

Sonderdruck aus „Klinische Monatsblätter für Augenheilkunde“

Redigiert von R. Thiel und A. Franceschetti

137. Band, 1. Heft, Seite 1—8. 1960

Ferdinand Enke / Verlag / Stuttgart

Aus der Univ.-Augenklinik Lüttich (Belgien)

(Direktor: Prof. Dr. R. Weekers)

Bestimmung der Kammerwasserproduktion im Verlauf von Uveitiden mit Hilfe der Tonographie und der „suction cup“

(Vergleichsstudie)

Von **R. Weekers, G. Lavergne**, Oberarzt der Klinik,
A. Feron und **P. Vermer**, Assistenzärzte der Klinik

Mit 3 Abbildungen und 5 Tabellen

Alle Uveitiden, sowohl die akuten als auch die chronischen, können durch Veränderungen der Hydrodynamik des Kammerwassers kompliziert sein, die sich entweder in einer Erhöhung oder in einer Senkung des Augen-drucks geltend macht. Diese Tensionsänderungen bestehen manchmal nach Heilung der Entzündungserscheinungen fort.

a) **Drucksteigerung** ist die Folge einer Vergrößerung des dem Kammerwasserabfluß entgegengesetzten Widerstandes (Tab. 1).

Tabelle 1. Verhältnis zwischen dem Augendruck und dem Kammerwasserabflußwiderstand im Verlauf der hypertensiven Uveitis. (Nach Weekers, Delmarcelle und Prijot, 1953)

Zahl der Fälle	Augendruck (mm Hg)			Abflußwiderstand		
	Min.	Med.	Max.	Min.	Med.	Max.
18	7	13,5	19	3	5,3	9
15	20	32,0	40	6	14,6	26
13	42	53,4	76	14	28,0	64

Die Läsionen, welche die Ursache der Drucksteigerung im Verlauf der Uveitiden sind, können gonioskopisch gesehen werden, wenn sie oberflächlich liegen, entziehen sich aber der biomikroskopischen Beobachtung, wenn sie tief gelegen sind. Anatomisch-pathologische Untersuchungen zeigen tatsächlich, daß die Entzündung der Uvea die Ursache von Zellinfiltration im Schlemmschen Kanal und den intraskleralen Plexus sein kann, welche die Abflußwege verlegen, ohne den Grad der Öffnung des Kammerwinkels zu vermindern oder seine Oberfläche zu verändern (Weekers und Lavergne).

Im Gegensatz zu einer sehr verbreiteten Ansicht, steigert die Hyperämie der vorderen Uvea das Kammerwasserminutenvolumen nicht, und das Bestehen eines entzündlichen Glaukoms durch Hypersekretion, auf das im

Schrifttum so häufig bezug genommen wird, ist niemals durch Bestimmung des Kammerwasserminutenvolumens nachgewiesen worden.

b) Im Gegensatz dazu ist die Hypotension nicht durch eine Reduktion des Widerstandes zum Kammerwasserabfluß hervorgerufen (Tab. 2), sondern eine Folge der Verminderung des Minutenvolumens (Tab. 3).

Tabelle 2. Abflußwiderstand bei Uveitis mit Hypotension. (Nach Weekers, Delmarcelle und Prijot)

Zahl der Fälle	Augendruck (mm Hg)			Abflußwiderstand		
	Min.	Med.	Max.	Min.	Med.	Max.
7	7	9,5	12	3	5,8	9
13	13	16,6	22	4	5,7	11

Tabelle 3. Fluorometrische Bestimmung des Kammerwasserminutenvolumens im Verlauf der Uveitis mit Hypotension. (Nach Weekers, Delmarcelle und Prijot)

Zahl der Fälle	Augendruck (mm Hg)			Abflußwiderstand			Min. Vol. Koeffizient		
	Min.	Med.	Max.	Min.	Med.	Max.	Min.	Med.	Max.
6	7	9,3	12	6	7,1	9	0,16	0,26	0,56
7	15	17,0	20	4	5,7	7	0,30	0,46	0,67

Die Minutenvolumenkoeffizienten schwanken normalerweise zwischen 0,3 und 0,7 (mittl. Wert 0,5). Der Minutenkoeffizient ist normal (0,46), wenn die Tension normal ist; er ist stark reduziert (0,28), wenn die Uveitis von Hypotension begleitet ist.

Das Kammerwasserminutenvolumen kann außer der Fluorometrie durch 2 andere Methoden bestimmt werden, nämlich a) Tonographie, b) „suction cup“ oder Saugglockenmethode (Rosengren, Ericson).

Der Zweck dieser Arbeit ist, die Ergebnisse, welche im Verlauf von Uveitiden mit diesen beiden Methoden erhalten wurden, zu vergleichen.

Untersuchungsmethode

1. Bestimmung der Produktion mit Hilfe der Tonographie

Die Formel:

$$P_o = (D \times R) + P_v$$

in welcher P_o den Augendruck, D das Kammerwasserminutenvolumen, R der durch die Abflußwege dem Kammerwasserabfluß geleistete Widerstand und P_v den Blutdruck in den intralamellaren Venen am Ort des Überganges der Kammerwasserven in die Blutgefäße darstellt, zeigt, daß es möglich ist, das Minutenvolumen zu berechnen, wenn man P_o , P_v und R kennt.

$$D = \frac{P_o - P_v}{R}$$

In den Beobachtungen, die den Gegenstand dieser Arbeit bilden, wurde P_o mit Hilfe des Indentationstonometers von Schiötz in Übereinstimmung mit amerikanischen Normen gemessen.

P_v wurde nicht experimentell bestimmt, denn dieser Faktor variiert nur innerhalb sehr enger Grenzen bei dem normalen Individuum und unterliegt im Verlauf der Uveitiden keinen Veränderungen. Wir haben in jedem Fall denselben Wert, 9 mm Hg, angenommen.

R wurde durch Tonographie mit Hilfe eines elektronischen Tonometers (Mueller, Chicago), der mit einer Registriervorrichtung versehen ist, in Übereinstimmung mit amerikanischen Normen gemessen. Die Dauer der Kompression betrug 4 Minuten; die Berechnung des Widerstandes gründet sich auf der Gesamtdauer der Kompression.

Die Untersuchung von 339 normalen Versuchspersonen gibt folgende mittlere Werte: $P_o = 16,91$ mm Hg ($e = 0,16$), $R = 3,97$ ($e = 0,06$) und $D = 1,99$ cmm min (Prijet, persönliche Mitteilung von noch nicht veröffentlichten Ergebnissen).

2. Bestimmung der Produktion mit der „suction-cup“-Methode

Die „suction cup“ (Saugglocke) ist ein Schröpfkopf, dessen Form und Ausmaße sorgfältig ausgedacht worden sind, um den Abfluß des Kammerwassers in den Kammerwasservenen möglichst vollständig zu hemmen (Rosengren, Ericson) (Abb. 1).

Die Untersuchung geschieht folgendermaßen:

- a) Messung des Augendrucks mit Hilfe des Tonometers von Schiötz,
- b) Auflegen der Saugglocke aufs Auge,
- c) Schaffung einer Luftleere von 50 mm Hg im Inneren der Saugglocke; diese Leere wird durch 15 Minuten beibehalten,
- d) Neuerliche Messung des Augendrucks unmittelbar nach Entfernung der Saugglocke.

Beim normalen Individuum ergibt die zweite Messung des Augendrucks höhere Werte als die erste. Diese Druckerhöhung ergibt sich aus der Ansammlung einer gewissen Menge von Kammerwasser im Augennern, deren Abfluß durch die „suction cup“ gehemmt worden ist. Die Vergrößerung des intraokularen Volumens während der Probe ist eine Funktion des Kammerwasserminutenvolumens. Man bestimmt diese Vergrößerung durch Berechnung der Differenz zwischen den Indentationsgrößen, die man am Tonometer vor und nach der Probe abgelesen hat (Tabelle der Veränderungen des Augenvolumens, Friedenwald).

Die „suction-cup“-Methode gestattet nicht, wie das fluorometrische Verfahren von Goldman eine Messung des absoluten Wertes des Minutenvolumens, ausgedrückt in cmm pro Minute. Sie erlaubt nur die Bestimmung eines zu dem Minutenvolumen proportionalen Koeffizienten:

a) Tatsächlich bringt die Anwendung der „suction cup“ den Abfluß des Kammerwassers aus dem Bulbus wahrscheinlich nicht vollständig zum Stillstand, sondern hemmt ihn mehr oder weniger vollständig,

b) die Manipulationen, wie jedes auf den vorderen Augenabschnitt einwirkende Trauma, verlangsamen, wenn auch noch so wenig die Ausscheidungstätigkeit des Ziliarkörpers während der Dauer der Probe,

c) der Druckanstieg während der Probe verdrängt wahrscheinlich eine gewisse Blutmenge aus dem uvealen Gefäßnetz. Diese Tatsachen tragen zu einer Unterschätzung der Kammerwasserminutenvolumen bei.

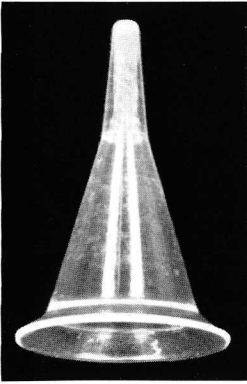


Abb. 1. „Suction cup“ von Rosengren-Ericson

Trotz dieses Nachteils ermöglicht die „suction cup“, verschiedene interessante Tatsachen festzustellen oder bestätigt zu finden:

a) die Reduktion des Minutenvolumens in Abhängigkeit vom Alter (Linner; Aurricchio und Diotallevi; Weekers, Lavergne, Feron und Vermer),

b) die Rolle der Schwankungen in der ziliaren Sekretion für die Genese der Tag-Nacht-Schwankungen des Ophthalmotonus (Ericson),

c) den Einfluß der Hyposekretion des Kammerwassers auf den Mechanismus der Drucksenkung nach Acetazolamidaufnahme (Ericson; Linner),

d) die Rolle der Kammerwasserhypersekretion in der Genese der Drucksteigerung nach örtlicher Anwendung von Kortikosteroiden (Linner).

In dieser Arbeit wurden die Steigerungen des intraokularen Volumens unter dem Einfluß der „suction cup“ pro Minute berechnet, indem der Sklerarigidität 1. der Wert zugeteilt wurde, der ihr in den Tabellen von Friedenwald zugeschrieben wird i. e. 0,0215; 2. ein niedrigerer Wert (0,0125), welchen wir ihr zuzuschreiben geneigt sind, indem wir uns auf die neuesten Untersuchung von Prijot und Weekers stützen (Tab. 4). Unsere Resultate befinden sich in vollkommenerer Übereinstimmung mit denen von Ericson, Linner, Aurricchio und Diotallevi.

Tabelle 4. Bestimmung des Minutenvolumenskoeffizienten beim normalen Individuum mit Hilfe der „suction cup“

Alter (Jahre)	Zahl der Fälle	Minutenvolumen mit der Saugglocke bestimmt (mmc/min)	Minutenvolumen mit der Saugglocke bestimmt (mmc/min)
		K = 0,0215	K = 0,0125
Weniger als 38	31	0,78	1,34
Mehr als 38	30	0,56	0,96

Versuchsergebnisse bei Uveitis

Unsere Untersuchungen bei Uveitis stützen sich auf 55 Messungen. 12 Bestimmungen davon wurden bei Patienten mit klinisch seit mehr als 1 Jahr ausgeheilter Uveitis durchgeführt. 41 Bestimmungen erfolgten bei Patienten mit frischer Uveitis. 23mal hatte die Uveitis einen akuten Charakter, der in einem positiven Tyndalleffekt im Kammerwasser seinen Ausdruck fand. 18mal handelte es sich um einen chronischen Verlauf, verbunden mit nur diskreten entzündlichen Erscheinungen; das Kammerwasser war optisch leer.

In jeder dieser 3 Kategorien wurden die Fälle in Abhängigkeit vom Ophthalmotonus in 2 Gruppen unterteilt (über 17 mm Hg und unter 17 mm Hg).

Die Bestimmungen sind in Tab. 5 wiedergegeben. Sie gestattet die Ergebnisse, die mit Hilfe a) der Tonographie, b) der „suction cup“¹⁾ beim normalen Individuum gewonnen wurden, zu vergleichen.

Tabelle 5. Vergleich der Ergebnisse der Minutenvolumenbestimmungen mit Hilfe der Tonographie und der „suction cup“ beim normalen Individuum und im Verlauf einer Uveitis

	Zahl der Fälle	Mittlerer Augen- druck (mm Hg)	Wider- stand	Berechnete Minuten- volumen (mmc/min)	Vergr. des intraokul. Vol. „suct. cup“ (mmc/min) K = 0,0215	Vergr. des intraokul. Vol. „suct. cup“ (mmc/min) K = 0,0125
Normale	339 30	16,91 —	3,97 —	+ 1,99 —	— + 0,56	— + 0,96
Aktive Uveitis Tyndall + Tens. > 17 mm Hg	11	26,26	14,93	+ 1,16	— 0,20	— 0,34
Aktive Uveitis Tyndall + Tens. < 17 mm Hg	12	12,34	4,82	+ 0,69	— 1,60	— 2,75
Aktive Uveitis Tyndall — Tens. > 17 mm Hg	9	21,32	6,81	+ 1,80	+ 0,24	+ 0,41
Aktive Uveitis Tyndall — Tens. < 17 mm Hg	9	13,72	6,49	+ 0,73	+ 0,23	+ 0,40
Seit + 1 Jahr geheilte Uveitis Tens. > 17 mm Hg	6	19,93	5,56	+ 1,96	+ 0,36	+ 0,62
Seit + 1 Jahr geheilte Uveitis Tens. < 17 mm Hg	6	12,90	5,99	+ 0,65	+ 0,46	+ 0,79

Die tonographischen Bestimmungen bestätigen vollauf die früheren Beobachtungen von Weekers, Delmarcelle und Prijot, an die wir im Anfang dieser Arbeit erinnert haben (Tab. 1, 2 und 3). Sie

¹⁾ Da die Mehrzahl der mit Uveitis behafteten Personen über 38 Jahre alt ist, sind die zum Vergleich herangezogenen Resultate der Bestimmung mit der „suction cup“ beim normalen Individuum auf Tab. 5 die bei älteren Personen beobachteten Werte (vgl. Tab. 4).

zeigen, a) daß das Minutenvolumen bei der Uveitis mit normaler oder erhöhter Tension normal oder wenig reduziert ist, b) daß bei einer mit Reduktion des Ophthalmotonus komplizierten Uveitis das Minutenvolumen abnormal niedrig ist. Die Reduktion des Minutenvolumens kann sogar viele Monate nach anscheinend kompletter Heilung fortbestehen.

Die mit Hilfe der „suction cup“ erhaltenen Bestimmungen befinden sich in Übereinstimmung mit denen von Aurrichio und Diotallevi. Diese Autoren haben daraus eine Stockung in dem Kammerwasserminutenvolumen bei einer ablaufenden Uveitis gefolgert.

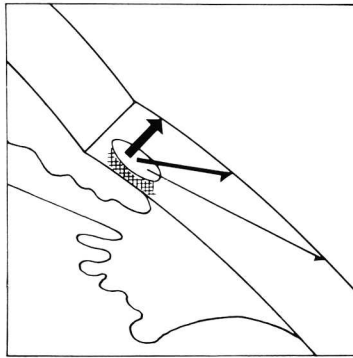


Abb. 2

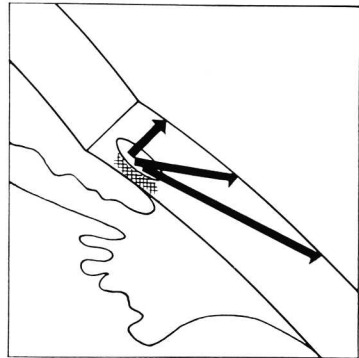


Abb. 3

Abb. 2. Intrasklerale Abflußwege beim normalen Individuum

Abb. 3. Intrasklerale Abflußwege bei der sich abwickelnden Uveitis

K o m m e n t a r

Diese Beobachtungen scheinen uns folgende Interpretation zuzulassen. Beim normalen Individuum wählt das Kammerwasser von dem intraskleralen Netzwerk am Ausgang des Schlemmschen Kanals jene Gefäße aus, welche das günstigste Gefälle für den Abfluß bieten, das heißt Gefäße, welche auf der Skleraoberfläche in unmittelbarer Nähe des Limbus nach dem womöglich kürzesten Verlauf durch die Sklera auftauchen. Die Mehrzahl der Kammerwasservenen entsteht tatsächlich in einer kurzen Entfernung von der Hornhaut. Unter diesen physiologischen Bedingungen hemmt die Anlegung der „suction cup“ den Abfluß auf wirksame Weise und bedingt durch Steigerung der Menge der intraokularen Flüssigkeit einen Druckerhöhung (Abb. 2).

Unsere Messungen weisen dagegen darauf hin, daß bei der Uveitis diese Vorzugsroute durch die Sklera nicht mehr verfügbar ist, und daß das Kammerwasser bei dieser Erkrankung nur einen Abflußweg, ohne auf Widerstand zu stoßen, wählen kann, der auf der Skleraoberfläche hinter dem äußeren Rand der Saugglocke gelegen ist (Abb. 3). Diese Beobachtung ist bei der akuten Uveitis besonders augenscheinlich. In diesen Fällen ruft

nämlich die Kompression durch die Saugglocke nicht nur keine Stockung im Kammerwasserabfluß hervor, sondern kann auch durch den ausgeübten Druck das intraokulare Volumen wie bei der Tonographie herabsetzen. Dieses Phänomen ist weniger ausgesprochen bei der chronischen Uveitis. Es besteht aber, wenn auch nur auf eine weniger ausgesprochene Weise, nach der klinischen Heilung der Uveitis ebenso wie die Hypertension fort.

Die Ergebnisse der Tonographie werden durch diese Kreislaufänderungen nicht beeinflusst. Dies hat folgende Gründe. Die intraskleralen Abflußwege umfassen 2 Teile. Der eine, stromaufwärts vom Schlemmschen Kanal, wird vom Trabekulum gebildet und ist der Ort des bedeutendsten Widerstandes. Der andere, distal vom Schlemmschen Kanal, wird vom intraskleralen Netzwerk gebildet und bietet nur einen schwachen Widerstand. Das Abflußgefälle des Kammerwassers durch die Sklera ist daher auf der Route Vorderkammer — Schlemmscher Kanal steil und erfolgt allmählich auf der Route vom Schlemmschen Kanal zur Skleraoberfläche. Der Druck im Schlemmschen Kanal liegt tatsächlich näher dem Druck in der intralamellaren Vene als dem Augenbinnendruck. Daraus ergibt sich, daß Änderungen in den Abflußbedingungen zwischen dem Schlemmschen Kanal und der Skleraoberfläche die mit Hilfe der Tonographie erhaltenen Zahlen nicht merklich beeinflusst, während sie die mit der „suction cup“ erhaltenen Resultate vollständig verändern kann.

Zusammenfassung: Die Bestimmung des Kammerwasserminutenvolumens im Verlauf von Uveitiden mit Hilfe der Tonographie bestätigt frühere Untersuchungen. Das Minutenvolumen ist in der Regel normal oder mäßig verringert bei Uveitis mit normaler oder gesteigerter Tension; es ist stark herabgesetzt, wenn die Uveitis mit Druckerniedrigung kompliziert ist.

Die „suction-cup“-Methode, welche unter anderen klinischen Bedingungen imstande ist, präzise Informationen über etwaige Änderungen in der Kammerwasserbildung zu liefern, ist infolge eines beträchtlichen Defektes bei allen Formen der sich abwickelnden Uveitis mit einer Fehlerquelle behaftet. Diese Fehlerquelle ist das Ergebnis einer Anomalie in den Abflußverhältnissen des Kammerwassers zwischen dem Schlemmschen Kanal und der Skleraoberfläche.

Determination of aqueous humour production during uveitis by means of tonography and the „suction cup“.

Summary: The determination of the minute volume of aqueous humour during uveitis by means of tonography confirms former investigations. In uveitis with normal or increased tension this minute volume is usually normal or moderately reduced; if uveitis is complicated by reduction of tension, the minute volume is greatly reduced.

The „suction-cup“ method, though able to yield precise information on changes in the production of aqueous humour under different clinical conditions, may cause errors in all forms of developing uveitis due to a considerable defect. The source of error is the result of an anomaly in the flowing conditions of the aqueous humour between the Schlemm canal and the surface of the sclera.

Determinación de la producción de humor acuoso en las uveítis mediante la tonografía y „suction cup“.

Resumen: La determinación del minuto volumen del humor acuoso en las uveítis mediante la tonografía confirma investigaciones anteriores. El volumen minuto, por regla general, presenta valores normales o ligeramente reducidos en la uveítis con tensión normal o incrementada y está intensamente reducido cuando la uveítis se halla complicada con descenso de la tensión.

El método „suction cup“, que en otras condiciones clínicas nos puede dar datos precisos sobre posibles modificaciones de la producción de humor acuoso, tiene una fuente de error debido al notable defecto que se presenta en todas estas formas de uveítis. Esta fuente de error resulta de una anomalía en el desagüe del humor acuoso entre el canal de Schlemm y la superficie escleral.

Schrifttum

Aurricchio, G., und Diotallevi, M.: *Annali di Ottalmologia* 1959, Bd. 85, S. 743. — Ericson, L.: *Acta ophthalm.* 1958, Bd. 50. — Goldmann, H.: *Ophthalmologica* 1950, Bd. 120, S. 150. — Ders.: *Docum. ophthalm.* 1951, Bd. 5 und 6, S. 278. — Friedenwald, J.: *Transact. Amer. Acad. Ophthalm. and Otolaryng* 1957, Bd. 61, S. 108. — Linner, E.: *Arch. Ophthalm.* 1959, Bd. 61, S. 520. — Ders.: *Docum. ophthalm.* 1959, Bd. 13, S. 210. — Prijot, E., und Weekers, R.: *Ophthalmologica (Schweiz)* 1959, Bd. 138, S. 1. — Dies.: *Bull. Soc. belge ophthalm.* 1959, Bd. 121, S. 292. — Dies.: *Arch. ophthalm.* 1959, Bd. 19, S. 825. — Rosengren, B.: *Nord med.* 1956, Bd. 56, S. 1790. — Ders.: *Transact. ophthalm. Soc. Unit. Kingdom (GB)* 1956, Bd. 76, S. 65. — Ders.: *Ber. Dtsch. Ophthalm. Ges.* 1957, Bd. 60, S. 76. — Weekers, R., und Lavergne, G.: *Ophthalmologica (Schweiz)* (in Druck). — Weekers, R., Lavergne, G., Feron, A., und Vermer, P.: *Ophthalmologica (Schweiz)* (in Druck). — Weekers, R., Delmarcelle, Y., und Prijot, E.: *Bull. Soc. belge optalm.* 1953, Bd. 104, S. 235.

Anschr. d. Verf.: 66, Bd. de la Constitution Liège (Belgien), *Clinique ophthalmologique*