fördermittelempfänger (OCULUS)

Pentacam AXL Wave: eine Kosten-Nutzen-Analyse

Ein Komplettsystem, das nach unserem Dafürhalten jeden Cent seines Preises wert ist.

VON GERD U. AUFFARTH, MD, PHD, FEBO UND MAXIMILIAN HAMMER, BSC

Als Ärzte haben wir alle dasselbe übergeordnete Ziel, nämlich unseren Patienten mit den am besten geeigneten Therapien und chirurgischen Verfahren eine optimale Behandlung zukommen zu lassen. Dafür müssen wir in technische Ausrüstung investieren und uns bei all unseren Investitionen der grundlegenden Frage nach den Kosten und dem Nutzen stellen: Lässt sich die Effektivität mit der anvisierten Investition tatsächlich steigern, oder ist es lediglich „nice to have"? Werden sich die Werbeversprechen im klinischen Alltag bewahrheiten? Kann ein System wirklich alles? Lässt sich die Ausrüstung an aktuelle und künftige Anforderungen anpassen? In diesem Artikel präsentieren wir unsere Meinung zur Pentacam AXL Wave (OCULUS), einem der vier verfügbaren Modelle der Pentacam-Familie.

EIN GERÄT, VIELFÄLTIGE ANWENDUNGEN

Die erste Frage bei einer Kosten-Nutzen-Analyse sollte die nach dem klinischen Nutzen sein. Die Pentacam AXL Wave kann in der Hornhautchirurgie, der refraktiven Linsenchirurgie, dem Presbyopie Management und der Standard-Kataraktchirurgie eingesetzt werden.

Hornhaut- und Kataraktchirurgie, Presbyopie Management. Die Pentacam ist nicht das einzige Gerät, das sowohl die Hornhautvorder- und -rückfläche als auch die Gesamthornhautdicke bestimmt, doch bietet sie aktuell bei diesen Messungen die höchste Wiederholgenauigkeit. Darüber hinaus beinhaltet sie das Belin/Ambrósio Enhanced Ectasia Display. Damit lassen sich Hornhautektasien schon im Frühstadium erkennen, was für die refraktive Hornhautchirurgie unentbehrlich ist. Das Belin ABCD Keratokonus Staging und Progressions Display analysiert unabhängig die Hornhautvorder- und -rückfläche, die dünnste Stelle der Hornhaut und die fernkorrigierte Sehschärfe und stellt damit bei Indikation einer Crosslinking-Behandlung ein unverzichtbares Hilfsmittel dar. Hornhautdystrophien und andere Anomalien können mit dem Fast Screening Report, der auf wissenschaftlichen Daten basiert, erkannt werden. Zusammen mit den Informationen aus der Belin/Ambrósio-Software zur Erkennung eines Forme Fruste Keratokonus, schafft dieser eine solide Entscheidungsgrundlage für ein mögliches Presbyopie Management mit multifokalen IOL. Mit dem Katarakt-Pre-OP Display wird die IOL-Auswahl leicht gemacht. Bei der Pentacam AXL Wave sind Scheimpflugtomographie, optische Biometrie, Gesamtwellenfront, objektive Refraktion und Retroillumination in einem einzigen Messvorgang zusammengefasst, der für beide Augen keine fünf Minuten erfordert. Dies verkürzt die Untersuchungsdauer und steigert die Praxiseffizienz.

Refraktive Linsenchirurgie. Die Pentacam AXL Wave ermöglicht eine softwaregestützte Planung des Einsatzes irisfixierter IOL. Darüber hinaus werden alle für die ICL-Berechnung und -Auswahl erforderlichen Parameter in der Übersichtsdarstellung und dem Katarakt-Pre-OP Display dargestellt. Literatur zufolge bietet die Pentacam das genaueste Messergebnis des Hornhautdurchmessers bezogen auf Reproduzierbarkeit und Vergleichbarkeit für die ICL Anpassung.

ANTWORTEN AUF WEITERE FRAGEN

Die Pentacam AXL Wave dient vielen Zwecken, in einer Kosten-Nutzen-Analyse sind allerdings noch weitere Fragen zu beantworten. Welche IOL-Berechnungsformeln führen zum besten Ergebnis? Kann das Gerät dabei helfen, die Eignung eines Patienten für eine bestimmte IOL festzustellen? Ist ein unabhängiges optisches Biometer wirklich genug?

IOL-Berechnungen. Bei den meisten IOL-Berechnungsformeln wird entweder der Einfluss der Hornhautrückfläche geschätzt (z.B. Barrett Toric mit geschätztem Rückflächenastigmatismus) oder die gemessene Hornhautrückfläche (z.B. Barrett Toric mit gemessenem Rückflächenastigmatismus) genutzt. Der Savini Kalkulator berechnet die Torizität anhand der Gesamtbrechkraft der Hornhaut. Neben diesen Formeln sind in der Pentacam AXL Wave auch die Formeln HofferQ, Holladay 1, SRK/T, Haigis, Doppel-K, Barrett True K, Barrett Universal 2 und die Olsen Ray-Tracing-Formeln im Pentacam IOL Calculator enthalten.

Eine weitere Besonderheit ist die IOL-Datenbank, in der die IOL-Konstanten, Lieferbereiche und die optischen Geometrien von ca. 500 verschiedenen IOL gespeichert sind.

Patienteneignung. Bei der Auswahl der geeignetsten IOL (ob z.B. sphärisch oder asphärisch) dürfen der mesopische und der skotopische Pupillendurchmesser nicht außer Acht gelassen werden. Um ein möglichst genaues Ergebnis zu gewährleisten, führt die Pentacam AXL Wave die Messung für beide Pupillengrößen durch.

Ein Gerät ist genug. Im oberen Teil des Übersichtsdisplays der Pentacam AXL Wave sind die Wellenfront für das Gesamtauge, die objektive Refraktion und das Bild bei Retroillumination dargestellt (Abbildung). Vor kurzem haben wir die Pentacam AXL Wave, das ARK-1s von Nidek und die ORK-CAM von Schwind eye-tech-solutions miteinander verglichen. Bei phaken, pseudophaken und keratokonischen Augen lieferten die Pentacam AXL Wave und das ARK-1s nahezu identische Wiederholgenauigkeits- und Vergleichbarkeitswerte. Daraus folgerten wir, dass die beiden Geräte gegeneinander austauschbar sind. Allerdings weist die Pentacam den zusätzlichen Vorteil auf, dass sie auch für refraktive Messungen eingesetzt werden kann und somit im klinischen Betrieb wertvolle Zeit spart. Im Vergleich mit der ORK-CAM stellten wir bei der Bestimmung der sphärischen Aberrationen eine höhere Wiederholgenauigkeit der Pentacam AXL Wave fest, während die Mittelwerte praktisch identisch waren. Daher sind die ORK-CAM und die AXL Wave gegeneinander austauschbar.

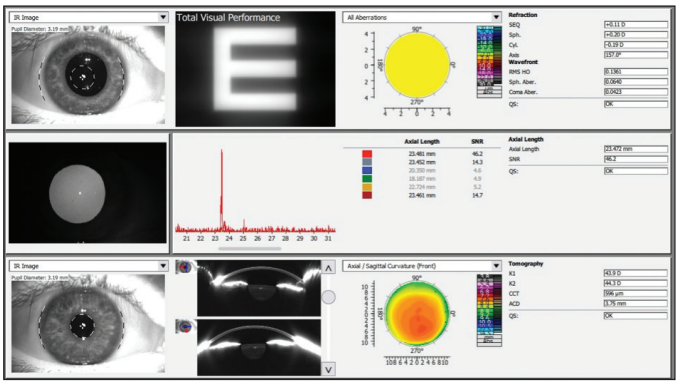

Abbildung: Übersichtsdarstellung der Pentacam AXL Wave

FAZIT

Die Pentacam AXL Wave sammelt in einem einzigen Messvorgang sämtliche Informationen, die für die präoperative Diagnostik, die Patientenaufklärung, die Operationsplanung und die postoperative Beurteilung des gesamten Spektrums der Hornhaut- und Kataraktchirurgie benötigt werden. Aus den dargelegten Gründen halten wir die Pentacam AXL Wave für eine lohnende Investition.

GERD U. AUFFARTH, MD, PHD, FEBO

- Augenklinik des Universitätsklinikums Heidelberg
- gerd.auffarth@med.uni-heidelberg.de
- Finanzielle Offenlegung: Forschungsstipendien, Vortragshonorare (Alcon, Carl Zeiss Meditec, Heidelberg Engineering, Johnson & Johnson Vision, OCULUS)

MAXIMILIAN HAMMER, BSC

- Augenklinik des Universitätsklinikums Heidelberg
- Finanzielle Offenlegung: keine

Referenzen auf Anfrage beim Autor erhältlich.

IOL-Berechnung mit der Pentacam AXL Wave

Eine leistungsfähige, zeitsparende Lösung für die präoperative Untersuchung.

VON GIACOMO SAVINI, MD

Von einer Katarakt-OP erwarten Patienten heutzutage nicht weniger als gute Sehqualität. Damit steigen die Anforderungen an unsere Behandlungskunst ständig, und wir sind gehalten, uns bei der Bestimmung der erforderlichen IOL-Brechkraft präzise und zuverlässig arbeitender Augendiagnosetechnik zu bedienen. Die Pentacam AXL Wave (OCULUS) lässt sich wie jedes sonstige optische Biometer zur Berechnung der IOL-Brechtkraft einsetzen, allerdings mit dem Vorteil, dass sie dabei mit modernster Scheimpflugtechnik und Hartmann-Shack-Aberrometrie arbeitet.

Mit der Pentacam AXL Wave können zur IOL-Bestimmung die keratometrischen Durchschnittswerte, die Vorderkammertiefe, Linsendicke und die Achslänge in die Formeln Barrett Universal II, Haigis, Hoffer Q, Holladay und SRK/T eingesetzt werden. Alternativ dazu kann man bei der Pentacam AXL Wave auch mit der Olsen RayTracing-Formel arbeiten, die die Hornhautrückfläche berücksichtigt.

DREI VORTEILE

Die Pentacam AXL Wave weist drei klare Vorteile auf:

Nr. 1: Hervorragend genaue Refraktionsergebnisse. Mit der Barrett Universal II Formel wurde bei 86,8 % der behandelten Augen ein Vorhersagefehler von nicht mehr als ± 0,5 dpt und eine mittlere absolute Abweichung vom Median von 0,240 dpt gefunden. Bei allen Augen wurde eine AcrySof SN60WF (Alcon) implantiert.[1] In umfangreicheren Studien, in denen die gleiche IOL und bei der Diagnostik der IOL Master 500 (Carl Zeiss Meditec) bzw. der Lenstar LS900 (Haag-Streit) zum Einsatz kamen, wurde ein entsprechender Vorhersagefehler bei lediglich 72,3 % bis 82,9 % [2,3,4] der behandelten Augen erreicht.

TABELLE: BERECHNUNG DER IOL-BRECHKRAFT FÜR DIE PANOPTIX (ALCON)

	Optimierte Konstante	Vorhersage-fehler (VF) (dpt)±SD	Absolute Abweichung vom Median (dpt)	% aller Augen mit VF ≤ 0,50 dpt	% aller Augen mit VF ≤ 1,00 dpt
Haigis	a0 = 0.1285 a1 = 0.3718 a2 = 0.1591	0.05 ±0.33	0.27	92.06	100.00
Hoffer Q	5.63	0.03 ±0.36	0.11	88.89	100.00
Holladay 1	1.85	-0.01 ±0.33	0.21	90.48	100.00
SRK/T	119.09	-0.04 ±0.35	0.22	88.89	100.00
Barrett Universal II	1.907	0.01 ±0.32	0.22	88.89	100.00
PanOptix (n = 63)					

Unveröffentlichte Daten zu einer Vorstudie an 63 Augen, denen eine PanOptix IOL (Alcon) implantiert wurde, zeigen interessanterweise ein noch besseres Abschneiden der Pentacam AXL Wave. Hier war der Vorhersagefehler von ± 0,5 dpt bei 92,06 % aller Augen eingehalten.

Nr. 2: Eine Scheimpflugkamera auf dem neuesten Stand der Technik. Die Scheimpflugkamera misst präzise die Krümmung der Hornhautrückfläche [5] und berechnet die Gesamtbrechkraft und den Astigmatismus der Hornhaut. Dies hat sich als genauer erwiesen als der standardmäßige keratometrische Astigmatismus.[6] Die hieraus resultierende Torizität der IOL berechnet der im IOL Calculator verfügbare Savini Toric Calculator.

Für LASIK-behandelte Augen konnten wir vor kurzem zeigen, dass die von der Pentacam AXL Wave gelieferten Krümmungsdaten der Hornhautrückfläche die mit der ebenfalls im IOL Calculator der Pentacam AXL Wave enthaltenen Barrett True-K-Formel ermittelten Refraktionswerte, nochmals signifikant verbessern. In einer Stichprobe von 50 Augen von 50 Patienten lag der Vorhersagefehler bei 70 % aller Augen innerhalb von ± 0,5 dpt.[7]

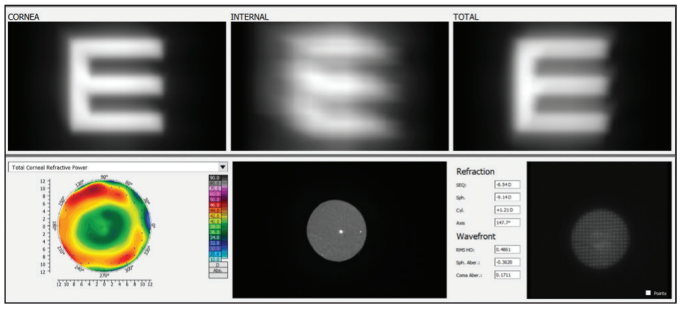

Abbildung 1: Ein Patient mit zurückliegender myopischer PRK und früher Katarakt. Das „E" links erscheint scharf, was auf eine gute Sehqualität in Bezug auf die Hornhaut hinweist. Dagegen zeigt das „E" in der Mitte eine schlechte Sehqualität in Bezug auf die Augenlinse (internal) an.

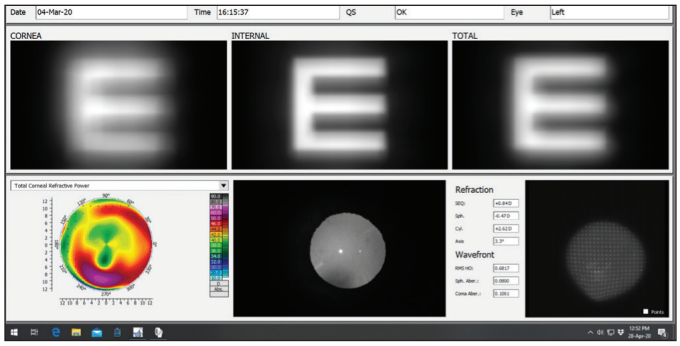

Abbildung 2: Ein Patient mit zurückliegender radialer Keratotomie und früher Katarakt. Aus der Aberrometrie geht klar hervor, dass die Sehstörung hauptsächlich von der Hornhaut herrührt („E" links).

Das Katarakt-Pre-OP Display enthält essentiell wichtige Informationen für die IOL-Auswahl, darunter:

- den Gesamtwert der Hornhautaberrationen höherer Ordnung (wenn dieser über 0,3 µm liegt, sollte von diffraktiven Multifokallinsen Abstand genommen werden);
- Hornhautkarten, darunter die der Rückflächenkrümmung, um im Fall einer torischen IOL die Regelmäßigkeit des Astigmatismus überprüfen zu können;
- Die sphärische Gesamtaberration bei 6 mm. Dies ist bei der Auswahl asphärischer IOL mit unterschiedlicher negativer sphärischer Aberration von Nutzen;
- Der Vergleich zwischen keratometrischem und Gesamthornhautastigmatismus; dies ist bei torischen IOL hilfreich.

Nr. 3: Die Einbeziehung der Aberrometrie nach Hartmann-Shack. Aberrometrische Messungen nach Hartmann-Shack sind besonders dann von Nutzen, wenn sich schwer unterscheiden lässt, ob eine vorliegende Sehstörung der Hornhaut oder der Augenlinse zuzuschreiben ist (Abbildungen 1 und 2). Andere Aberrometer arbeiten ähnlich, beruhen allerdings auf der Placido-Technik, bei der der Einfluss der Hornhautrückfläche auf die Sehqualität unberücksichtigt bleibt.

FAZIT

Nachdem ich nahezu jedes aktuell erhältliche Biometer und jeden Tomographen erprobt habe, kann ich für mich nur das Fazit ziehen, dass mir die Pentacam AXL Wave mit ihrer Kombination aus Scheimpflugtomographie, optischer Biometrie, Hartmann-Shack-Aberrometrie und Retroillumination bei der Bestimmung der richtigen IOL-Stärke die beste Unterstützung bietet, was mir ermöglicht, meinen Patienten zu hervorragender Sehschärfe zu verhelfen. ■

1 Taroni L, Hoffer KJ, Barboni P, Schiano-Lomoriello D, Savini G. Outcomes of IOL power calculation using measurements by a rotating Scheimpflug camera combined with partial coherence (Pentacam AXL). *J Cataract Refract Surg* (in press).

2 Kane JX, Van Heerden A, Atik A, Petsoglou C. Intraocular lens power formula accuracy: comparison of 7 formulas. *J Cataract Refract Surg*. 2016;42:1490-1500.

3 Melles RB, Holladay JT, Chang WJ. Accuracy of intraocular lens calculation formulas. *Ophthalmol*. 2018;125:169-178.

4 Cooke DL, Cooke TL. Comparison of 9 intraocular lens power calculation formulas. *J Cataract Refract Surg*. 2016;42:1157-1164.

5 Aramberri J, Araiz L, Garcia A, et al. Dual versus single Scheimpflug camera for anterior segment analysis: Precision and agreement. *J Cataract Refract Surg*. 2012;38(11):1934-1949.

6 Savini G, Næser K. An analysis of the factors influencing the residual refractive astigmatism after cataract surgery. *Invest Ophthalmol Vis Sci*. 2015;56:827-835.

7 Savini G, Hoffer KJ, Barrett GD. Results of the Barrett True-K formula for IOL power calculation based on Scheimpflug camera measurements in eyes with previous myopic excimer laser surgery. *J Cataract Refract Surg*. 2020;46:1016-1019.

GIACOMO SAVINI, MD

- Fondazione G.B. Bietti, Roma
- Studio Oculistico d'Azeglio, Bologna, Italy

- Finanzielle Offenlegung: Honorardozent (Alcon, Carl Zeiss Meditec, CSO, OCULUS)

10006278
64/1020/DE/OC