

## Evaluation des Selbsttonometers Icare ONE im Vergleich mit der Goldmann-Appplanationstonometrie

Die Pathogenese des glaukomatösen Sehnervenschadens stellt ein multifaktorielles Geschehen dar, das weiterhin viele Fragen offen lässt. Trotz aller neuen Erkenntnisse bleibt der erhöhte Augeninnendruck einer der wichtigsten Risikofaktoren und die Senkung desselben der entscheidende therapeutische Angriffspunkt.

Bekanntermaßen unterliegt der Augeninnendruck einer zirkadianen Rhythmik. Darüber hinaus ist gerade bei Glaukompatienten die Schwankungsbreite erhöht. Wünschenswert ist daher eine Tensiometrie zu verschiedenen Tageszeiten, um Spitzen aufzudecken und die Drucklage eines Patienten suffizient beurteilen zu können. Dies kann ambulant in der Praxis oder im Rahmen eines stationären Aufenthaltes erfolgen. Die häusliche Situation kann dabei jedoch nicht vollständig erfasst werden, insbesondere das Problem mangelnder Compliance wird verfälscht.

Die Erfahrungen anderer Fachgebiete zeigen, dass eine Einbindung des Patienten in Diagnostik und Therapie chronischer Erkrankungen erfolgen kann. Insbesondere seien hier die Überwachung von Blutdruck und Blutzucker durch den Betroffenen genannt. Durch die Mitarbeit des Patienten können dessen Krankheitsbewusstsein und Therapieakzeptanz gesteigert und schließlich die Compliance verbessert werden [3]. Zusätzlich kann durch die additiven Informationen der behandelnde Arzt in seiner Arbeit unterstützt werden.

So wäre auch die Möglichkeit der Selbsttonometrie für Glaukompatienten wünschenswert.

### Material und Methode

#### Messprinzip

Das Icare ONE-Tonometer (Icare Helsinki, Finland) wurde konzipiert für die Selbsttonometrie von Glaukompatienten. Die Messungen erfolgen nach dem bekannten Prinzip der Rebound-Tonometrie, entsprechend ist keine Lokalanästhesie notwendig. Das Gerät wird durch den Patienten einhändig vor dem Hornhautzentrum platziert und über eine Stirn- und Wangenstütze stabilisiert (Abb. 1). Es werden dann mit der haltenden Hand 6 Einzelmessungen ausgelöst, deren Werte zu dem Endergebnis interpoliert werden. Alternativ bietet das Tonometer die Möglichkeit, die Einzelmessungen automatisch hintereinander durchführen zu lassen. Da dies jedoch einige Patienten als schwierig empfanden, wurde dieser Modus den Probanden zur besseren Vergleichbarkeit nicht angeboten.

Das gemessene Ergebnis wird dem Patienten als Lichtsignal in Druckzonen angezeigt. Der genaue Wert wird gleichzeitig elektronisch gespeichert und kann später mittels USB-Schnittstelle ausgelesen und bearbeitet werden. Werden die Messungen als nicht zuverlässig, z. B. bei falscher Geräteposition, eingeordnet, werden dem Patienten Lichtsignale in den Feldern „Position“ oder „Repeat“ angezeigt und diese Versuche als „Fehler“ gespeichert.

Eingeschlossen in die Studie wurden Patienten mit primärem oder sekundärem Offenwinkelglaukom, die zur Durchführung eines Tagesdruckprofils statio-

när aufgenommen wurden. Ausschlusskriterien waren ein beidseitig schlechter Visus, Hornhautveränderungen, Reizzustände, ein reduzierter Allgemeinzustand und ein Tremor. Zunächst wurde den Teilnehmern die Handhabung des Tonometers erläutert und vorgeführt. Danach wurden unter ärztlicher Anleitung so lange Testmessungen durchgeführt, bis mindestens 1 Wert selbstständig ermittelt werden konnte. Empfohlen und geübt wurde eine Anwendung unter Kontrolle der Geräteposition durch einen Wandspiegel. Die Patienten wurden aufgefordert die Selbstmessungen am rechten Auge immer direkt im Anschluss an die ärztlichen Goldmann-applanationstonometrischen Messungen, die im Rahmen des stationären Druckprofils erfolgten, vorzunehmen. Bei Anzeige eines „Fehlers“ sollten weitere Versuche erfolgen. Die elektronisch gespeicherten Werte wurden ausgewertet und den entsprechenden GAT-Werten zugeordnet. Zur Datenanalyse und Grafikerstellung wurden die IBM® SPSS®/PC Statistiksoftware 15.0 bzw. SigmaPlot 11.0 benutzt. Gruppeneffekte wurden mit dem Wilcoxon-Test auf dem 5%-Niveau getestet.

Nach Abschluss der Messreihe wurden die Patienten gebeten, einen Bogen mit Fragen zur Praktikabilität und Akzeptanz des Tonometers auszufüllen.

Dieses Manuskript basiert auf einem Vortrag, gehalten auf dem Kongress der Deutschen Ophthalmologischen Gesellschaft 2011.

## Ergebnisse

Es wurden 40 Patienten in die Studie eingeschlossen. Das Alter betrug im Mittel 64,86 Jahre (44 bis 82 Jahre). Insgesamt wurden 191 Selbsttonometrien aufgezeichnet. Von diesen wurden 94 als „korrekt“ (49,2%) und 97 als „Fehler“ (50,8%) angezeigt. Pro Patient wurden maximal 9 Messungen durchgeführt. Bei 3 Probanden wurde nicht ein einziger Wert aufgezeichnet, bei weiteren 5 wurden nur Fehler registriert, sodass von den in die Studie eingeschlossenen Patienten 32 mindestens je eine gültige Messung pro Methode zur selben Zeit (zwischen 15 und 19 Uhr) aufwiesen.

Das Bland-Altman-Diagramm ([2], **Abb. 2**) korreliert die Mittelwerte dieser Nachmittagsmessungen beider Methoden zu den Differenzen der Messungen ( $n=32$ ). Es zeigt sich eine gute Übereinstimmung der Messwerte beider Methoden mit einer durchschnittlichen Abweichung der GAT-Werte von denen der Selbsttonometrie von  $-0,187$  ( $s=13$ ;  $n=32$ ). Das 95%-Konfidenzintervall des Mittelwertes der Differenzen ( $-2,04$ ;  $1,66$ ) beinhaltet die Null und gibt demnach keinen Hinweis auf eine systematische Abweichung zwischen den beiden untersuchten Methoden. Das Wertepaar ( $9$ ;  $-18$ ) liegt unterhalb des „lower limit of agreement“ von  $-10,46$  und entspricht mit  $n=1$  (3%) der maximal erwarteten 5% aller Paare außerhalb der „limits of agreement“.

Die **Abb. 3** und 4 zeigen den direkten Vergleich zwischen den validen Messergebnissen der GAT und den zugehörigen des Icare ONE und veranschaulichen die Streuung der Messpaare um die Ideallinie der Winkelhalbierenden geschlechtsspezifisch (**Abb. 3**) bzw. altersspezifisch (**Abb. 4**). Unterschiede zwischen den Messungen beider Methoden konnten weder bei Männern und Frauen noch in den 3 Altersgruppen ( $<60$  Jahre,  $60$  bis  $70$  Jahre,  $>70$  Jahre) nachgewiesen werden.

Es zeigten sich sowohl inter- als auch intraindividuell deutliche Schwankungen: Die minimale Abweichung des selbsttonometrischen Wertes zur GAT betrug  $0$  mmHg während die maximale Abweichung mit  $17$  mmHg niedri-

Ophthalmologie 2012 · 109:1008–1013 DOI 10.1007/s00347-012-2526-y  
© Springer-Verlag 2012

V. Witte · Ä. Glass · R. Beck · R. Guthoff

## Evaluation des Selbsttonometers Icare ONE im Vergleich mit der Goldmann-Appplanationstonometrie

### Zusammenfassung

**Hintergrund.** Ziel dieser klinischen Studie war es, die Durchführbarkeit von selbstständigen Augeninnendruckmessungen durch den Patienten mittels Icare ONE zu prüfen und die Verlässlichkeit der erhaltenen Werte durch Vergleich mit denen der Goldmann-Appplanationstonometrie (GAT) zu evaluieren.

**Methodik.** Es wurden 40 Patienten mit chronischem Offenwinkelglaukom zwischen 44 und 82 Jahren in die Handhabung des Tonometers eingeführt. Nach der ärztlichen GAT erfolgten die Selbstmessungen über 1 bis 3 Tage. Das Tonometer speicherte die ermittelten Werte als „korrekt“ oder bei fehlerhafter Handhabung als „Fehlmesung“. Die Erfahrungen der Patienten wurden mittels eines Fragebogens erfasst.

**Ergebnisse.** Insgesamt erfolgten 191 Einzelmessungen mittels Icare ONE, von denen 97 (50,8%) als „Fehlmesung“ angezeigt wurden. Eine Differenz von maximal 5 mmHg zwischen GAT und Selbsttonometrie wurde bei 45% aller Probanden in jeder Einzelmessung eingehalten. In der Gruppe der unter 60-Jährigen betrug der Anteil 70%. Ein systemati-

scher Fehler konnte nicht nachgewiesen werden. Die Handhabung des Icare ONE empfanden 60% der Probanden als schwierig, 80% könnten sich vorstellen, das Selbsttonometer auch zu Hause anzuwenden.

**Schlussfolgerungen.** Die Abweichungen der Selbstmessungen von der GAT unterlagen teils erheblichen Schwankungen. In der Untergruppe der unter 60-Jährigen stimmten die Werte jedoch besser überein, sodass wir Probleme mit der Handhabung des Icare ONE als wichtigen Faktor ansehen. Die Akzeptanz im befragten Patientenkollektiv war dennoch hoch, und eine regelmäßige Tensionsmessung unter häuslichen Bedingungen erscheint sinnvoll. Wünschenswert wäre eine Verbesserung in der Handhabung und Reliabilität des Tonometers, um so die klinische Anwendbarkeit der ermittelten Druckwerte zu erhöhen.

### Schlüsselwörter

Selbsttonometrie · Rebound-Tonometrie · Goldmann-Appplanationstonometrie · Augeninnendruck · Icare ONE

## Evaluation of the self-tonometer Icare ONE in comparison to Goldmann applanation tonometry

### Abstract

**Objective.** The aim of this clinical study was to demonstrate the practicability of self-measured intraocular pressure and to evaluate the reliability by comparing the data with those obtained by Goldmann applanation tonometry (GAT).

**Methods.** A total of 40 patients aged between 44 and 82 years with glaucoma were introduced to the handling of the tonometer. The self-measurements were done for 1–3 days following the medical measurement by GAT. The data were saved as “correct” or in the case of wrong handling as “false”. The impressions of the patients were obtained by a questionnaire.

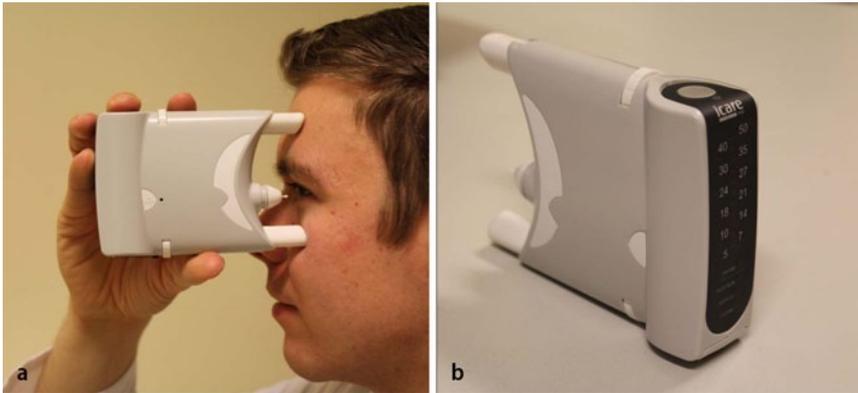
**Results.** A total number of 191 single measurements were registered by the Icare ONE and of these there were 97 (50.8%) signed “false”. Of the patients 45% reached a maximum difference of  $\pm 5$  mmHg between GAT and self-measurement in every single measurement. In the subgroup of under 60-year-old patients 70% reached this result. There

were no indications of a systematic error. Of the probands 60% considered the handling of the Icare ONE as difficult. Nevertheless, 80% could imagine using the self-tonometer at home.

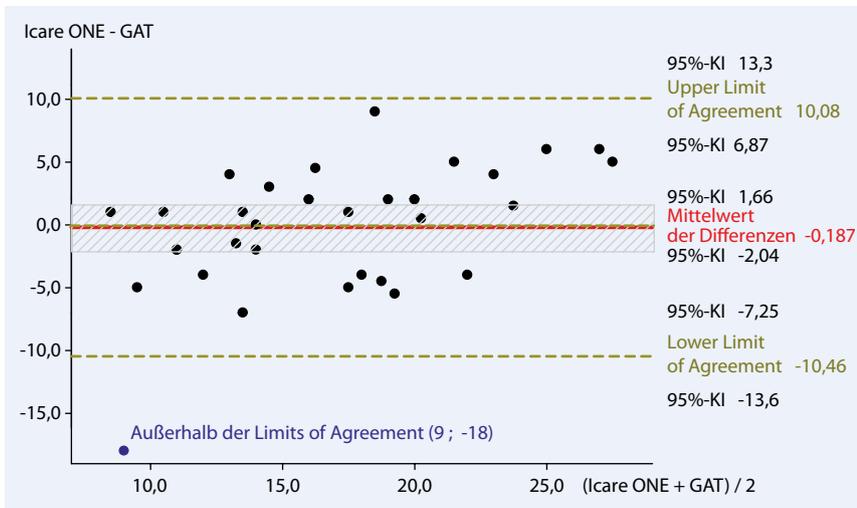
**Conclusions.** The differences between the self-measurements and the GAT were highly fluctuating in some cases. In the group of patients younger than 60 years the agreement was better, so problems with the handling of the Icare ONE may be an important factor. However, the acceptance in the patients tested was high and continuous pressure measurements at home could be reasonable. Advancements in the handling and reliability are needed to improve clinical application of the measured values.

### Keywords

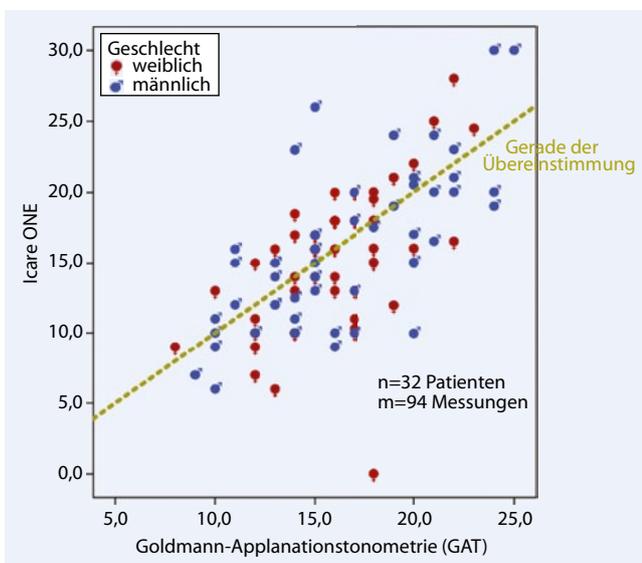
Self-tonometry · Rebound tonometry · Goldmann applanation tonometry · Intraocular pressure · Icare ONE



**Abb. 1** ▲ **a, b** Der Patient platziert das Icare ONE vor dem Auge so, dass das Messköpfchen auf die Hornhautmitte zentriert ist. Nach 6 durchgeführten Einzelmessungen werden mittels Lichtsignal entweder das Endergebnis oder die Messungen als „Fehler“ angezeigt



**Abb. 2** ▲ Das Bland-Altman-Diagramm korreliert die Mittelwerte der Messungen zu den Differenzen der Messungen. Es zeigt sich eine gute Übereinstimmung der Messwerte beider Methoden ohne Hinweis auf eine systematische Abweichung



**Abb. 3** ◀ Der Vergleich zwischen den Ergebnissen der GAT und denen des Icare ONE veranschaulicht die Streuung der Messpaare um die Ideallinie der Winkelhalbierenden. Ein Unterschied zwischen den Ergebnissen von Männern (n=15) und Frauen (n=17) findet sich nicht

ger und 11 mmHg höher als der GAT-Wert gemessen wurde. Dieselbe Probandin, bei der ein selbst gemessener Wert um 17 mmHg differierte, zeigte in anderen Messungen jedoch auch Übereinstimmungen von minimal 1 mmHg. Eine Differenz von maximal  $\pm 5$  mmHg in allen selbstständig durchgeführten Messungen wurde bei insgesamt 18 Probanden erreicht. Dies entspricht 45% aller 40 eingeschlossenen Patienten bzw. 56,3% der 32 Teilnehmer mit mindestens einer korrekten Druckmessung. Eine Abweichung bis  $\pm 3$  mmHg erzielten noch 8 (20% bzw. 25%) der Patienten. Betrachtet man die 10 Probanden mit einem Lebensalter  $< 60$  Jahren, so finden sich hierunter 7 (70%) mit einer Differenz von  $\leq 5$  mmHg (Abb. 4) in allen Einzelmessungen.

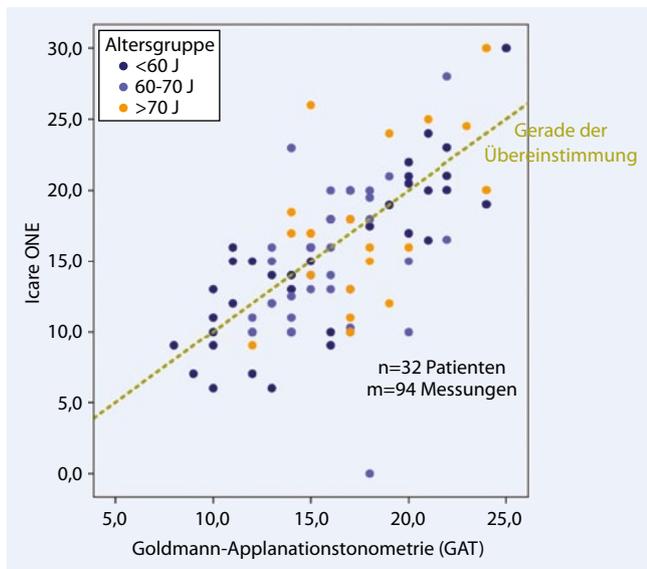
Bezogen auf die 94 einzelnen Selbsttonometrien der Patienten, fanden sich bei 84% dieser Messungen (79/94) Differenzen zwischen beiden Methoden von maximal  $\pm 5$  mmHg und bei 64% (60/94) von bis zu  $\pm 3$  mmHg. Es lagen 92% der Differenzen (35/38) aller Messungen der 10 unter 60-jährigen Probanden innerhalb  $\pm 5$  mmHg. Bei den 9 über 70-jährigen Probanden hingegen waren es 70% (14/20).

### Auswertung des Fragebogens

Die Handhabung des Tonometers wurde von 60% der Probanden als schwierig empfunden, zumeist (71%) wurde allerdings eine Besserung mit zunehmender Übung angegeben. Hierbei wurde vor allem die korrekte Ausrichtung auf das Auge als problematisch empfunden: 18% haben hierfür fremde Hilfe in Anspruch genommen; 40% der Patienten empfanden die Bedienbarkeit als gut. Insgesamt gaben 80% der Befragten an, sich vorstellen zu können, das Tonometer zumindest zeitweise auch zu Hause zu benutzen. In 71% dieser Fälle allerdings nur 1- bis 2-mal täglich.

### Diskussion

Während die Goldmann-Applanations-tonometrie unbestritten den Goldstandard zur Druckmessung bildet und mit dem Perkins-Tonometer auch ein porta-



**Abb. 4** ◀ Korrelation zwischen den Messungen der GAT und der Selbsttonometrie, differenziert nach den Altersgruppen „<60 Jahre“ (n=10), „60 bis 70 Jahre“ (n=13) und „>70 Jahre“ (n=9). Bei den Probanden unter 60 Jahren zeigte sich eine tendenziell bessere Übereinstimmung

bles System zur applanatorischen Messung existiert, ist dieses Messprinzip für die Selbsttonometrie schwierig umsetzbar.

### Möglichkeiten der Selbsttonometrie

Als Beispiel eines Selbsttonometers sei das Ocuton S (EPSa Elektronik & Präzisionsbau, Saalfeld, Deutschland) angeführt, das von Draeger et al. [6, 7, 8, 9] über viele Jahre entwickelt worden ist. Es arbeitet wie die GAT mittels Applanation des Hornhautapex nach topischer Anästhesie.

In vielen Studien wurde die klinische Anwendung mit unterschiedlichen Ergebnissen untersucht. Während einige Gruppen von einer gut zu erlernenden Handhabung des Tonometers berichten [9, 13], war in anderen Studien die Anwendung von 41–48% der Probanden nicht zu erlernen [29, 30]. Ebenfalls uneinheitlich zeigten sich die Ergebnisse bezüglich der Vergleichbarkeit mit der GAT, die in verschiedenen Studien eine Abweichung von  $\pm 3$  mmHg in 52 bzw. 90% der Messungen aufwies [24, 28].

Das Selbsttonometer Proview (Bausch und Lomb, Rochester, NY) basiert auf der entopischen Wahrnehmung von Druckphosphenen bei Erhöhung des Augeninnendrucks. Die Gruppe um Meyer [17] wies allerdings in ihren Untersuchungen nur geringe Übereinstimmungen der so erhaltenen Werte mit denen der GAT nach und sprach daher keine Empfeh-

lung für dieses Messsystem aus. Auch andere Studien zeigten eine Differenz von  $\pm 3$  mmHg zu den Werten der GAT in nur 51–61% der Fälle [5, 12, 22]

### Rebound-Tonometrie

Das hier untersuchte System basiert auf der Grundlage der Rebound-Tonometrie. Die Reliabilität der Rebound-Tonometrie wurde in verschiedenen Studien untersucht. Pakrou et al. [20] wiesen eine gute Korrelation zwischen den mittels Icare-Tonometer und Goldmann-Appplanationstonometrie gemessenen Druckwerten nach. Eine andere Gruppe [18] fand 63,7% der durchgeführten Icare-Messungen in einem Intervall von  $\pm 3$  mmHg zu den GAT-Werten.

Bei höheren Tensiwerten über 23 mmHg ergaben sich allerdings größere Abweichungen zwischen den Messwerten beider Methoden. Auch Marini et al. [14] berichten von einer zunehmend schlechteren Übereinstimmung bei steigenden Druckwerten. Eine bessere Übereinstimmung zwischen der Rebound-Tonometrie und der Applanationstonometrie zeigten die Messungen von Iliev et al. [11]. Eine Übereinstimmung von  $\pm 3$  mmHg trat in 84,1% auf, wobei die Rebound-Tonometrie eine Tendenz zu höheren Werten aufwies.

Die subjektive Verträglichkeit für den Patienten wurde dabei in der Regel als gut bewertet [18, 20, 26], sodass das Rebound-

Tonometer insbesondere für die Druckmessung bei Kindern gut geeignet ist [25].

Das Icare-Tonometer wurde auch in seiner Eignung für die häusliche Messung untersucht. Flemmons et al. [10] ließen den Augeninnendruck von Kindern durch die jeweilige Betreuungsperson messen und berichten von einer guten Reliabilität, einer einfachen Handhabung und einer guten Toleranz.

### Icare ONE

Die Analyse unserer Messergebnisse mittels Bland-Altman-Diagramm zeigt, dass es eine gute Übereinstimmung zwischen den Werten der GAT und der Selbsttonometrie gibt. Die „limits of agreement“ beider Methoden von  $-10,46$  bis  $10,08$  mmHg, zwischen denen erwartungsgemäß 95% der Differenzen liegen, müssen allerdings auch aus klinischer Sicht beurteilt werden [2]. Denn in der Praxis erscheint eine solch hohe Abweichung kaum akzeptabel. Als tolerabel werden in der Regel Differenzen von 3 bis maximal 5 mmHg angesehen.

Die Studie von Rosentreter et al. [23] evaluiert ebenfalls die Selbsttonometrie mittels Icare ONE. Die Rebound-Tonometrie wurde nacheinander von einem Ophthalmologen und von einem Patienten durchgeführt und im Vergleich mit der GAT analysiert. Es zeigte sich kein signifikanter Unterschied zwischen denen durch Patient und Arzt gemessenen Werten. Eine Differenz von maximal 3 mmHg zwischen den Ergebnissen der GAT und der ärztlich gemessenen Rebound-Tonometrie fand sich in 80,2%. Die korrelierende Analyse mittels Bland-Altman-Diagramm wies „limits of agreement“ von  $-4,4$  bis  $5,6$  mmHg auf.

### Mögliche Fehlerquellen

Die insgesamt bessere Übereinstimmung der Messungen von Rosentreter et al. [23] zwischen den Werten von Icare ONE und GAT im Vergleich zu den hier vorgestellten Ergebnissen könnte darin begründet sein, dass hier mehrere Messungen pro Patient ohne ärztliche Aufsicht und nach längerem zeitlichen Abstand von der Einführung in die Handhabung durchgeführt

wurden. Dieses Vorgehen entspricht allerdings eher der häuslichen Realität.

Beide Untersuchungen erlauben keine konkreten Aussagen zur Lernkurve der Patienten und inwieweit sich die Korrelation zur GAT mit zunehmender Übung in der Handhabung des Selbsttonometers möglicherweise verbessert. Dies wäre durch weitere Studien zu klären. Denn eine mögliche Fehlerquelle des Icare ONE scheint in einer falschen Handhabung zu liegen, die zu Verkippungen und Dezentrierungen führen könnte. Untersuchungen des Icare-Tonometers zu dieser Problematik erscheinen uneinheitlich: Die Ergebnisse von Queros [21] und der Gruppe um Takenaka [27] zeigten, dass auch dezentrierte Messungen mit dem Icare bis 2 mm Limbusabstand eine noch gute Übereinstimmung mit Messungen auf dem Hornhautzentrum aufwies. Ebenso führte eine Verkippung des Messköpfchens um 20° im Tiermodell zu keiner wesentlichen Änderung des Ergebnisses [27]. Im Gegensatz dazu berichten Muttuvelu et al. [19] von einer schlechteren Übereinstimmung bei sowohl einer Abweichung um 2 mm vom Hornhautzentrum als auch einer Verkippung um 10° mit im Durchschnitt 3–4 mmHg niedrigeren Werten.

Ebenso kann die zentrale Hornhautdicke einen Einfluss auf die Ergebnisse nicht nur der Applanations-, sondern auch der Rebound-Tonometrie ausüben. Die Untersuchung von Iliev et al. [11] sowie Martinez-de-la-Casa et al. [15, 16] zeigten bei beiden Methoden einen vergleichbar ausgeprägten Anstieg des gemessenen Druckes bei zunehmender Hornhautdicke. Eine andere Untersuchung [4] zeigte keinen Einfluss der pachymetrischen Werte auf die Ergebnisse der Rebound-Tonometrie. Die Gruppe um Marini [14] wies allerdings eine schlechtere Übereinstimmung zwischen GAT und Rebound-Tonometrie bei zunehmender Hornhautdicke nach. Es wurde ein Anstieg der Rebound-tonometrisch gemessenen Druckwerte um 4,1–4,6 mmHg pro 100 µm errechnet. Bei Sahin et al. [26] betrug diese Zunahme sogar 8 mmHg pro 100 µm. Eine weitere Studie [20] zeigte eine durchschnittliche Zunahme der Abweichung zwischen den beiden Messverfahren um 1 mmHg pro Dickenanstieg um 100 µm.

Die GAT selbst kann eine geringe Abnahme der im Anschluss gemessenen Rebound-tonometrischen Werte [1, 14] bedingen. Wobei die nach der GAT mittels Rebound-Tonometrie gemessenen Ergebnisse besser mit dieser übereinstimmen als die vor der GAT gemessenen Druckwerte.

### Anwendungsmöglichkeiten

Die Erfahrungen dieser Studie haben gezeigt, dass viele Patienten sehr positiv auf die Möglichkeit der Selbsttonometrie reagieren. Die Anwendung des Icare ONE kann von jüngeren Patienten, aber auch von älteren mit noch gut erhaltenen feinmotorischen Fähigkeiten gut beherrscht werden. Jedoch mag auch eine langsamere Lernkurve bei entsprechender Motivation im Einzelfall akzeptabel sein. Da aber unsere Ergebnisse selbst bei diesen Patienten oft hohe Schwankungen zeigten, kann nicht empfohlen werden, auf deren Grundlage therapeutische Entscheidungen zu treffen. Vorstellbar wäre diese Art der Selbsttonometrie zur Verbesserung der Krankheitswahrnehmung und Compliance ausgesuchter Patienten. Auch könnte eine „grobe“ Kontrolle bei stark schwankenden Druckwerten in der Vorgeschichte sinnvoll sein (z. B. Sekundärglaukome, Posner-Schlossmann-Syndrom), um unnötige Arztbesuche zu vermeiden oder notwendige ärztliche Kontrollen zu initiieren.

### Fazit für die Praxis

- Die Patienten stehen der Idee der Selbsttonometrie insgesamt offen gegenüber: 80% der angesprochenen Patienten könnten sich vorstellen, selbstständig zu Hause ihren Augeninnendruck zu kontrollieren.
- Die Literaturrecherche zeigt, dass die Rebound-Tonometrie von den Patienten zumeist als nicht unangenehm empfunden wird und daher grundsätzlich gut für die Selbstmessungen geeignet scheint.
- Das Selbsttonometer in der Form des Icare ONE ist nur für ausgesuchte Patienten mit ausreichender Feinmotorik und Motivation anwendbar. Die so erhaltenen Werte müssen sowohl

**vom Arzt als auch von dem Patienten bezüglich ihrer Aussagekraft kritisch beurteilt werden und sollten unseren Ergebnissen entsprechend allenfalls als Anhaltswerte dienen.**

### Korrespondenzadresse

#### Dr. V. Witte

Universitätsaugenklinik Rostock  
Doberanerstr. 140, 18057 Rostock  
verenawitte@googlemail.com

**Interessenkonflikt.** Die korrespondierende Autorin gibt für sich und seine Koautoren an, dass kein Interessenkonflikt besteht.

### Literatur

1. Almbrad TM, Ogbuehi KC (2010) On repeated corneal applanation with the Goldmann and two non-contact tonometers. *Clin Exp Optom* 93(2):77–82
2. Bland JM, Altman DG (1986) Statistical methods for assessing agreement between two methods of clinical measurement. *Lancet* 1:307–310
3. Celis H, Den Hond E, Staessen JA (2005) Self-measurement of blood pressure at home in the management of hypertension. *Clin Med Res* 3(1):19–26
4. Chui WS, Lam A, Chen D, Chiu R (2008) The influence of corneal properties on rebound tonometry. *Ophthalmology* 115(1):80–84
5. Danesh-Meyer HV, Niederer R, Gaskin BJ, Gamble G (2004) Comparison of the Proview pressure phosphene tonometer performed by the patient and examiner with the Goldmann applanation tonometer. *Clin Experiment Ophthalmol* 32(1):29–32
6. Draeger J, Groenhoff S, Hock B, Klemm M (1993) Optimierung des automatischen Selbsttonometers durch ein akustisches Kontrollsignal und eine verbesserte Fixieroptik. *Ophthalmologie* 90:54–57
7. Draeger J, Hechler B, Levedag S, Wirt H (1987) Über die automatische Messung des Augendruckes mit einem elektronischen Sensortonometer. *Klin Monatsbl Augenheilkd* 190:539–541
8. Draeger J, Schwartz R, Deutsch C, Groenhoff S (1991) Experimentelle und klinische Ergebnisse mit einem neuen vollautomatischen Selbsttonometer. *Fortschr Ophthalmol* 88:304–307
9. Draeger J, Winter R (1998) Entwicklung und Anwendung eines neuen automatischen Selbsttonometers. *Spektrum Augenheilkd* 12:7–9
10. Flemmons MS, Hsiao YC, Dzau J et al (2011) Home tonometry for management of pediatric glaucoma. *Am J Ophthalmol* 152(3):470–478
11. Iliev ME, Goldblum D, Katsoulis K et al (2006) Comparison of rebound tonometry with Goldmann applanation tonometry and correlation with central corneal thickness. *Br J Ophthalmol* 90(7):833–835
12. Li J, Herndon LW, Asrani SG et al (2004) Clinical comparison of the Proview eye pressure monitor with the Goldmann applanation tonometer and the tonopen. *Arch Ophthalmol* 122(8):1117–1121
13. Marchini G, Babighian S, Specchia L, Perfetti S (2002) Evaluation of the new Ocuton S tonometer. *Acta Ophthalmol Scand* 80(2):167–171

14. Marini M, Da Pozzo S, Accardo A, Canziani T (2011) Comparing applanation tonometry and rebound tonometry in glaucomatous and ocular hypertensive eyes. *Eur J Ophthalmol* 21(3):258–263
15. Martinez-e-la-Casa JM, Garcia-Feijoo J, Castillo A, Garcia-Sanchez J (2005) Reproducibility and clinical evaluation of rebound tonometry. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 46(12):4578–4580
16. Martinez-de-la-Casa JM, Garcia-Feijoo J, Vico E et al (2006) Effect of corneal thickness on dynamic contour, rebound, and goldmann tonometry. *Ophthalmology* 113(12):2156–2162
17. Meyer MW, Yvelenko V, Hoy L et al (2006) Intraocular pressure measurements with the Proview self-tonometer in comparison of Goldmann applanation tonometry in healthy and glaucomatous eyes. *Klin Monatsbl Augenheilkd* 223(11):899–903
18. Munkwitz S, Elkarmouty A, Hoffmann EM et al (2008) Comparison of the iCare rebound tonometer and the Goldmann applanation tonometer over a wide IOP range. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol* 246(6):875–879
19. Muttuvelu DV, Baggesen K, Ehlers N (2012) Precision and accuracy of the iCare tonometer – peripheral and central IOP measurements by rebound tonometry. *Acta Ophthalmol* 90(4):322–326
20. Pakrou N, Gray T et al (2008) Clinical comparison of the iCare tonometer an Goldmann applanation tonometrie. *J Glaucoma* 17(1):43–47
21. Queiros A, Gonzalez-Meijome JM et al (2007) Technical note: a comparison of central and peripheral intraocular pressure using rebound tonometry. *Ophthalmic Physiol Opt* 27:506–511
22. Rai S, Moster MR, Kesen M et al (2005) Level of disagreement between Proview phosphene tonometer and Goldmann applanation tonometer intraocular pressure readings. *J Glaucoma* 14(2):120–123
23. Rosentreter A, Jablonski KS, Mellein AC et al (2011) A new rebound tonometer for home monitoring of intraocular pressure. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol* 249:1713–1719
24. Sacu S, Vass C, Schemper M, Rainer G (2004) Self-tonometry with the Ocuton S: evaluation of accuracy in glaucoma patients. *Acta Ophthalmol Scand* 82(4):405–409
25. Sahin A, Basmak H, Niyaz L, Yildirim N (2007) Reproducibility and tolerability of the iCare rebound tonometer in school children. *J Glaucoma* 16:185–188
26. Sahin A, Niyaz L, Yildirim N (2007) Comparison of the rebound tonometer with the Goldmann applanation tonometer in glaucoma patients. *Clin Experiment Ophthalmol* 35(4):335–339
27. Takenaka J, Mochizuki H, Kuniyama E et al (2011) Evaluation of rebound tonometer for measuring intraocular pressure at deviated angle and position. *Curr Eye Res* 36(5):422–428
28. Theisen R, Scherer V, Ruprecht KW (2001) Self-measurement of intraocular pressure. *J Fr Ophthalmol* 24(4):378–381
29. Theofylaktopoulos I, Diestelhorst M, Krieglstein GK (1999) Selftonometry with the Ocuton S versus Goldmann tonometry. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol* 237(9):720–4119
30. Vogt R, Duncker GI (2005) Usability of self-tonometry under ambulatory conditions to obtain daily profiles of intraocular pressure at home. *Klin Monatsbl Augenheilkd* 222(10):814–821



**Der Ophthalmologe bietet Ihnen jeden Monat umfassende und aktuelle Beiträge zu interessanten Themenschwerpunkten aus allen Bereichen der Ophthalmologie.**

Möchten Sie ein bereits erschienenes Heft nachbestellen? Einzelne Ausgaben können Sie direkt bei unserem Kundenservice zum Preis von je EUR 35,- zzgl. Versandkosten beziehen:

**2011**

- 01/11 Biologika, Teil 1
- 02/11 Venöse retinale Gefäßverschlüsse
- 03/11 Biologika, Teil 2
- 04/11 Fallstricke der Brillenbestimmung
- 05/11 Orbitaerkrankungen, Teil 1
- 06/11 Orbitaerkrankungen, Teil 2
- 07/11 Glaukom im Kindesalter
- 08/11 Rekonstruktive Irischirurgie
- 09/11 Perspektiven der Hornhauttransplantation
- 10/11 Verätzungen und Verbrennungen des Auges
- 11/11 Okuläre Hypertension
- 12/11 Augenschmerzen aus interdisziplinärer Sicht

**2012**

- 01/12 Smartphones in der Augenheilkunde
- 02/12 Therapieansätze bei erblichen Netzhautdystrophien
- 03/12 Ophthalmologische Therapie in der Schwangerschaft
- 04/12 Funktionelle Glaukomdiagnostik
- 05/12 Lidchirurgie
- 06/12 Morbus Behçet
- 07/12 Submakuläre Blutung
- 08/12 Pseudoexfoliation
- 09/12 Oberflächenrekonstruktion bei Limbusstammzellinsuffizienz
- 10/12 Myope Makuladegeneration
- 11/12 Frühgeborenenretinopathie
- 12/12 Schwindel aus interdisziplinärer Sicht

So erreichen Sie unseren Kundenservice:

Springer Customer Service Center GmbH  
 Kundenservice Zeitschriften  
 Haberstr. 7  
 69126 Heidelberg  
 Tel.: +49 6221 345-4303  
 Fax: +49 6221 345-4229  
 E-Mail: leserservice@springer.com

**www.DerOphthalmologe.de**