

Vergleichende Bestimmung der Achslänge mittels optischer und akustischer Biometrie bei Normalpersonen und Patienten mit Netzhautläsionen

W. Haigis, J. Mlynski, Biometrielabor, Augenklinik und Poliklinik, Universität Würzburg

ABSTRACT

Eine vergleichende Bestimmung der Achslänge mittels optischer (IOLMaster, Fa. Carl Zeiss Meditec AG) und akustischer Biometrie in Immersionstechnik (Accusonic A-scan Plus, Fa. Accutome Inc.) wurde an einer Gruppe Kataraktpatienten und einer Patientengruppe mit Netzhautläsionen durchgeführt. Vergleicht man die Mittelwerte der arithmetischen Messwertdifferenzen von IOLMaster und A-scan Plus, so ergab sich mit Werten von $0,012 \pm 0,143$ mm bei der „normalen“ Kataraktgruppe und $-0,002 \pm 0,237$ mm in der „Netzhautpathologie“ Gruppe kein statistisch signifikanter Unterschied. Die vergleichenden Achslängenmessungen von A-scan Plus und IOLMaster ergaben eine sehr gute Reproduzierbarkeit; die Messwertunterschiede sind statistisch nicht signifikant und klinisch nicht relevant.

EINLEITUNG

Seit der Einführung der optischen Biometrie mit dem Zeiss IOLMaster im Jahre 1999 hat sich diese Methode fest als Alternative zur Ultraschallbiometrie bei der Achslängenmessung im Rahmen der Planung einer Intraokularlinsen-(IOL)-Implantation etabliert. Bezüglich der aus-

gegebenen Messwerte verhält sich der IOLMaster dabei wie ein Präzisions-Immersions-Ultraschallgerät. Dem liegt eine spezielle interne Gerätekalibrierung zugrunde, die aus einer großen Zahl von Vergleichsmessungen mit dem Grieshaber Biometric System im Biometrielabor der Univ.-Augenklinik Würzburg gewonnen wurde [1]. In der Zwischenzeit sind einige klinische Studien zum Zusammenhang zwischen IOLMaster- und Ultraschall-Immersions-Biometrie erschienen [2], [3], [4], [5], wobei die eingesetzten Ultraschallgeräte eher nicht der aktuellsten Gerätegeneration entsprachen. Da nicht ausgeschlossen werden kann, dass unterschiedliche Signalverarbeitungsmodalitäten in kommerziellen Ultraschall-Biometriegeräten zu differierenden Messergebnissen führen können, auch wenn jeweils in Immersion gemessen wird, erschien ein neuerlicher Vergleich der optischen Biometrie mit einem modernen Ultraschallgerät der jüngeren Generation in Immersionsankopplung sinnvoll.

MATERIAL UND METHODEN

Die vergleichende Achslängenbestimmung mittels akustischer und optischer Biometriegeräte wurde im Rahmen einer monozentrischen, prospektiven klinischen Studie im Biometrielabor der Univ.-Augenklinik Würzburg durchgeführt.



PATIENTEN

In einem Zeitraum von sechs Monaten wurden 318 Augen von 224 Patienten untersucht, wobei es sich um Augen mit Katarakt bzw. Netzhautpathologien sowie um Augen mit altersentsprechendem Normalbefund handelte. Die Probanden wurden aus dem Pool der sich zur routinemäßigen Achslängenmessung vorstellenden Patienten bei anstehender Katarakt-OP ohne Netzhautbefund („normal“) oder mit Fundusveränderungen zur Netzhautoperation („NH-Pathologien“) rekrutiert. Die Gruppe „normal“ umfasste 158 Augen von 116 Patienten (m: 45, w: 71), die Gruppe „NH-Pathologien“ 160 Augen von 108

Patienten (m: 44, w: 64). Weitere Einzelheiten zur Patientenpopulation sind in den Tab. 1 und 2 zusammengestellt. Alle Patienten erfüllten die Einschluss- (Mindestalter: 18 Jahre) und wiesen keine Ausschlusskriterien der Studie (Infektionskrankheiten, aktuelle Immunsuppression, bekannte Allergien gegen verwendete Medikationen, Pseudophakie) auf. In dem Versuch, die Population möglichst exakt abzubilden, wurden sowohl kurze Augen (< 22 mm) als auch lange Augen (> 28 mm) in die Untersuchungen eingeschlossen. Der Achslängenbereich ist Abb. 4 und Abb. 5 zu entnehmen.

	Gruppe „normal“	Gruppe „NH-Pathologien“
Patienten	116 (m: 45, w: 71)	108 (m: 44, w: 64)
Alter (Jahre)	69,2 ± 10,3 (41,1 ... 93,3; Median: 69,4)	70,3 ± 12,4 (19,3 ... 89,2; Median: 71,1)
Augen	158 (OD: 79, OS: 79)	160 (OD: 83, OS: 77)

Tab. 1: Details zu den Patienten in den beiden Gruppen

Diagnose	Anzahl
Epiretinale Gliose	41
Proliferative diabetische Retinopathie	33
AMD	22
Makulaforamen	19
Makulaödem	10
Fundesveränderung bei hoher Myopie	10
Z.n. Netzhaut-OP	5
Ablatio	2
Andere (z.B. Fundus hypertonicus, Z.n. Chorioretinitis, ...)	18

Tab. 2: Diagnosen in der Gruppe „NH-Pathologien“

MESSGERÄTE

Folgende Geräte wurden zur Achslängenmessung eingesetzt:

- IOLMaster mit Software Version 5 (Hersteller: Carl Zeiss Meditec AG, Jena, Deutschland), bezeichnet als IOLMaster bzw. ‚IOLM‘
- Biometriegerät Accusonic A-scan plus (Hersteller: Accutome Inc., Malvern, PA, USA), bezeichnet als Accusonic oder ‚ACC‘

Die Biometrie mit dem Accusonic-Gerät wurde vom Untersucher JM durchgeführt. Die Messungen mit dem IOLMaster nahmen die beiden routinemäßig hierfür zuständigen Mitarbeiter der Klinik vor.

DURCHFÜHRUNG DER MESSUNGEN

OPTISCHE MESSUNGEN

Es wurde so lange gemessen, bis 5 akzeptable Einzelmessungen pro Auge vorlagen (Abb. 1). Als Achslängenmesswert wurde deren Mittelwert genommen.

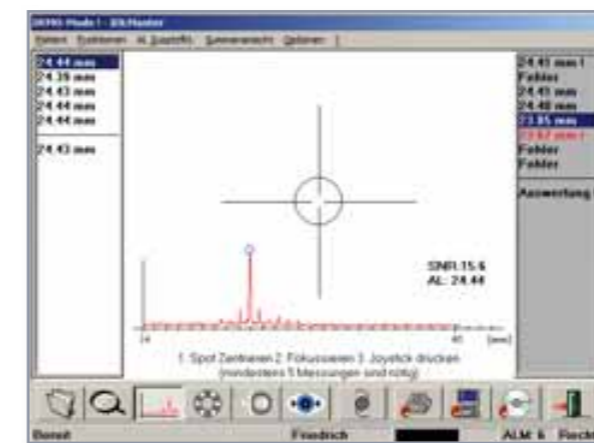


Abb. 1: Typisches Messergebnis mit dem IOLMaster

ULTRASCHALLMESSUNGEN

Alle Ultraschallmessungen wurden in Immersion durchgeführt. Dabei wurde dem liegenden Patienten nach Tropfanästhesie ein Plexiglastrichter zwischen die Lider eingesetzt und mit physiologischer Kochsalzlösung als Vorlaufstrecke gefüllt. Während eine Hand den Trichter ohne Druck in Position hielt, führte die andere Hand den Schallkopf unter Vermeidung von Lufteinschlüssen zwischen Schallkopf und Hornhaut zunächst schräg in die Vorlaufstrecke ein, um ihn dann in eine für die Messung notwendige senkrechte Position zu kippen. Um eine stabile Schallkopfpositionierung zu ermöglichen, wurde die den Trichter positionierende Hand am Kopf abgestützt, auf die sich wiederum die Hand mit dem Schallkopf stützte. Für alle Patienten wurden bei den Ultraschallgeräten die klinischen Standard-Einstellungen bzw. Einstellungen lt. Herstellerangaben (z.B. bezüglich der Geräteverstärkung) verwendet. Ein Echogramm wurde akzeptiert, wenn sich alle 4 Echos (Hornhautvorderfläche, Linsenvorder- und Linsenrückfläche, Bulbusrückwand) gleichzeitig möglichst

senkrecht, möglichst steil und in ihrer Amplitude möglichst hoch darstellten. Dabei wurde insbesondere Wert auf einen steilen Anstieg des Netzhautechos gelegt. Es wurde so lange gemessen, bis 5 akzeptable Einzelmessungen (vgl. Abb. 2) pro Auge vorlagen.

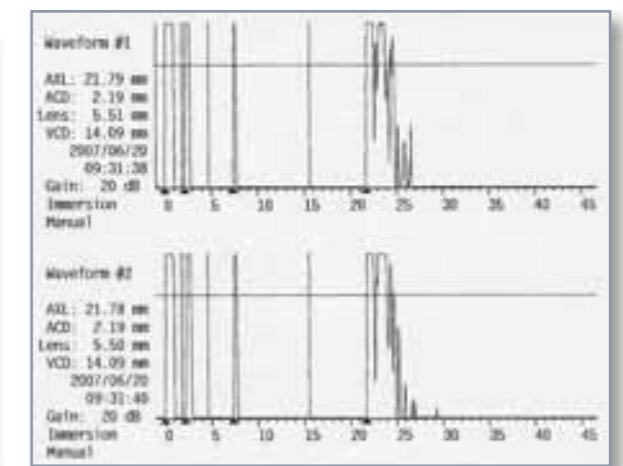


Abb. 2: Typisches Messergebnis mit dem Accusonic-Gerät (ACC)

Als Achslängenmesswert wurde deren Mittelwert genommen, der vom Gerät automatisch berechnet wurde. Die Messdaten wurden nach Beendigung der Messung manuell gespeichert.

ERGEBNISSE

Typische Messergebnisse, wie sie mit den einzelnen Geräten gewonnen wurden, sind in den Abb. 1 und 2 dargestellt. Tab. 3 gibt einen Überblick über die Anzahl der mit den verschiedenen Geräten vermessenen Augen in den beiden Patientengruppen.

	Gruppe „normal“		Gruppe „NH-Pathologien“	
	IOLM	ACC	IOLM	ACC
Messbar	156	158	157	160
Gesamt	158		160	

Tab. 3: Anzahl der gemessenen Augen in den beiden Gruppen

Für die Geräte IOLM und ACC wurde jeweils der Mittelwert der gemessenen Achslänge nebst Standardabweichung bestimmt. Letztere lässt sich als Qualitätsmerkmal für die Messung benutzen und sollte in der Ultraschallbiometrie nicht mehr als 0,1 mm betragen. Tab. 4 gibt die Anzahl der gemessenen Augen in den jeweiligen Standardabweichungsbereichen in den beiden Patientengruppen an.

sd	Gruppe „normal“		Gruppe „NH-Pathologien“	
	Gerät	IOLM	ACC	IOLM
n	156	158	157	160
≤ 0,1 mm	153	153	149	151
> 0,1 mm	3	5	8	9
> 0,2 mm	0	2	3	1
> 0,5 mm	0	0	0	0
> 1,0 mm	0	0	0	0

Tab. 4: Anzahl der gemessenen Augen in den beiden Gruppen, für die eine Standardabweichung sd der Achslängenmessung bestimmt werden konnte, sowie Anzahl der Augen, bei denen dieser Wert ≤ 0,1 mm und > 0,1, 0,2, 0,5 und 1,0 mm war

Die Auswertung der Vergleichsmessungen wurde im weiteren Verlauf unter 2 Bedingungen vorgenommen: zum einen für alle untersuchten Augen, zum anderen nur für die Augen, bei denen die Standardabweichung des Messmittelwerts ≤ 0,1 mm war. Entsprechend zeigt Tab. 5 die mittlere Reproduzierbarkeit der Achslängenmessung für alle durchführbaren Messungen sowie für alle Messungen mit sd ≤ 0,1 mm. Eine graphische Veranschaulichung findet sich in Abb. 3.

Gruppe „normal“		
Gerät	IOLM	ACC
alle n	156	158
sd [mm]	0,020 ± 0,021 0,004 ... 0,161	0,034 ± 0,033 0,007 ... 0,279
n mit sd ≤ 0,1 mm	153	153
sd [mm]	0,018 ± 0,012 0,004 ... 0,095	0,030 ± 0,016 0,007 ... 0,084

Gruppe „NH-Pathologien“		
Gerät	IOLM	ACC
alle n	157	160
sd [mm]	0,031 ± 0,044 0,004 ... 0,323	0,042 ± 0,034 0,004 ... 0,216
n mit sd ≤ 0,1 mm	149	151
sd [mm]	0,022 ± 0,015 0,004 ... 0,098	0,035 ± 0,021 0,004 ... 0,094

Tab. 5: Reproduzierbarkeit der Achslängenmessung (mittl. Standardabweichung sd bei 5 konsekutiven Einzelmessungen) für alle durchführbaren Messungen bzw. für alle Messungen mit einer Standardabweichung sd ≤ 0,1 mm

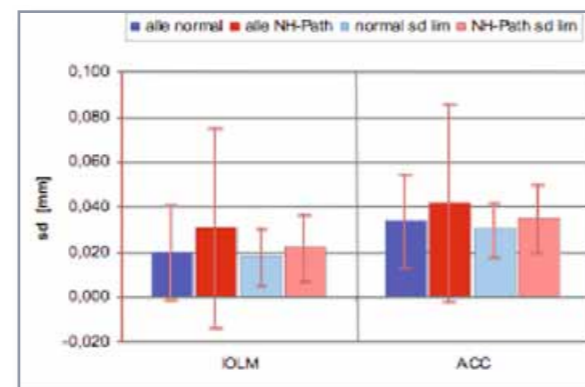


Abb. 3: Mittlere Reproduzierbarkeiten der Achslängenmessung in allen Gruppen für alle durchführbaren Messungen sowie für alle Messungen mit sd ≤ 0,1 mm (Daten aus Tab. 5)

Die Abb. 4 und 5 zeigen für beide Patientengruppen den direkten Vergleich der Messergebnisse der Geräte.

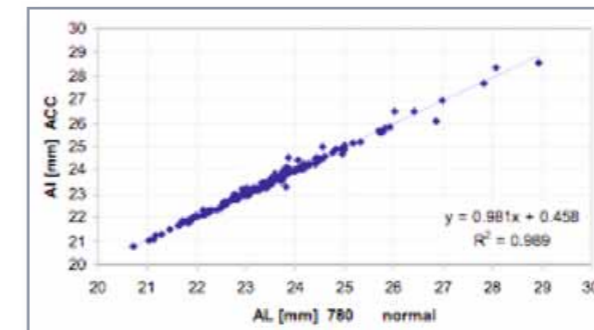


Abb. 4: Vergleich ACC vs IOLM, Gruppe „normal“, basierend auf allen Daten

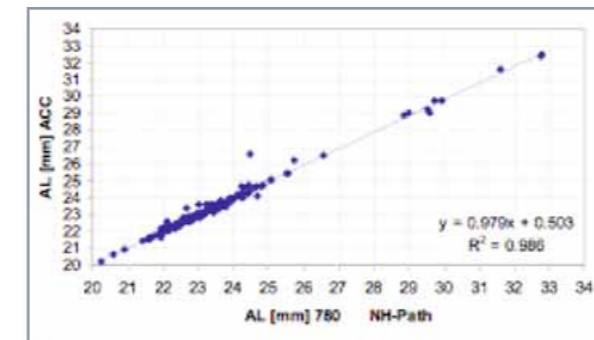


Abb. 5: Vergleich ACC vs IOLM, Gruppe „NH-Path“, basierend auf allen Daten

Die statistischen Daten der entsprechenden Regressionsgeraden in den Abb. 4 und 5 sind in den Tab. 6 und 7 zusammengefasst, wobei Tab. 6 auf allen Daten, Tab. 7 nur auf Messdaten mit einer Standardabweichung ≤ 0,1 mm basiert.

	Gruppe „normal“	Gruppe „NH-Pathologien“
y = mx+t	ACC vs IOLM	ACC vs IOLM
m	0,981	0,979
t	0,458	0,50
R²	0,989	0,986
p	< 10 ⁻³	< 10 ⁻³
n	156	157

Tab. 6: Statistische Kennwerte der funktionalen Abhängigkeiten der mit verschiedenen Geräten erhaltenen Achslängenmesswerte bei Zugrundelegung aller Daten

	Gruppe „normal“	Gruppe „NH-Pathologien“
y = mx+t	ACC vs IOLM	ACC vs IOLM
m	0,996	0,984
t	0,115	0,368
R²	0,990	0,981
p	< 10 ⁻³	< 10 ⁻³
n	112	100

Tab. 7: Statistische Kennwerte der funktionalen Abhängigkeiten der Geräte erhaltenen Achslängenmesswerte bei Zugrundelegung nur von Messdaten mit einer Standardabweichung sd ≤ 0,1 mm

Schließlich wurden die Mittelwerte der gemessenen Achslängen miteinander verglichen, wobei wieder alle bzw. nur die Messwerte mit einer Standardabweichung $\leq 0,1$ mm verwendet wurden. Tab. 8 listet für beide Patientengruppen die Anzahl der Augen auf, bei denen der Absolutwert der Messwertdifferenz $\leq 0,1$ mm bzw. $> 0,1, 0,2, 0,5$ und 1 mm war.

abs. Δ	Gruppe „normal“	Gruppe „NH-Pathologien“
Gerät 1 - Gerät 2	ACC - IOLM	ACC - IOLM
n	156	157
$\leq 0,1$ mm	117	101
$> 0,1$ mm	39	56
$> 0,2$ mm	14	29
$> 0,5$ mm	3	6
$> 1,0$ mm	0	1

Tab. 8: Anzahl der gemessenen Augen in den beiden Gruppen, für die ein Absolutwert der Messwertdifferenz (abs. Δ)... zwischen den jeweiligen Geräten bei der Achslängenmessung bestimmt werden konnte, sowie Anzahl der Augen, bei denen dieser Wert $\leq 0,1$ mm bzw. $> 0,1, 0,2, 0,5$ und $1,0$ mm war

Abb. 6 veranschaulicht die Anzahl von Augen in beiden Patientengruppen, bei denen dieser Wert $> 0,1$ mm war. In Tab. 9 und 10 sind die arithmetischen Mittelwerte der Messwertdifferenzen zusammen mit weiteren statistischen Daten und Patientengruppen zusammengestellt, wieder basierend auf allen (Tab. 9) bzw. nur Messdaten mit einer Standardabweichung $\leq 0,1$ mm (Tab. 10). Abb. 7 stellt diese Ergebnisse graphisch dar.

	Gruppe „normal“	Gruppe „NH-Pathologien“
	ACC - IOLM	ACC - IOLM
MW \pm sd	0,012 \pm 0,143	-0,002 \pm 0,237
p für MW	0,286	0,901
Median	0,010	-0,023
Min. / Max.	-0,780 / 0,680	-0,625 / 2,048
n	156	157

Tab. 9: Statistische Kennwerte der Differenzen der erhaltenen Achslängenmesswerte bei Zugrundelegung aller Daten

	Gruppe „normal“	Gruppe „NH-Pathologien“
	ACC - IOLM	ACC - IOLM
MW \pm sd	0,019 \pm 0,124	-0,010 \pm 0,182
p für MW	0,099	0,600
Median	0,010	-0,030
Min. / Max.	-0,278 / 0,680	-0,630 / 0,700
n	112	100

Tab. 10: Statistische Kennwerte der Differenzen der erhaltenen Achslängenmesswerte bei Zugrundelegung nur jener Messdaten mit einer Standardabweichung $sd \leq 0,1$ mm

DISKUSSION

Aus Tab. 3 geht hervor, dass nicht alle Patienten mit dem IOLMaster vermessen werden konnten (Gruppe „normal“: 99%, Gruppe „NH-Pathologien“: 98%).

Das Accusonic-Gerät konnte bei allen Augen in beiden Gruppen (100%) eingesetzt werden. Nimmt man in Tab. 4 die Standardabweichung für 5 aufeinanderfolgende Einzelmessungen als Maß für deren Reproduzierbarkeit, so schneidet in beiden Patientengruppen der IOLMaster am besten ab, der Anteil von Messungen mit $sd \leq 0,1$ mm betrug bei Normalpatienten 98,1% (IOLM) und 96,8% (ACC), bei Patienten mit Netzhautpathologien 94,9% (IOLM) und 94,4% (ACC). Vergleicht man in Tab. 5 und Abb. 3 die mittleren Standardabweichungen für die ‚guten‘ ($sd \leq 0,1$ mm) mit den ‚schlechteren‘ ($sd > 0,1$ mm) Messungen, so ergibt sich kein allzu großer Unterschied. Die Werte bei Normalpatienten sind erwartungsgemäß etwas kleiner als bei Patienten mit Netzhautpathologien. Zusammengenommen erhält man für alle Patienten folgende Reproduzierbarkeiten: IOLM: 0,018 ... 0,031 mm; ACC: 0,030 ... 0,042 mm. Für beide Patientengruppen zeigt der Vergleich der Messergebnisse in Abb. 4 und 5 hervorragende Korrelationen mit Bestimmtheitsmaßen R^2 von 0,989 ... 0,986 entsprechend Korrelationskoeffizienten von 0,994 ... 0,993 und Steigungen der Regressionsgeraden von 0,996 ... 0,979 (Tab. 6 und 7). Dasselbe Bild vermittelt Tab. 8 bzw. Abb. 6, wenn man die Anzahl von Augen betrachtet, bei denen die absolute Messwertdifferenz $> 0,1$ mm ist.

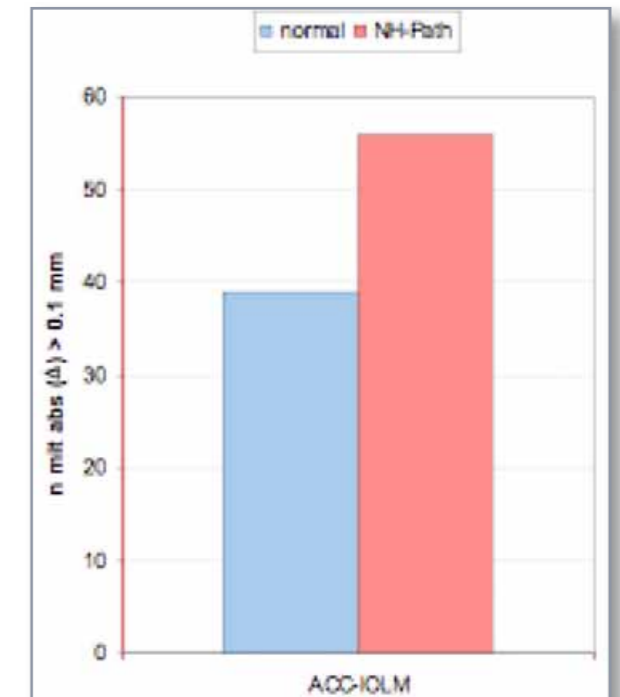


Abb. 6: Anzahl von Augen, bei denen der Absolutwert der Differenz der gemessenen Achslängen $> 0,1$ mm war

Vergleicht man die Mittelwerte der arithmetischen Messwertdifferenzen (Tab. 9 und 10, Abb. 7), so ergibt sich mit Werten von $-0,010$... $+0,019$ mm kein statistisch signifikanter Unterschied in den verschiedenen Patientengruppen und Messwert-Qualitätsklassen (n mit $sd \leq 0,1$ mm und alle n).

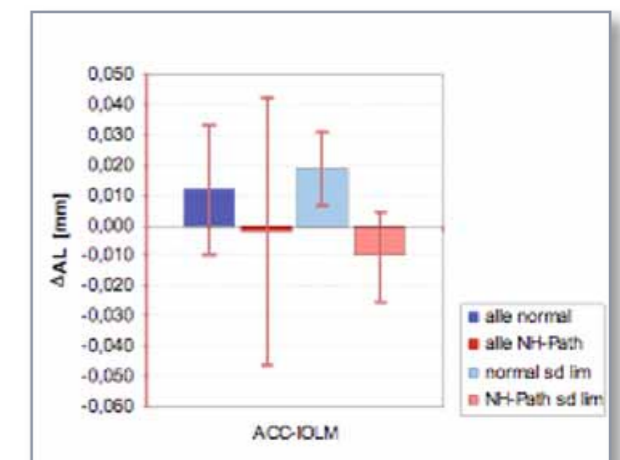


Abb. 7: Arithmetischer Mittelwert der Differenz der gemessenen Achslängen unter verschiedenen Bedingungen

Die gefundenen Differenzen sind klinisch nicht relevant, wenn man in Betracht zieht, dass bei normal langen Augen 0,02 mm Differenz etwa einer Brechkraftdifferenz einer Intraokularlinse von 0,1 dpt entspricht. In der Literatur finden sich verschiedene Vergleiche zwischen IOLMaster und Ultraschall-Immersionsbiometriegeräten. Packer et al. [3] geben einen Korrelationskoeffizienten von 0,996 (d.h. $R^2 = 0,992$) an; in eigenen Messungen [4] wurde bei 101 Patienten ein Wert von 0,988 (d.h. $R^2 = 0,976$) gefunden. Geht man zum Vergleich von den Messwerten in der ‚normal‘-Gruppe aus, so liegen unsere Ergebnisse mit $R^2 = 0,989$ in derselben Größenordnung. Als Differenzen zwischen Ultraschall- und PCI-Messungen werden in der Literatur Werte von $0,01 \pm 0,13$ mm [2], 0,01 mm [3], $-0,010 \pm 0,019$ mm (Median: 0,010 mm; Bereich: $-0,770$ bis $+0,420$ mm, $n = 146$, IOLMaster-GBS) [5] berichtet. Ausgehend wieder von den Messwerten in der ‚normal‘-Gruppe (ACC - IOLM: $0,012 \pm 0,143$ mm) sind die Ergebnisse mit dem Accusonic-Gerät direkt mit der Literatur vergleichbar.

LITERATUR

- [1]: Haigis W, Lege B, Miller N, Schneider B: Comparison of immersion ultrasound biometry and partial coherence interferometry for IOL calculation according to Haigis. Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol (2000) 238:765-773
- [2]: Hitzemberger CK: Optical measurement of the axial eye length by laser Doppler interferometry. Invest Ophthalmol Vis Sci 2:616-624, 1991
- [3]: Packer M, Fine IH, Hoffman RS, Coffmann PG, Brown LK: Immersion A-scan compared with partial coherence interferometry: outcomes analysis. J Cataract Refract Surg 28(2):239-242, 2002
- [4]: Haigis W: Optical coherence biometry. In: Kohnen, T (ed): Modern Cataract Surgery, Dev. Ophthalmol, Basel, Karger 34:119-130, 2002
- [5]: Haigis W, Lege BAM: Akustische und optische Biometrie im klinischen Einsatz. In: 14. Kongress der Deutschsprachigen Gesellschaft für Intraokularlinsen-Implantation und refraktive Chirurgie, 18.-19.02.2000, Luzern/Schweiz. M. Wenzel, T. Kohnen, B. Blumer (Hrsg.), Biermann-Verlag Köln, 73-78, 2000b