

# Augeninnendruck während und nach dem Spielen von Hoch- und Niedrigwiderstandblasinstrumenten

## Hintergrund und Fragestellung

Die Erzeugung eines Tons auf einem Blasinstrument basiert auf einer periodischen Erhöhung des Luftdrucks in den Atemwegen und der aktiven Expiration gegen Widerstand [1]. Diese Expirationstechnik könnte als eine Form des Valsalva-Manövers bezeichnet werden. Je größer der Widerstand des Instruments ist, den der Bläser beim Spielen überwinden muss, desto mehr wird bei der Technik der Tonerzeugung das Valsalva-Manöver praktiziert. Bei Blasinstrumenten werden deshalb entsprechend ihrer Form sog. Hoch- bzw. Niedrigwiderstandblasinstrumente unterschieden. Hochwiderstandblasinstrumente (H) sind Oboe, Trompete, Waldhorn und Fagott, alle anderen Blasinstrumente wie z. B. Klarinette und Posaune werden als Niedrigwiderstandblasinstrumente (N) bezeichnet [12].

Das Valsalva-Manöver bewirkt, dass der intrathorakale oder Pleuradruck steigt [11]. Die Venen lassen sich schlechter komprimieren, es verringert sich der venöse Rückstrom zum Herzen und es kommt zu einem erhöhten zentralen Venendruck. Dieser wird über die Jugularvenen, die orbitalen Venen und die Vortexvenen bis hin zur Choroidea weitergeleitet. Es kommt zu einer akuten venösen Abflussstörung, zu einer Zunahme des Volumens und der Dicke der Choroidea und somit zum Anstieg des intraokularen Drucks (IOD; [10]). Eine Druckerhöhung erfolgt auch in den episkleralen Venen, wodurch der Abfluss des Kammerwassers behindert wird, was möglicherweise

zu einem weiteren Anstieg des Augeninnendrucks führt [12].

Das primäre chronische Offenwinkelglaukom ist die häufigste Glaukomform, wobei ein im Tagesverlauf schwankender Druck für den Sehnerven als noch gefährlicher gilt als ein auf vergleichbarem Niveau liegender konstanter Augeninnendruck und somit ein Risikofaktor für die Progression der Erkrankung ist. Auch beim Normaldruckglaukom wird eine individuell erhöhte Empfindlichkeit der Lamina cribrosa gegenüber Tensionsschwankungen als ein pathogenetischer Faktor diskutiert [3, 6, 7].

Es wurde bereits in einer Studie von Schuman et al. [12] der Augeninnendruck während des Blasinstrumentenspiels bei 3 an einem Glaukom erkrankten Musikern gemessen, allerdings im Liegen, eine für einen Musikanten sehr unrealistische Spielposition. Der intraokulare Druck ist im Liegen unter Ruhebedingungen bereits im Mittel um 2 mmHg höher als im Sitzen und bei einem erhöhten Expirationsdruck von 100 cm H<sub>2</sub>O konnte im Liegen sogar ein um durchschnittlich 9,8 mmHg höherer Augeninnendruck gemessen werden als im Sitzen [9]. Aus diesem Grund befasst sich diese Studie zum ersten Mal mit dem Verlauf des intraokularen Drucks während und nach dem Spielen von verschiedenen Hoch- und Niedrigwiderstandblasinstrumenten in aufrechter Spielposition des Musikers, d. h. im Sitzen. Dies wurde durch eine technische Neuerung zur Bestimmung des Augeninnendrucks, dem tragbaren Rückpralltonometer, ermöglicht.

## Studiendesign und Untersuchungsmethoden

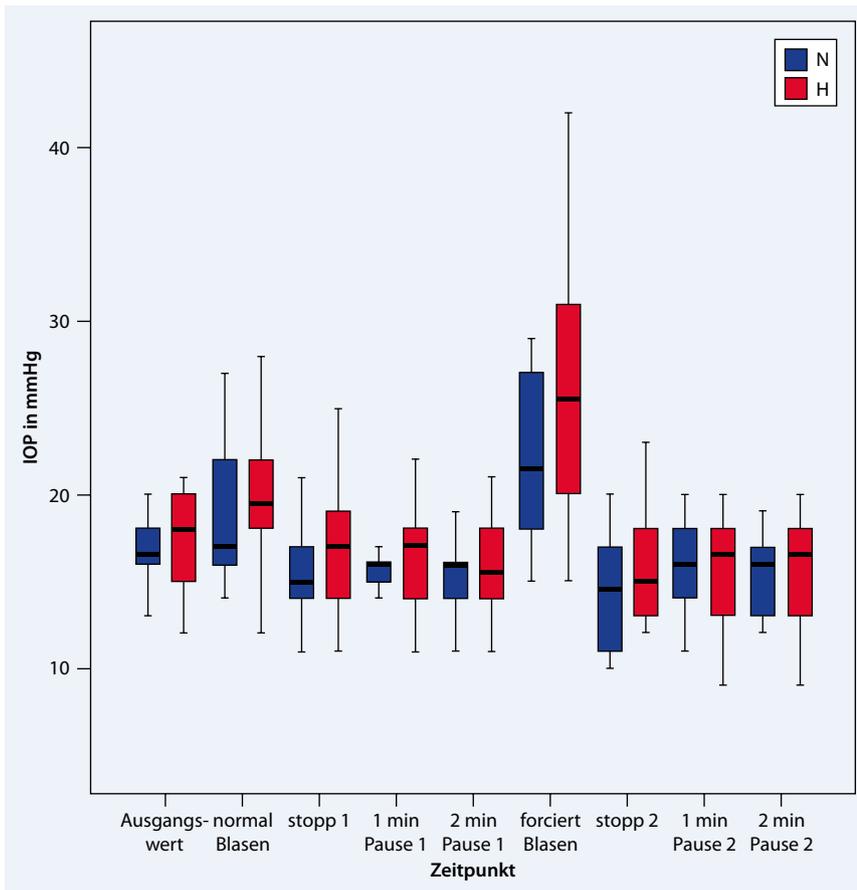
### Material und Probanden

Die Messungen wurden mit Hilfe des Icare-Tonometers der Firma TIOLAT Oy mit den dazugehörigen Einwegmessgebern durchgeführt. Dieses Tonometer bedient sich eines dynamischen Konzepts, wobei die Messung des Augeninnendrucks auf einem induzierten Rückprallverfahren basiert [2]. Die Geschwindigkeit des Einwegmessgebers direkt vor dem Aufprall und der Geschwindigkeitsverlust während der Kollision mit der Hornhautoberfläche sowie das Verhältnis dieser beiden Parameter dienen dabei der Ermittlung des Augeninnendrucks [5]. Eine Lokalanästhesie wird nicht benötigt, da sich der Messgeber trotz der möglichst gering gehaltenen Geschwindigkeit schneller bewegt als der Korneareflex ausgelöst wird [4, 8].

An der Untersuchung nahmen insgesamt 29 Laienblasinstrumentenspieler mit 32 Instrumenten teil, davon waren 56% Hochwiderstandblasinstrumente (n=18), zusammengesetzt aus Trompeten, Waldhörnern, Fagotten und Oboen. 11 der Instrumente wurden von Männern gespielt, 7 von Frauen. Die 44% der untersuchten Niedrigwiderstandblasinstrumente (n=14) setzten sich aus Klarinetten, Posaunen, Flügelhörnern, Tuba und Bassklarinetten zusammen; 13 Bläser waren männlich und ein Proband weiblich. Die Hoch- und Niedrigwiderstandgruppe waren hinsichtlich Spieljahre des Instruments, Alter, Körpergröße und -gewicht vergleichbar. Bei den weiblichen Probanden wur-



**Abb. 1** ◀ Messung des intraokularen Drucks während einer Spielsequenz



**Abb. 2** ▲ Boxplots zum Vergleich des IOD-Verlaufs der beiden Gruppen

de mit durchschnittlich 11,8 Jahren eine signifikant kürzere Spieldauer ihres Blasinstrumentes im Gegensatz zu den Männern mit 21,3 Jahren festgestellt ( $p=0,032$ ). Das mittlere Alter der Probanden betrug  $41,3 \pm 6,2$  Jahre. Der jüngste Musiker war 18 Jahre alt, der älteste 67 Jahre.

Als Ausschlusskriterien galten das Tragen von Kontaktlinsen, akute Augenentzündungen wie z. B. Konjunktivi-

tis, bekanntes Glaukom und Z. n. Augenoperation vor weniger als 3 Monaten. Die Musiker wurden nach bestehenden Augenerkrankungen und der Benutzung von Augentropfen befragt sowie von einem Facharzt funduskopiert, um ein möglicherweise vorbestehendes Glaukom anhand von anamnestischen Angaben und Papillenveränderungen auszu-schließen.

## Methoden

Die Durchführung der Studie erfolgte unter Berücksichtigung der Deklaration von Helsinki. Die Messungen erfolgten erst nach einer ausführlichen mündlichen Anamnese und Aufklärung; alle Probanden waren mit der Durchführung der Messungen einverstanden. Bei der gesamten Messreihe eines Probanden erfolgte die Messung des intraokularen Drucks im Sitzen in normaler Spielposition entweder nur am rechten oder am linken Auge. Das zu messende Auge ergab sich aus den Besonderheiten des jeweiligen Instruments und der Zugänglichkeit des Untersuchers zum zu messenden Auge. Das Icare-Tonometer wurde möglichst im  $90^\circ$ -Winkel vor das zu messende Auge gehalten und mit Hilfe der Stirnstütze an den Probanden adaptiert, sodass der Abstand der Messgeberspitze zur Korneaoberfläche ca. 4–8 mm betrug. Der Proband wurde aufgefordert, mit geöffneten Augen möglichst geradeaus zu blicken. Es wurden pro Messung 6 Einzelmessungen, vorgegeben durch die Gerätesoftware, durchgeführt. Die erste Messung des Augeninnendrucks erfolgte im Ruhezustand, d. h. vor dem Spielen. Jeder Proband musste darauf eine Sequenz in normaler Lautstärke und Tonlage spielen, danach eine zweite Sequenz forciert, d. h. mit möglichst lauten und hohen Tönen. Es wurde jeweils nach 2 min in der Spielphase der intraokulare Druck gemessen und am Ende wurden sofort, nach 1 min und nach 2 min die Daten erhoben (■ **Abb. 1**).

Die statistische Erfassung und Analyse der gewonnenen Daten erfolgte mit Hilfe von „Microsoft Excel Office 2003 und 2007“ und SPSS Version 15.0, wobei zur Analyse der gerätespezifische Mittelwert herangezogen wurde. Für qualitative Merkmale werden Häufigkeitsverteilungen angegeben, während bei quantitativen Merkmalen jeweils Mittelwert (MW), Standardabweichung (SD) und die Extremwerte (Min, Max) aufgeführt werden.

Die Anstiege des Augeninnendrucks während der beiden Spielsequenzen wurden auf Signifikanz getestet. Als Bezugswert wurde der Ausgangswert herangezogen und da für die gewonnenen IOD-Werte Normalverteilung angenommen werden konnte, wurden Vergleiche innerhalb

einer Messreihe mit dem t-Test für verbundene Stichproben und zwischen den Messreihen mit dem t-Test für unverbundene Stichproben durchgeführt.

Die Auswertung von personenrelevanten Daten erfolgte mit Hilfe des Mann-Whitney-Tests, da bei diesen Merkmalen keine Normalverteilung vorlag. Zusammenhänge zwischen den Augeninnendruckwerten während und nach der Spielphase wurden, da ein linearer Zusammenhang angenommen werden konnte, anhand des Korrelationskoeffizienten nach Pearson (r) und einer Regressionsgeraden beschrieben. Die Ergebnisse aller durchgeführten Tests galten dabei bei einem p-Wert kleiner dem Signifikanzniveau von  $\alpha=0,05$  als statistisch signifikant.

### Ergebnisse

#### Änderungen des IOD

Die in der Hoch- und Niedrigwiderstandgruppe gemessenen Augeninnendruckwerte werden in **Tab. 1** zusammengefasst.

Die Ausgangswerte der beiden Gruppen waren ähnlich und der Anstieg des Augeninnendrucks beim normalen Blasen war bei beiden kleiner als die Erhöhung des intraokularen Drucks während der forciert gespielten Serie. Der sofortige Abfall des IOD-Werts nach den beiden Spielphasen unter das Ausgangsniveau konnte ebenfalls in beiden Widerstandgruppen verzeichnet werden. Differenzen zwischen den Hoch- und Niedrigwiderstandbläsern wurden jedoch in der Höhe des Anstiegs während der Spielsequenzen festgestellt. So wurde in der Hochwiderstandgruppe während der normal geblasenen Serie ein 5,8% größerer, während der forciert gespielten Sequenz sogar ein 20,5% größerer Anstieg des Augeninnendrucks nachgewiesen als in der Vergleichsgruppe mit den Niedrigwiderstandblasinstrumenten (**Tab. 1**, **Abb. 2**).

#### Änderungen des IOD während des Spielens

Die mittleren Ausgangswerte wiesen weder zwischen der Hoch- und Niedrigwiderstandgruppe ( $p=0,913$ ) noch zwischen Männern und Frauen ( $p=0,653$ ) signifi-

Ophthalmologie 2010 · 107:41–46 DOI 10.1007/s00347-009-2055-5  
© Springer-Verlag 2010

K. Kappmeyer · I.M. Lanzl

### Augeninnendruck während und nach dem Spielen von Hoch- und Niedrigwiderstandblasinstrumenten

#### Zusammenfassung

**Hintergrund.** Die Tonbildung auf Blasinstrumenten beruht auf dem Valsalva-Manöver, durch das der intraokulare Druck (IOD) ansteigt.

**Methoden.** Der IOD wurde mittels Rückpralltonometer bei 32 Hoch- und Niedrigwiderstandblasinstrumentenspielern im Sitzen ermittelt. Die Messungen erfolgten während normal und forciert gespielter Sequenzen sowie nach dem Beenden.

**Ergebnisse.** Der größte Anstieg des IOD ( $p<0,001$ ) wurde mit 9,2 mmHg für die Hochwiderstandbläser beim forcierten Spielen nachgewiesen. Außerdem wurde eine nega-

tive Korrelation zwischen der Höhe des Anstiegs und dem relativen Abfall zum Ausgangswert nach Beenden der Sequenzen ermittelt.

**Schlussfolgerung.** Tensionsschwankungen, die v. a. beim forcierten Spielen mit Hochwiderstandblasinstrumenten erreicht wurden, könnten einen Risikofaktor für eine glaukomtypische Nervenschädigung darstellen.

#### Schlüsselwörter

Augeninnendruck · Valsalva-Manöver · Blasinstrumente · Rückpralltonometer · Glaukom

### Intra-ocular pressure during and after playing high and low resistance wind instruments

#### Abstract

**Background.** A Valsalva maneuver was performed while playing wind instruments during which the intraocular pressure (IOP) increased.

**Methods.** IOP was assessed by a rebound tonometer while playing 32 high and low resistance wind instruments in a sitting position. The measurements were obtained during normal and laboured playing sequences as well as after cessation.

**Results.** The highest increase in IOP of 9.2 mmHg ( $p<0,001$ ) could be observed during laboured playing of high resistance wind

instruments. Additionally a negative correlation was detected between the level of the IOP increase and the relative decrease towards the initial value after performance.

**Conclusion.** IOP changes found in particular during laboured playing with high resistance wind instruments could be a risk factor for glaucomatous optic nerve damage.

#### Keywords

IOP · Valsalva manoeuvre · Wind instruments · Rebound tonometer · Glaucoma

**Tab. 1** Verlauf des IOD (mmHg) in der Hoch- und Niedrigwiderstandgruppe

Gruppen	Hochwiderstand			Niedrigwiderstand		
	MW±SD	Min	Max	MW±SD	Min	Max
Ausgangswert	17,3±2,9	12	21	17,2±3,2	13	24
Normal Blasen	20,0±4,1	12	28	18,9±3,9	14	27
Stopp 1	16,6±3,6	11	25	16,2±4,5	11	27
1 Min Pause 1	16,9±3,2	11	22	15,7±2,3	11	21
2 Min Pause 1	15,7±2,8	11	21	15,5±3,0	11	22
Forciert Blasen	26,5±7,7	15	42	22,0±5,0	15	29
Stopp 2	15,7±3,1	12	23	14,6±3,3	10	20
1 Min Pause 2	15,6±3,0	9	20	16,0±2,7	11	21
2 Min Pause 2	15,6±3,0	9	20	15,6±2,5	12	19

**Tab. 2** Anstieg des IOD (mmHg) beim normalen und forcierten Blasen

Gruppe	Normales Blasen		Forciertes Blasen	
	MW±SD	p-Wert	MW±SD	p-Wert
Gesamt	2,2±3,3	*0,001	7,3±7,3	*<0,001
H	2,7±3,2	*0,003	9,2±8,5	*<0,001
N	1,6±3,5	0,124	4,8±4,5	*0,002
Männer	1,7±3,3	*0,039	7,2±6,1	*<0,001
Frauen	3,3±3,1	*0,022	4,5±7,9	0,153

\* Statistisch signifikant. H Hochwiderstandblasinstrumente, N Niedrigwiderstandblasinstrumente.

kante Unterschiede auf. Während der Sequenz in normaler Lautstärke und Tonhöhe ( $p=0,001$ ) und während des Blasens von hohen und lauten Tönen ( $p<0,001$ ) konnte für alle Probanden zusammen ein statistisch signifikanter Anstieg über den Ausgangswert nachgewiesen werden. In den einzelnen Gruppen konnten ebenfalls statistisch signifikante Ergebnisse ermittelt werden: für die Hochwiderstandbläser beim normalen ( $p=0,003$ ) und forcierten Blasen ( $p<0,001$ ) und für die männlichen Probanden ebenfalls beim normalen ( $p=0,039$ ) und forcierten Spielen ( $p<0,001$ ). Für die Frauen konnte nur während der normalen ( $p=0,022$ ), für die Niedrigwiderstandgruppe nur während der forcierten Sequenz ( $p=0,002$ ) ein signifikantes Ergebnis ermittelt werden (■ **Tab. 2**).

Die Differenzen, die sich bei der Gegenüberstellung der Druckerhöhung von den Hoch- und Niedrigwiderstandbläsern ergeben, wurden weder beim normalen ( $p=0,394$ ) noch beim forcierten Blasen ( $p=0,071$ ) als signifikant nachgewiesen.

Ein signifikanter Unterschied ( $p<0,001$ ) des Augeninnendruckanstiegs ergab sich jedoch für alle Bläser gemeinsam zwischen normal und forciert gespielter Sequenz.

### Änderungen des IOD nach dem Spielen

Die Regressionsanalysen wurden durchgeführt, um den Zusammenhang zwischen den Werten sofort nach Beenden und dem Anstieg während der jeweiligen Spielsequenz darzulegen. Dafür wurde der Quotient „stopp1“ bzw. „2/vor“ gebildet und mit dem dazugehörigen Anstieg verglichen. Werte dieses Quotienten „stopp/vor“  $<1$  bedeuten, dass der IOD nach der Blassequenz unter den Ausgangswert abfiel, Werte  $>1$ , dass der Augeninnendruck „stopp“ über dem Ausgangsniveau lag.

Wie im Streudiagramm der ■ **Abb. 3** und **4** schon angedeutet, konnte sowohl für die normale ( $r=0,61$ ;  $p<0,001$ ) als auch für die forcierte Blassequenz ( $r=0,79$ ;  $p<0,001$ ) eine signifikante mittelstarke positive Korrelation zwischen dem Anstieg des intraokularen Drucks und dem Quotienten „stopp 1“ bzw. „2/vor“ ermittelt werden. Je niedriger also der Anstieg während des normalen Spielens war, desto mehr sank der Augeninnendruck nach der aktiven Phase in Relation zum Ausgangswert ab. Bei einem Anstieg von kleiner als 7,0 mmHg beim normalen Blasen und kleiner als 13,4 mmHg beim forcierten Spielen fiel der Augeninnendruck

nach den Sequenzen sogar unter das Ausgangsniveau. Beim forcierten Blasen wurde zwar eine geringere Steigung der Regressionsgerade ermittelt, die Streuung der einzelnen Daten war jedoch geringer und damit die negative Korrelation zwischen dem Augeninnendruckanstieg und dem relativen Abfall stärker als beim normalen Blasen.

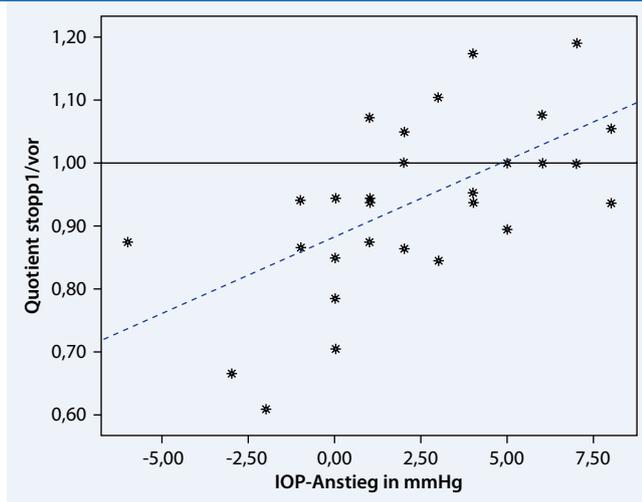
## Diskussion

### Änderungen des IOD während des Blasens

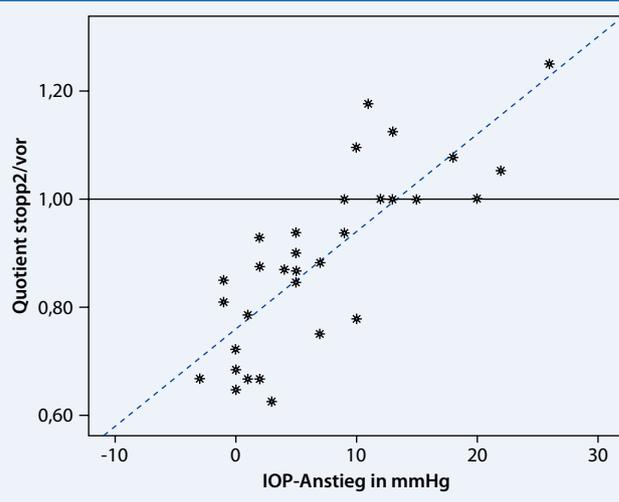
Es konnte für alle Laienbläser im Gesamten sowohl durch normales ( $p=0,001$ ) als auch forciertes ( $p<0,001$ ) Spielen der Blasinstrumente ein statistisch signifikanter Anstieg des Augeninnendrucks nachgewiesen werden. Dieses Resultat war zu erwarten, da es durch die Anwendung des Valsalva-Manövers zu einem venösen Rückstau bis in die Choroidea und die episkleralen Venen kommt, wobei letzteres laut Schuman et al. beim Blasinstrumentenspielen eine untergeordnete Rolle spielt [12]. Der schnelle Anstieg des intraokularen Drucks von bis zu 1,8 mmHg/s während des Blasens der Instrumente konnte nur durch den erhöhten Venendruck in der Choroidea erklärt werden, da der Druckanstieg über die episkleralen Venen sehr viel langsamer verlaufen würde [12].

Ein statistisch signifikanter Unterschied ( $p<0,001$ ) des IOD-Anstiegs konnte zwischen dem Spielen in normaler Lautstärke und Tonlage und dem forcierten Blasen für alle Bläser gemeinsam festgestellt werden, der Augeninnendruck lag bei letzterem um 5,0 mmHg höher als beim normalen Blasen. Dieses Ergebnis bestätigt, dass bei der Technik der Tonerzeugung bei lauten und hohen Tönen ein höherer Druck in den Atemwegen aufgebaut werden muss [1]. Diese Abhängigkeit des intraokularen Druckanstiegs von der Lautstärke und der Tonhöhe konnten auch Schuman et al. in ihrer Studie ermitteln [12].

Für die Hochwiderstandgruppe ergab sich während der beiden Spielsequenzen ein größerer Anstieg des Augeninnendrucks als für die Niedrigwiderstandgruppe, beim normalen Blasen im Mittel um 1,1 mmHg,



**Abb. 3** ▲ Streudiagramm zum Vergleich des Anstiegs und des Abfalls beim normalen Blasen



**Abb. 4** ▲ Streudiagramm zum Vergleich des Anstiegs und des Abfalls beim forcierten Blasen

beim forciert Blasen um 4,4 mmHg. Diese Differenzen konnten zwar aufgrund der großen Streuung der einzelnen Werte nicht als statistisch signifikant nachgewiesen werden, dennoch ist erkennbar, dass zur Tonerzeugung auf Hochwiderstandblasinstrumenten mehr Druck erforderlich ist als auf Blasinstrumenten mit geringerem Widerstand. So konnten bei den Hochwiderstandsmusikern während des forcierten Spielens Maximalwerte von bis zu 42 mmHg gemessen werden, während die Niedrigwiderstandbläser nur Werte bis zu 29 mmHg erreichten. Schuman et al. konnten außerdem nachweisen, dass während des Spielens von Hochwiderstandblasinstrumenten die Dicke der Uvea, gemessen mittels Ultraschallbiomikroskopie, zunimmt, abhängig von der gespielten Tonhöhe und Tonlage [12].

Der niedrigste Anstieg des intraokularen Drucks wurde mit durchschnittlich 1,6 mmHg über den Ausgangswert für die Niedrigwiderstandgruppe beim normalen Blasen gemessen und als statistisch nicht signifikant nachgewiesen, während für die Hochwiderstandgruppe beim normalen Spielen und für beide Gruppen in der forciert geblasenen Sequenz statistisch signifikante Ergebnisse ermittelt wurden. Der größte Anstieg wurde dabei mit durchschnittlich 9,2 mmHg bei den Hochwiderstandbläsern während des forcierten Spielens gefunden, wobei schon während der Messungen die Anstrengung in dieser Gruppe sichtbar wurde. Diese Resultate bestä-

tigen, dass zum Spielen von Hochwiderstandblasinstrumenten mehr Druck erzeugt werden muss und dabei das Valsalva-Manöver mehr zum Einsatz kommt als bei Niedrigwiderstandblasinstrumenten. Zusätzlich wird nochmal deutlich, dass zum Spielen von forcierten Tönen ein höherer Druck in den Atemwegen aufgebaut werden muss als beim Blasen in normaler Tonlage und Lautstärke [1, 12].

Des Weiteren konnte ein Unterschied zwischen weiblichen und männlichen Blasmusikern festgestellt werden. Der Anstieg des Augeninnendrucks der Frauen während der normal gespielten Sequenz konnte als statistisch signifikant nachgewiesen werden und lag im Mittel sogar um 1,6 mmHg höher als der signifikante Anstieg der Männer. Der Grund für diese größere Erhöhung bei den Frauen könnte dadurch bedingt sein, dass 7 der 8 weiblichen Probanden Hochwiderstandblasinstrumente spielten und nur 1 ein Instrument mit niedrigerem Widerstand benutzte, während bei den Männern die beiden Instrumentengruppen mit 45,8% Hoch- und 54,2% Niedrigwiderstandblasinstrumenten etwas zu Gunsten letzterer verteilt waren.

Im Gegensatz zu den Männern, bei denen der Anstieg beim forcierten Blasen signifikant war, hatten die weiblichen Probanden jedoch Probleme, hohe und laute Töne auf ihrem Instrument zu erzeugen. Sie waren bei den Messungen sichtlich angestrengt, doch kamen häufig keine Töne aus ihren Instrumenten; deshalb war auch

der Anstieg in dieser Spielserie nicht signifikant. Das könnte auf die Tatsache zurückgeführt werden, dass die Frauen ihre Instrumente signifikant kürzer spielten als ihre männlichen Vergleichsprobanden, dadurch auf einem niedrigeren Trainingsniveau standen und nicht die Kraft aufbringen konnten, um den nötigen Luftdruck in den Atemwegen für die Tonbildung zu erzeugen.

### Änderungen des IOD nach dem Blasen

Bei Bläsern, deren IOD während des Spielens nur relativ gering anstieg, fiel der IOD nach den Spielsequenzen unter das Ausgangsniveau ab. Für diese Beobachtung konnte mit Hilfe einer Regressionsanalyse ein Zusammenhang hergestellt werden. Sowohl beim normalen als auch beim forcierten Spielen wurde eine signifikante mittelstarke negative Korrelation zwischen der Höhe des Augeninnendruckeranstiegs und dem sofortigen relativen Abfall zum Ausgangswert nach Beenden der jeweiligen Sequenz nachgewiesen. Beim normalen Blasen sank der Augeninnendruck bei einem Anstieg von kleiner als 7,0 mmHg, beim forciert Spielen kleiner als 13,4 mmHg unter das Ausgangsniveau ab.

Eine mögliche Erklärung für diese Beobachtung könnte eine kardiovaskuläre Ursache sein. Der geringe Anstieg des intraokularen Drucks bei Probanden mit Nachschwankung könnte dadurch be-

dingt sein, dass durch den intrathorakalen Druck während des Blasens nicht nur der erhöhte zentrale Venendruck bis in die Choroidea fortgeleitet wird, sondern auch der arterielle Zufluss zum Auge beeinträchtigt ist. Diese verminderte arterielle Durchblutung des Auges könnte indirekt durch ein vermindertes Schlagvolumen des Herzens aufgrund des verminderten venösen Rückstroms verursacht sein. Nach Beenden der Spielphase würde durch den wiederhergestellten venösen Rückstrom der Augeninnendruck unter das Ausgangsniveau fallen und es würde eine Weile dauern, bis sich die Blutzirkulation im Auge normalisiert und sich die Aderhaut wieder gefüllt hat.

Bei Probanden mit relativ hohem Anstieg des Augeninnendrucks während des Blasens konnte diese negative Nachschwankung nicht festgestellt werden. Das könnte daran liegen, dass bei diesen Bläsern die arterielle Versorgung des Auges weder während noch nach der Spielsequenz beeinflusst wird und nur der fortgeleitete erhöhte zentrale Venendruck in der Spielphase zum Anstieg des intraokularen Drucks führt.

## Messmethode

Das Reboundtonometer stellte sich als ideales Messgerät zur IOD-Bestimmung während des Musizierens heraus. Wie aus **Abb. 1** zu erkennen ist, kann die Messung am sitzenden Musiker während seiner Tätigkeit unternommen werden. Somit können Aussagen über die kontinuierliche Druckentwicklung bei einem Musiker ohne Spielpause erhoben werden. Spielpausen führen nach unseren Messungen je nach Dauer unter Umständen sogar zu einer Drucksenkung, sodass die Messung während des Spielens die tatsächliche Situation am Besten widerspiegelt. Die Messung während des Spielens ist durch die Tragbarkeit des Geräts und die fehlende Notwendigkeit zur Hornhautanästhesie bei der Reboundtonometrie möglich. Die Tatsache, dass keine Hornhautanästhesie zur Messung erforderlich ist, macht die Benutzung des Geräts auch außerhalb der augenärztlichen Praxis sicherer. Das Gerät ist nach kurzer Einlernphase leicht und gut reproduzierbar zu bedienen [13]. Bei Wiederholungs-

messungen mit dem Icare-Gerät wurde bei anderen Autoren ein geringer Tonographieeffekt von 0,6 mmHg nach 3 Messungen festgestellt [14]. Dieser beeinflusst aber nicht die Aussage unserer Studie, dass durch forciertes Blasen lauter und hoher Tonpassagen eine Augeninnendruck-erhöhung bei Hochwiderstandblasinstrumentenspielern auftritt. Das Ausmaß der Drucksteigerung würde durch den Tonographieeffekt eher unterschätzt. Möglicherweise wird durch den Tonographieeffekt die nach dem Musizieren festgestellte Drucksenkung etwas überschätzt.

## Fazit für die Praxis

**Die intraokularen Tensionsschwankungen, die v. a. bei sehr lauten und hohen Passagen mit Hochwiderstandblasinstrumenten bis zu 42 mmHg erreicht wurden, werden in der Pathogenese des Normaldruckglaukoms als Risikofaktor erwogen und gelten beim primären chronischen Offenwinkelglaukom als Progressionsfaktor [3, 6, 7]. Insbesondere bei Hochwiderstandblasmusikern sollten prophylaktisch regelmäßige Kontrolle von Papille und Gesichtsfeld durch den Ophthalmologen erfolgen.**

## Korrespondenzadresse

**Prof. Dr. I.M. Lanzl**  
Augenklinik der TU München  
Ismaninger Straße 22, 81675 München  
ines.lanzl@lrz.tum.de

**Danksagung.** An die Musiker der Blaskapellen Rosenheim und Günzburg.

**Interessenkonflikt.** Die korrespondierende Autorin gibt an, dass kein Interessenkonflikt besteht.

## Literatur

- Burba M (1994) Brass master-class: Methode für Blechbläser. Schott Musik International
- Dekking HM, Coster HD (1967) Dynamic tonometry. *Ophthalmologica* 154:59–74
- Gerste R (2005) Glaukom – ein Ratgeber. Ad manum medici
- Kontiola AI (2000) A new induction-based impact method for measuring intraocular pressure. *Acta Ophthalmol Scand* 78:142–145
- Kontiola AI (2003) Developing impact tonometers for clinical use and glaucoma research. Med. Dissertation, vorgestellt am 15.08.2003, Universität Helsinki

- Krist D, Cursiefen C, Jünemann A (2001) Transitory intrathoracic and -abdominal pressure elevation in the history of 64 patients with normal pressure glaucoma. *Klin Monatsbl Augenheilkd* 218:209–213
- Lang GK, Gareis O, Lang GE et al (2004) *Augenheilkunde: Verstehen - Lernen - Anwenden*. 3. Aufl. Thieme, S 251–297
- Munkwitz S, Elkarmouty A, Hoffmann EM et al (2008) Comparison of the iCare rebound tonometer and the Goldmann applanation tonometer over a wide IOD range. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol* 246:875–879
- Oggel K, Sommer G, Neuhann T, Hinz J (1982) Variations of intraocular pressure during valsalva maneuver in relation to body position and length of the bulbus in myopia. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol* 218:51–54
- Rosen DA, Johnston VC (1959) Ocular pressure patterns in the Valsalva maneuver. *Arch Ophthalmol* 62:810–816
- Scheid P (2003) Atmung. In: Klinker R, Silbernagl S (Hrsg) *Lehrbuch der Physiologie*. 4. Aufl. Thieme, S 231
- Schuman JS, Massicotte EC, Connolly S et al (2000) Increased intraocular pressure and visual field defects in high resistance wind instrument players. *Ophthalmology* 107:127–133
- ElMallah MK, Asrani SG (2008) New ways to measure intraocular pressure. *Curr Opin Ophthalmol* 19:122–126
- Schreiber W, Vorwerk CK, Langenbucher A et al (2007) Evaluierung der Reboundtonometrie (Icare) im Vergleich zum TonopenXL und dem Goldmann-Appplanationstonometer. *Ophthalmologie* 104:299–304