

RIVADAVIA MENDES CORRÊA MEYER

TONOGRÁFIA CLÍNICA
(CONTRIBUIÇÃO A SEU ESTUDO)

TESE APRESENTADA AO CONCUR-
SO DE DOCÊNCIA LIVRE, DA CADEI-
RA DE CLÍNICA OFTALMOLÓGICA
DA FACULDADE DE MEDICINA DE
PÔRTO ALEGRE DA UNIVERSIDADE
DO RIO GRANDE DO SUL



1960

À minha espôsa



INTRODUÇÃO

O estudo clínico do glaucoma abrange uma série complexa de sintomas, dos quais o principal e o mais característico é o da hipertensão ocular.

A tendência dos estudos atuais, sobre a patogenia do glaucoma, é a de se considerar que o quadro sintomatológico dependa principalmente do desequilíbrio tensional e que este desequilíbrio esteja ligado a perturbações no mecanismo fisiológico de excreção do humor aquoso.

Estaria esta proposição incluída no que se denomina "escola mecanicista do glaucoma", à qual se contraporía a escola neuro-vascular. Esta coloca o quadro patogênico do glaucoma dentro de um complexo conjunto de perturbações, das quais a mais característica seria uma disfunção vascular.

A tonografia é um novo elemento propedêutico que nos permite melhor avaliar o elemento hipertensão, dentro da sintomatologia clínica do glaucoma.

É um método que, pelas dificuldades de ordem técnica e fontes de erros, ainda não contornados, está sujeito a críticas e imprecisões.

B. Becker crê que a tonografia deva ser reservada à estudos experimentais, em laboratório, e não utilizada como processo de diagnóstico clínico corrente.

Concordamos, ao iniciar este trabalho, que a tonografia clínica de Grant não é um método livre de erros e imprecisões, mas acreditamos, que as sugestões, de ordem prática, advindas de seu emprêgo, justificam, em parte, o uso clínico dêste método propedêutico.

Esta modesta contribuição ao estudo da tonografia como método clínico põe em relevo o aspecto dos tonogramas, elemento de prognóstico nas operações fistulizantes (operação de Lagrange).

Abordaremos, inicialmente, o problema da produção e fluxo do aquoso em suas bases anatômicas, estudando, de maneira geral, as estruturas que compõem a via de drenagem.

Analizaremos, após, seu aspecto fisiológico, como base de aplicação aos métodos tonográficos, que descreveremos a seguir.

Como se trata do primeiro trabalho sôbre o assunto, realizado em nosso meio, analizaremos de início os tonogramas obtidos em olhos normais, após as tonografias realizadas em olhos glaucomatosos e, por fim, os obtidos em pacientes que se submeteram a intervenção fistulizante de Lagrange.

Este trabalho resume uma experiência pessoal de 2 anos e foi realizado no Serviço da Cadeira de Oftalmologia da Faculdade de Medicina de Pôrto Alegre, em sua seção de glaucoma, a qual é dirigida pelo docente livre Dr. Luiz A. Osorio.

Agradecemos a valiosa colaboração do Dr. Flávio Ferreira, Assistente do Serviço de Oftalmologia, por seu auxílio na obtenção dos tonogramas.

A tonografia, como método de pesquisa clínica, foi exposto pela primeira vez por Grant, em 1950, (*Tonography method for measuring the facility and rate of aqueous flow in human eyes*).

A finalidade principal da tonografia seria a de determinar o coeficiente de facilidade de escoamento, que é a representação da quantidade de humor aquoso excretado por minuto e sob uma pressão medida em milímetros de mercúrio. Este coeficiente seria, por definição, o inverso da resistência ao escoamento. Para determinar este coeficiente, Grant utilizou como instrumento, para medir a pressão ocular, um tonômetro eletrônico que possuía um registrador automático.

Ascher, em 1941, ao descobrir as veias aquosas, provou a existência de uma corrente contínua de humor aquoso; Goldmann, em 1949, adaptou uma lei de hidro-dinâmica ao caso especial do escoamento do humor aquoso e determinou o débito do humor aquoso por processos fluorimétricos; os resultados encontrados com o método tonográfico não diferiram em muito dos encontrados por Goldmann.

Como veremos, no decorrer deste trabalho, só foi possível chegar aos resultados que Grant obteve com a tonografia graças às tabelas de Friedenwald. Estas tabelas foram revisadas, em 1955, e vigoram até hoje.

Em 1959, Hilton Rocha apresentou, às Jornadas Brasileiras de Oftalmologia, um trabalho sôbre tonografia com tabelas de coeficientes tonográficos, as quais nos poupam cálculos exaustivos.

Esta pequena contribuição ao estudo da tonografia clínica servirá, acredito, apenas de início a contribuições mais importantes sôbre o assunto, em nosso meio.

DIVISÃO DE TRABALHO

- A. Dados anatômicos sôbre o corpo ciliar; local da formação do humor aquoso.
- B. Dados sôbre fisiologia da produção do humor aquoso.
- C. Anatomia das vias de excreção

}	Trabecula.
}	Canal de Schlemm.
}	Veias aquosas.
- D. Fisiologia do escoamento do humor aquoso.
- E. Método tonográfico. Determinação dos coeficientes tonográficos.
- F. Aplicação clínica da tonografia.
- H. Análise do material de estudo:
- G. Críticas ao método e perspectivas:
 - 1.º Estatística de dados tonográficos em pessoas com olhos normais.
 - 2.º Estatística de dados tonográficos em glaucomatósos.
 - 3.º Estatística de dados tonográficos em glaucomatósos no uso de medicação anti-hipertensiva (pilocarpina)
 - 4.º Estatística de dados tonográficos post-operatórios. (Op. Lagrange)
- I. Conclusões.
- J. Bibliografia.



FORMAÇÃO DO HUMOR AQUOSO

O moderno conceito de circulação do humor aquoso reavivou antiga teoria formulada por Leber, há 65 anos atrás.

A descoberta das veias aquosas por Ascher colocou o problema do escoamento do aquoso dentro de bases anatômicas e fisiológicas novas, as quais Leber no século passado já havia entremostrado.

Dentro de um esquema geral, pode-se dizer que o humor aquoso é eliminado na razão de 1,5 - 3 mm cúbicos por minuto e substituído, na mesma proporção, por nova quantidade de líquido, oriundo do corpo ciliar.

No perfeito equilíbrio entre produção e escoamento de humor aquoso repousa a estabilidade tensional do olho, que, como veremos mais adiante, está sujeita mais ao funcionamento correto das vias de escoamento do que propriamente a alterações da produção do humor aquoso, isto é, que os desequilíbrios tensionais, e, principalmente, os processos hipertensivos oculares, estão na dependência de processos obstrutivos das vias de drenagem e só em limitado número de casos seriam devidos à hiperprodução do humor aquoso.

A formação do humor aquoso se processa ao nível da corpo ciliar, mais precisamente, na corôa ciliar, a qual possui mais de 70 processos ciliares. Estes processos têm duas características anatomo-fisiológicas fundamentais:

A primeira é a sua rica vascularização terminal, com extensos lagos capilares, acrescida pela circunstância especial de que as arteriolas ao penetrarem o processo ciliar dão nascimento a capilares, sem terem passado antes por uma fase de transição, pré-capilar.

Esta disposição particular das arteriolas nesta região permite que a pressão capilar seja, excepcionalmente, alta, alcançando, segundo Davson, a 50 mm de Hg.

A segunda característica anatômica fisiológica, que tem significação particular, é a de seu epitélio. Este divide-se em duas camadas: uma, a camada pigmentar, que é o prolongamento do epitélio pigmentar da retina e, a segunda, camada epitelial, que reveste os processos epiteliais, não apresenta pigmento.

A este epitélio se chegou a atribuir atividade secretória, função esta a que estaria ligada a organização dos elementos químicos que compõem o humor aquoso, e a concentração de certas substâncias que se apresenta mais elevada no humor

aquoso do que no plasma sanguíneo.

A composição química do humor aquoso, bem como a disposição quantitativa de seus constituintes, tem uma influência ainda indireta na função tensional.

A tabela que se segue foi apresentada por Duke Elder, 1951 (Recent Advances in Ophthalmology).

Composição química comparada do humor aquoso e do serum do cavalo.

(As quantidades são indicadas em grama por 100 g de água).

	Humor aquoso	Sangue	Animal
Água	99.6921	93.3238	Cavalo
Eletrolitos não difusíveis (substâncias coloides) :			
Proteínas	0.0201	7.3692	"
Albuminas	0.0123	4.4135	"
Globulinas	0.078	2.9557	"
Anti corpos	traços	traços	"
Graxas	0.004	0.13	"
Colesterol	traços		
Substâncias difusíveis (não ionisáveis) :			
Açúcar	0.082	0.108	Gato
Urea	0.058	0.071	Cavalo
Creatinina	0.002		"
Outros ácidos aminados	0.029		
Eletrolitos difusíveis :			
Sódio	0.365	0.378	Gato
Potássio	0.023	0.025	"
Cálcio	0.007	0.008	Cavalo
Magnésio	0.0017	0.0018	"
Cloro	0.458	0.436	Gato
Fosfato inorgânico	0.004	0.005	Coelho
Sulfato inorgânico	0.0061		Cavalo
Substância em excesso :			
Ácido ascórbico	0.005	0.005	Gato
Ácido láctico	0.024	0.0089	Coelho
Ácido hialurônico	0.004		Boi

Desta tabela vemos a quase impermeabilidade do que se denomina "barreira hemato oftálmica", constituída das membranas capilares, à passagem dos eletrolitos não difusíveis.

Estes eletrolitos entram na composição do humor aquoso

em porcentagem bem menor do que figuram na composição químico-sanguínea.

Em contraposição, os eletrolitos difusíveis estão na mesma proporção ou se apresentam em concentrações superiores a do plasma sanguíneo, principalmente o cloreto de sódio.

Esta diferença de concentração, principalmente a atinente ao cloreto de sódio, tem uma importância fundamental na formação do humor aquoso, pois ela determina a hipertonicidade deste em relação ao plasma sanguíneo.

A formação do humor aquoso hipertônico, dever-se-ia a processo difusional através de uma barreira (barreira hemato-oftálmica), que é constituída pelas paredes capilares. Esta barreira, além de desempenhar papel no processo simples de difusão, teria certa seletividade às substâncias que a atravessam.

A explicação mais aceita, atualmente sobre o mecanismo de secreção de humor aquoso hipertônico, é a de Friedenwald.

Esta teoria que Amsler reproduz em seu livro sobre humor aquoso, quase integralmente, é desta maneira exposta: "Friedenwald considera que a barreira ciliar propriamente está situada entre o estroma e o epitélio. E como não há, neste nível, membrana basal histológica, êle admite, a presença duma camada celular monomolecular. Esta barreira estromo-epitelial, carregada negativamente, é a séde de fenômenos reversíveis de oxidação e redução, estando uma camada de água segregada adjacente carregada positivamente,"

A diferença de potencial de óxido redução entre o estroma (-0.13 volt) e o epitélio ($+0.10$ volt) daria a energia necessária à produção do humor aquoso e da corrente elétrica que transportaria a água e cations. Todo êste processo, segundo Kinnsey, serviria para produzir no epitélio anions oxidrilas ($\text{OH}-$) que, combinados no humor aquoso com Co_2 e com os cations de Na, formaria o bicarbonato de sódio. Êste, em excesso, torna o humor aquoso hipertônico.

Como já foi considerado mais acima, o aumento de secreção de humor aquoso traria evidentemente elevação dos níveis tensionais oculares, embora no glaucoma crônico simples êste fator seja praticamente desprezível.

Citaremos aqui as perturbações da atividade secretória, trazendo alterações nas trocas osmóticas. Os processos inflamatórios da uvea anterior, por exemplo, lesando a barreira di-

fusional, traria em consequência não só uma permeabilidade aumentada, como também o aumento de teôr das proteínas do aquoso. Uma alteração na permeabilidade dos capilares, assim como na pressão osmótica do sangue ou alterações na pressão hidrostática dos capilares, trariam também, em consequência, mudanças no equilíbrio tensional do olho por aumento ou diminuição da quantidade normal de humor aquoso.

CIRCULAÇÃO DO HUMOR AQUOSO

A principal via de escoamento do humor aquoso, senão a única, parece ser, fóra de qualquer dúvida, a do filtro trabecular.

A existência de outros emunctórios do aquoso repousa em hipóteses aceitáveis ou não, mas não apresentando êstes a importância da via trabecular.

Amsler, em seu notável livro sôbre o humor aquoso e suas funções, coloca uma interrogação ao abordar êste assunto (*Y a-t-il d'autres émonctoires de l'humeur aqueuse?*), citando os trabalhos de Kiss (1943). Êste indica a região do músculo ciliar, no fundo do ângulo camerular, rico em venulas, que possibilitaria a reabsorção de certa quantidade de humor aquoso e sua eliminação pelos grossos vasos ciliares. Cita Amsler também a observação de Troncoso, a que se refere ao seio cilio-escleral, principal via de eliminação do aquoso nos animais e que persistiria, embora, de maneira rudimentar, no homem.

O estudo da tonografia, como método de avaliação do escoamento e sua resistência, está baseado em uma doutrina fisiológica que necessita de bases precisas em relação à quantidade de humor aquoso excretado e à sua via de escoamento. Na tonografia clínica, os dados obtidos relacionam-se totalmente, na existência da via de excreção trabecular, motivo pelo qual descreveremos esta via anatômica em minúcia.

O dispositivo de drenagem do humor aquoso no homem compreende duas partes: A primeira, formada pela trabécula esclero-corneana e pelo Canal de Schlemm, e, a segunda, constituída pelos canalículos.

Via de drenagem	}	Trabécula
		Canal de Schlemm
		Canalículos

TRABÉCULA ESCLERO-CORNEANA

A parede interna do canal de Schlemm é constituída pelas estruturas que compõem a trabécula esclero-corneana, estruturas estas que pertencem aos tecidos esclerais, corneanos e uveais.

Anatômicamente, verifica-se que da face anterior do esporão escleral partem as fibras conjuntivas que formam a

rêde trabecular, sendo que o formato desta, segundo Troncoso, assemelha-se ao de uma fita prismática de três lados, cujo vertice se situa atrás da orla da Descemet, constituindo, neste ponto, o anel limitrofe anterior de Schwalbe.

Estas fibras trabeculares se dispõem, segundo estudos de Salzmann, referidos por Troncoso ("Gonioscopy") e por Hilton Rocha ("Ângulo da Câmara anterior"), em quatro camadas:

- a) — Fibras colagenas cuja direção é paralela ao eixo da trabécula. No decorrer dêste trajeto estas fibras são envolvidas por fibras de
- b) — tecido elástico, que têm naturalmente a mesma direção das fibras colagenas.
- c) — Uma membrana vitrea homogênea envolve as fibras elásticas, sendo que esta membrana é continuação da membrana de Descemet.
- d) — Por último, encontramos um revestimento endotelial.

A trabécula uveal se distingue da esclero-corneana pela ausência de fibras elásticas nesta última. O tecido trabecular é, fato que lhe é característico, privado de nervos.

Os trabalhos atuais relativos ao escoamento do humor aquoso no ângulo camerular e a tendência de se dar maior consideração à teoria mecânica, na explicação da etiopatogenia do glaucoma crônico simples, colocam os estudos em torno das estruturas trabeculares em primeiro plano.

Em 1955, J. François num trabalho de microradiologia, em colaboração com A. Neetens e J. M. Collette, verificou, após injeção de thorotrast no interior da câmara anterior ou diretamente no canal de Schlemm, a existência:

- a) de comunicação direta entre o canal de Schlemm e a câmara anterior;
- b) de, ao nível da rêde trabecular, um sistema de ductos e fendas, que terminam por orifícios no canal de Schlemm;
- c) averignou também que o diâmetro dêstes orifícios mede mais que 1,5 micra e menos que 2,5.

Em 1956, Ashton, em colaboração com A. Brini e R. Smith, publica trabalho completo sôbre a anatomia da rêde trabecular, no qual fundamenta seu estudo na observação microscó-

pica de olhos enucleados post-mortem ou extraídos no decurso de operações oculares. São descritos os limites e fôrma geral da rêde trabecular do ponto de vista gonioscópico e histológico, confirmando-se a existência de póros, na parede interna do canal de Schlemm, os quais se comunicam com os espaços inter-trabeculares.

A observação de François e colaboradores e de Ashton permite, de algum modo, colocar o mecanismo do escoamento do humor aquoso dentro de uma concepção hidrodinâmica, mas os trabalhos de Barany (1954), a propósito da ação da hialuronidase sôbre a trabécula esclero-corneana, ou mais propriamente sôbre a sua substância fundamental, mostram que o mecanismo é mais complexo.

A hialuronidase aumentaria a permeabilidade trabecular, baixando a resistência ao escoamento do humor aquoso. Segundo Barany, no ângulo de filtração, a primeira etapa do escoamento se desenvolveria através de uma "barreira de mucopolisacarideo hialuronidase sensível. Este notável trabalho de Barany marca, segundo Amsler, a tendência atual de reunir as noções relativas ao humor aquoso tensional e ao metabólico.

A presença do ácido hialurônico entre as fibras da trabécula serviria, segundo L. Zimmerman, a duas finalidades:

"Na primeira, sua concentração e grão de polimerização provávelmente influencia a facilidade de escoamento do aquoso, assim como Barany já demonstrára em suas experiências; e, na segunda, serviria êle para manter abertas as comunicações entre o canal de Schlemm e a câmara anterior, desempenhando o papel de lubrificante."

O mecanismo pelo qual se produz o ácido hialurônico no tecido trabecular é ainda desconhecido.

Vrabec, em 1957, usando técnica própria, com a qual êle tornou possível obter reproduções, em fita de celofane, de superfícies anatômicas previamente humedecidas (espécie de facsimile), demonstrou a existência de delicada camada gelatinosa sôbre o revestimento endotelial.

Teng, Paton e Katzin, em novembro de 1955, após estudo anatomo-patológico de 3000 olhos no Eye Bank of New York, demonstraram um tipo especial de degeneração que comprometia as fibras elásticas e colagenas da trabécula corneana.

A natureza desta degeneração, cuja incidência era muito maior nos velhos, não ficou bem elucidada, mas, em consequência dêste processo degenerativo, haveria formação de si-

nequias e proliferação de endotélio com consequente obliteração das vias naturais de drenagem do humor aquoso.

Este importantíssimo trabalho abre um novo capítulo no estudo etiopatogênico dos glaucomas de ângulo aberto, pois evidentemente êste processo de "colagenose", ao nível de estruturas trabeculares, explica, de maneira clara, o aumento da resistência ao escoamento por um processo obstrutivo dos ductos de drenagem.

François e colaboradores (Perfusion in vitro of ten glaucomatous eyes) chegam a conclusão análoga a de Teng, Paton e Katzin. Neste trabalho em que são estudados casos de glaucoma pelo processo de perfusão e posterior exame anatomo patológico, êles concluem que quando o escoamento do humor aquoso é impedido, o obstáculo se localiza sempre na trabécula, e que quando a resistência ao escoamento é normal a trabécula também se encontra inalterada.

Não podemos esquecer, neste estudo anatomo-fisiológico da rêde trabecular, os trabalhos de Busacca (1955) dedicados à motricidade da trabécula escleral sob a influência das contrações do músculo ciliar.

CANAL DE SCHLEMM

Constituindo-se na segunda parte do dispositivo de drenagem, o Canal de Schlemm tem a sua parede interna formada pela trabécula esclero-corneana, como acabamos de estudar.

Foi descrito pela primeira vez, em 1831, por Schlemm, que o descobriu ao estudar os olhos enucleados de um condenado à morte por enforcamento. Na sua primeira observação, o canal encontrava-se cheio de sangue.

O canal de Schlemm é um vaso, de fórmula anular, situado no interior do limbo esclero-corneano e separado da câmara anterior pelos tecidos que formam a rêde trabecular.

A luz do canal é, por vezes, septada, formando-se cavidades quase que isoladas umas das outras. Num córte transversal, assume o canal de Schlemm o feitio arredondado, mas quando o córte atinge uma parte septada do canal êle aparece com a luz desdobrada em dois ou mais orifícios. O canal de Schlemm possui um revestimento endotelial, existindo, em sua luz, vilosidades, que são projeções de sua parede interna, mais flácida dentro do canal.

Estas vilosidades têm, segundo Wolff ("Pacchionan — like bodies in the human canal of Schlemm") o aspecto de granulações aracnoideas.

Ashton, em trabalhos publicados em 1951, 1952 e 1953, descreveu, de maneira completa, o aspecto anatômico do canal de Schlemm e dos canalículos eferentes, empregando método de estudo, que consistia em injetar uma substância de contraste (neoprene) diretamente no canal de Schlemm, na artéria oftálmica ou, finalmente, na artéria ciliar anterior.

Nesta série de trabalhos, foram considerados, como fatos anatômicos estabelecidos, o aspecto anatômico do canal e as relações entre os canalículos eferentes e a circulação, tanto venosa como arterial. Os canalículos eferentes se destacam de toda a circunferência do canal. Estes canalículos, que Ashton designa de troncos coletores, são em número que varia de vinte a trinta e se anastomoseam entre si, formando uma delicada arborização, denominada plexo escleral profundo, o qual em sua maior parte vai alimentar o plexo venoso intra-escleral.

Dêste plexo partem as veias aquosas.

O canal de Schlemm é como que uma estação intermediária no dispositivo de drenagem do humor aquoso do homem. Colocado entre a câmara anterior e a circulação venosa, pro-

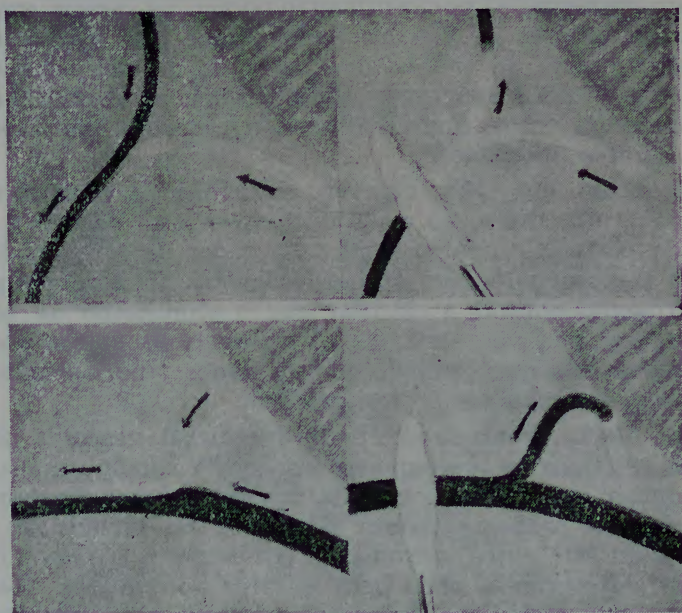


Fig. 1 — Veias aquosas, fenômeno de compressão.
Fig. do Livro *L'Humeur arueuse et ses fonctions*. (M. Amsler).

move uma intercomunicação entre ambas, agindo, segundo alguns, como um agente na distribuição uniforme do humor aquoso aos canalículos eferentes.

A circulação arterial da região do canal de Schlemm provem, segundo Ashton, dos ramos profundos e superficiais da artéria ciliar anterior e terminam nos capilares das camadas profundas da esclerótica ou dão origem a um círculo arterial incompleto, fechado.

VEIAS AQUOSAS

O achado biomicroscópico das veias aquosas por Ascher, em 1942, não constituiu um fato isolado e ocasional, embora tivesse revolucionado o conceito de escoamento do humor aquoso, por isso que culminou uma série de estudos e pesquisas, que datam de várias décadas e que tinham por finalidade provar que a principal via de escoamento do humor aquoso se encontrava no ângulo camerular, tendo o canal de Schlemm e seus aferentes importância fisiológica decisiva.

Em 1901, Lauber, em um trabalho que Ascher cita em seu artigo inicial referente às veias aquosas, verificou que o número de hematias por centímetro cúbico de sangue extraído das veias ciliares do cão era bem menor que o número de hematias obtido do sangue das patas do animal, concluindo que esta diluição sanguínea seria devida ao humor aquoso escoado pelos vasos, que circundam a córnea, tributários das veias ciliares anteriores.

Troncoso, em 1924, observa, em olhos de coelhos vivos, nos quais tinha dissecado a conjuntiva rente ao limbo e a afastado da córnea, o aparecimento, ao redor da córnea, de gotículas transparentes que seriam formadas de humor aquoso.

Troncoso chegou a calcular que a eliminação de humor aquoso, por esta via, seria de 2,1 milímetros cúbicos por minuto; cifra esta que coincide com os dados atuais obtidos por processos volumétricos e tonográficos.

Em 1942, Troncoso ("The intraescleral vascular plexus and its relations to the aqueous outflow") conclue que o humor aquoso, que enche o canal de Schlemm, passa diretamente dos coletores para a corrente sanguínea em virtude da diferença tensional entre o canal de Schlemm e o plexo intraescleral, cuja pressão seria bem inferior ao daquele. Quando publicou seu trabalho, Troncoso já tinha conhecimento da descoberta de Ascher, das veias aquosas, cuja primeira observação foi feita em 21 de maio de 1942 no olho de um mineiro

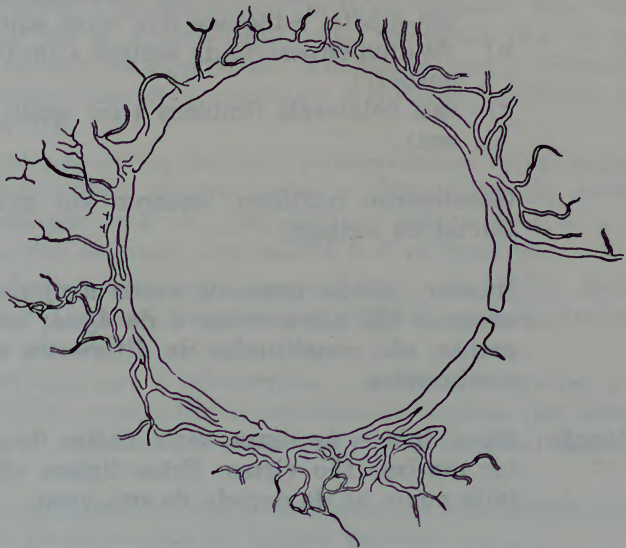
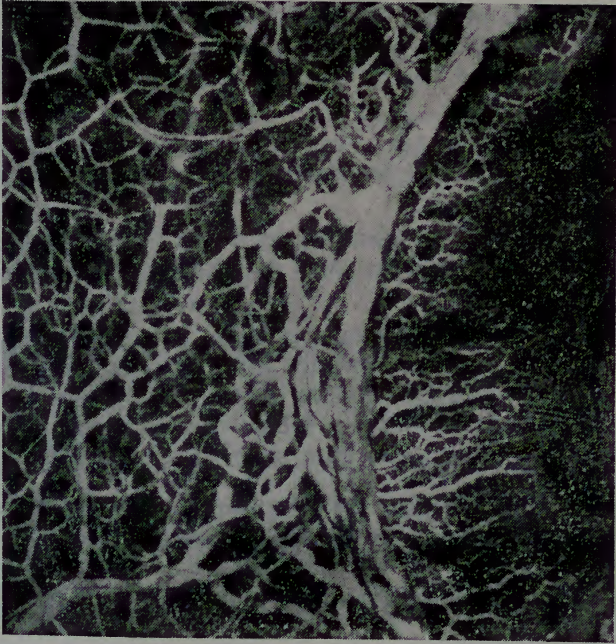


Fig. 2 — Vias de drenagem do humor aquoso.
Fig. do Livro L'Humeur aqueuse et ses fonctions. (M. Amsler).

de 25 anos, quando do exame biomicroscópico.

As veias aquosas parecem vasos conjuntivais profundos, incolores, dispostos em forma radiada em relação ao limbo esclero-corneano.

Às vezes, estas veias dão impressão de estar divididas em duas correntes (veias laminadas), e constituídas de humor aquoso e sangue.

O aspecto característico destes vasos é descrito exaustivamente por Ascher em uma série de trabalhos, datados de 1942 a 1946.

Nestes trabalhos, foram estudadas as veias aquosas e laminadas não só em seu aspecto anatômico como também em relação a fenômenos fisiológicos e farmacológicos.

Da autoria de Ascher é a tabela que se segue, na qual êle descreve as veias aquosas com suas características.

CARACTERÍSTICAS DIAGNÓSTICAS DAS VEIAS AQUOSAS AO BIOMICROSCÓPIO

- Localização:** No tecido conjuntival ou sub-conjuntival.
- Origem:**
- a) da profundidade do limbo, muitas vezes com aspeto de "U", com o qual se apresenta, em média, a metade das veias aquosas;
 - b) de uma emissária da esclera (um terço dos casos);
 - c) dos colaterais límbicos (um sexto dos casos).
- Curso:** Geralmente retilíneo, excepto em sua curva inicial de origem.
- Côr:** Incolor, pálida como os vasos sanguíneos. Às vezes é tão clara como a da água; ocasionalmente, são constituídos de diferentes camadas sombreadas.
- Estratificação:** Duas, três e, às vezes, mais linhas de diferentes matizes são vistas. Estas linhas são paralelas como as da parede de um vaso.
- Comprimento:** De frações de milímetros a um centímetro ou pouco mais. O que parece ser uma longa veia aquosa é muitas vezes um vaso coletor.

- Largura:** Entre a de uma veia conjuntival post-capilar e a de as grossas veias conjuntivais, isto é, entre 0.01 e 0.1 milímetro.
- Conteúdo:** Semelhante a uma corrente clara num rio lamacento. As fases de aquoso e sangue podem seguir em camadas separadas.
- Fenômeno de compressão:** A compressão de uma veia aquosa ou desaparece o sangue ou, por via retrograda, enche-se totalmente dele.

O estudo das veias aquosas foi de tal modo esgotado, por Ascher, em trabalhos sucessivos, que pouco se pode acrescentar, no decorrer de todos estes anos, à descrição de seu aspecto anatômico.

Entre os fenômenos fisiológicos mais importantes observados ao biomicroscópio conta-se o da compressão. Este fenômeno circulatório, que se verifica ao comprimir uma veia aquosa (laminada) adiante da junção de seus dois ramos, apresenta-se em dois aspectos: o primeiro, que Ascher denominou, "positive glass-rod phenomenon" quando, nesta circunstância, o humor aquoso penetra a corrente sanguínea; e o segundo, "negative glass-rod", quando se verifica o contrário, entrando o sangue na corrente do aquoso. Este fenômeno revelaria em si a preponderância tensional ora da corrente de aquoso ora da sanguínea, sabendo-se que a diferença tensional entre estas duas correntes é mínima, oscilando ao redor de 1 mm Hg.

Foram descritas também pulsações das veias aquosas, havendo Goldmann determinado a velocidade de escoamento do aquoso por esta via, que seria na ordem de 1.3 — 7.6 milímetros por segundo, em média 4.6 milímetros.

Ascher, em trabalho apresentado em 1954, determinou os efeitos farmacodinâmicos de diferentes substâncias sobre as veias aquosas.

Verificou que a pilocarpina, a eserina, a privina e a adrenalina fazem aumentar o conteúdo de aquoso nas veias aquosas e, ao contrário, a homatropina e dionina aumentam o conteúdo sanguíneo.

Resumidamente, assim se apresenta a formação anatômica das vias de drenagem do humor aquoso:

- 1.º) o filtro trabecular, primeiro, é o mais importante

obstáculo que o aquoso vence em direção à circulação episcleral;

- 2.º) o canal de Schlemm, que regularizaria a distribuição do aquoso;
- 3.º) os canalículos eferentes, que vão ao plexo intraescleral, donde partem as veias coletoras (veias aquosas). As veias aquosas se originam, às vezes, diretamente do canal de Schlemm.

ESCOAMENTO DO HUMOR AQUOSO

No capítulo anterior resumimos o estudo anatômico das diversas secções da via de drenagem do humor aquoso.

O estudo do humor aquoso, como meio interno do olho, abrange três modalidades que correspondem às três funções vegetativas desempenhadas por êle. São:

- 1) a tensional;
- 2) a metabólica; e
- 3) a reacional.

O estudo da tonografia prende-se à primeira função citada, a tensional.

A tensão ocular, as suas variações fásicas normais e as suas alterações patológicas são resultantes do equilíbrio ou desequilíbrio entre a formação e o escoamento do humor aquoso. Duke Elder resume em quatro fatores as causas que determinam as variações tensionais:

- 1.º Variações na pressão secretória.
- 2.º Variações no equilíbrio hidrostático-osmótico:
 - a) variações na pressão hidrostática dos capilares;
 - b) variações na pressão osmótica das proteínas.
- 3.º Variação no volume do conteúdo ocular.
- 4.º Dificuldade de drenagem do líquido intra-ocular.

No glaucoma crônico simples, o desequilíbrio tensional está ligado, quase que exclusivamente, a aumento da resistência ao escoamento do aquoso, sendo desprezível a influência dos três primeiros fatores citados por Duke Elder. Descrito esquematicamente, o humor aquoso, em seu percurso de escoamento, atravessa o trabécula escleral, passa ao canal de Schlemm e, pelas veias aquosas, se confunde na circulação episcleral. A pressão venosa das veias aquosas e episclerais é praticamente invariável e menor que a pressão na câmara anterior. Sofre, por conseguinte, o humor aquoso queda tensional em seu trajeto de escoamento, em virtude de um fator ponderável: a resistência ao escoamento; resistência esta, localizada no decurso das vias de drenagem e, na atualidade, atribuída, quase que exclusivamente, à rede trabecular.

Goldmann, em trabalho publicado na revista "OPHTHALMOLOGIA" (1949), ("Die Kammerwasserkenen und das

Poiseuill'sche gesetz") adaptou a fórmula de Poiseuille, que versa sôbre o fluxo dos líquidos nos tubos de pequeno diâmetro, ao caso particular do escoamento do aquoso em sua via de drenagem.

Simplificando a fórmula primitiva de Poiseuille, restringiu-a a três têrmos:

$$F = \frac{P}{R} \quad \text{na qual}$$

F é igual ao volume de humor aquoso eliminado na unidade de tempo;

P corresponde à pressão de escoamento; e

R à resistência ao escoamento.

A pressão de escoamento (P) está representada pela diferença entre a pressão ocular (Po) e a pressão das veias episclerais (Pv).

$$P = P_o - P_v \quad \text{logo}$$

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

onde :

$$P_o = F \times R + P_v$$

donde :

$$R = \frac{P_o - P_v}{F} \quad \text{no qual vemos que a resistência (R) é um}$$

fatôr variável que depende de valores como a tensão ocular, a pressão das veias episclerais e o volume-minuto.

Clinicamente, a determinação da resistência ao escoamento representa um dado de grande valor no diagnóstico precoce do glaucoma de ângulo aberto, pois o aumento da resistência ao escoamento é provávelmente a primeira alteração que podemos verificar dentro do quadro tensional.

A fórmula simplificada de Poiseuille nos permite encontrar o valor de R, calculados previamente os outros dados da equação, isto é, Po, Pv, e F.

A dificuldade de determinação de F, clinicamente quase inexequível, levou Grant, em 1950, a estabelecer um método

novo, a *tonografia*, que permite encontrar o valor da resistência calculando-se um dado, inverso daquela, o coeficiente de facilidade de escoamento (C), que é o valor do escoamento em milímetros cúbicos na unidade de tempo (minuto).

O valor de C está expresso na fórmula de Friedenwald

$$F = (P_o - P_v) \times C$$

onde :

$$C = \frac{F}{P_o - P_v}$$

Comparando esta fórmula com a que expressa o valor de R = $\frac{P_o - P_v}{F}$, concluímos que C = $\frac{1}{R}$, isto é, que o coeficiente de facilidade de escoamento é o inverso da resistência a este mesmo escoamento.

VOLUME — MINUTO

O volume - minuto é determinado atualmente por métodos volumétricos, os quais permitem calcular o volume pela rapidez com que desaparecem (escoam) da câmara anterior as substâncias testemunhas.

O mais conhecido e importante destes métodos é o da fluorometria de Goldmann (1948), no qual se usa a fluoreceína como substância testemunha. Por este método o corante é introduzido na câmara anterior por via endo-venosa, ao contrário da técnica de Weekers e Demarcele, no qual o corante é levado à câmara anterior por instilações repetidas da fluoreceína sobre a córnea. Empregam-se ainda outras substâncias de confronto, como os isotopos radioativos, a inulina, a água pesada, etc.

Graças ao cálculo do volume minuto, determinado por estes métodos volumétricos, pode-se chegar a um resultado que não difere do encontrado por Troncoso, 30 anos atrás, em experiência já citada no capítulo anterior. O volume-minuto varia em torno de 2 milímetros cúbicos.

O método de Goldmann calcula o valor de (F) pela determinação da cifra de fluoreceína na câmara anterior, após a injeção endovenosa do corante:

$$F = (P_o - P_v) \times C \quad \text{ou}$$

$$C = \frac{F}{(P_o - P_v)}$$

O cálculo de F é feito com a aplicação da seguinte fórmula:

$$F = \frac{Kf \times Va}{100} \quad \text{na qual}$$

- Kf corresponde à porcentagem por minuto do escoamento da fluoresceína; e
Va representa o volume da câmara anterior em milímetros cúbicos.

PRESSÃO DE ESCOAMENTO

A pressão de escoamento pode ser calculada com o emprego da seguinte fórmula: $P = P_o - P_v$.

A pressão ocular é um dado facilmente verificável pela tonometria e a das veias episclerais é praticamente invariável. Goldmann, por meio da balança de torção, encontrou resultados que vão de 9 a 10 milímetros de Hg.

Sendo P_v uma constante, a pressão de escoamento, num olho normal, cresce em relação ao aumento da pressão ocular, isto é, a pressão de escoamento é maior em olhos com pressão ocular mais alta.

RESISTÊNCIA

A resistência (R) é calculada pela fórmula $R = \frac{F}{P_o - P_v}$,

na qual o único valor de difícil verificação é F, que se obtém com os métodos fluorimétricos. A tonografia de Grant, cuja principal finalidade consiste na obtenção da resistência, baseia-se na análise quantitativa das mudanças de pressão e de volume que se processam no olho sujeito à aplicação de um tonômetro de impressão (Schioetz ou o tonômetro eletrônico).

Alguns meses antes de Grant apresentar seu método, Moses e Bruno já haviam estabelecido processo semelhante. Em seu trabalho, eles observaram o decréscimo de tensão que sofre um olho sujeito ao peso de um tonômetro de impressão. Fotografando o dial do tonômetro eletrônico, durante a prova, eles obtiveram um registro contínuo e permanente das tensões oculares.

A conclusão principal a que chegaram foi a de que o coeficiente de escoamento, sob a influência de aumento de

pressão, no olho normal, é diretamente proporcional à pressão, numa forma linear, abaixo do nível tensional de 47 mm Hg ao nível do qual, em alguns olhos, é observado acentuada elevação do coeficiente de escoamento.

A resistência, como já anteriormente nos referimos, localiza-se principalmente ao nível da trabécula.

A pressão do humor aquoso, no canal de Schlemm e veias aquosas e laminadas, é idêntica, e, mais ou menos, invariável, inferindo-se deste fato que a diferença tensional entre a câmara anterior e o canal de Schlemm seja devida à resistência oposta ao escoamento ao nível da trabécula.

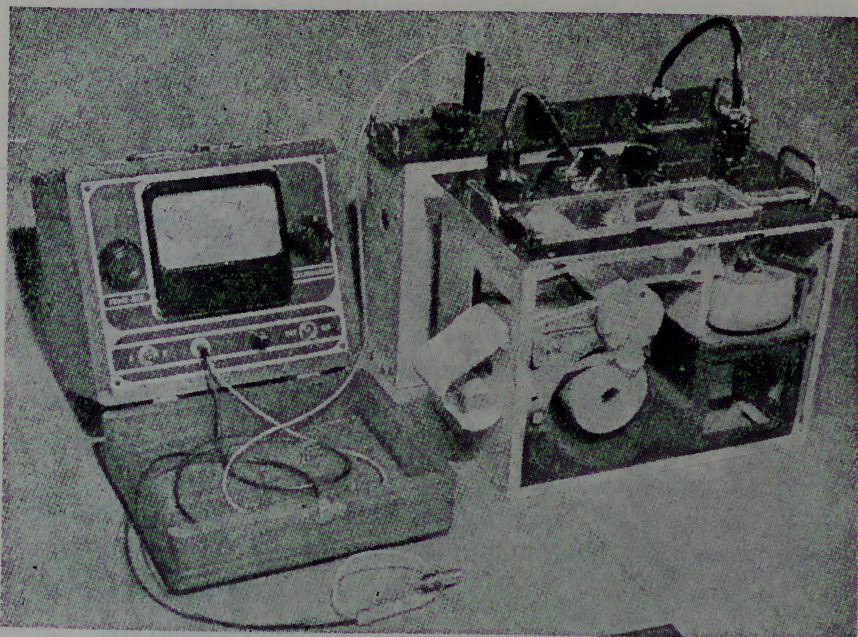
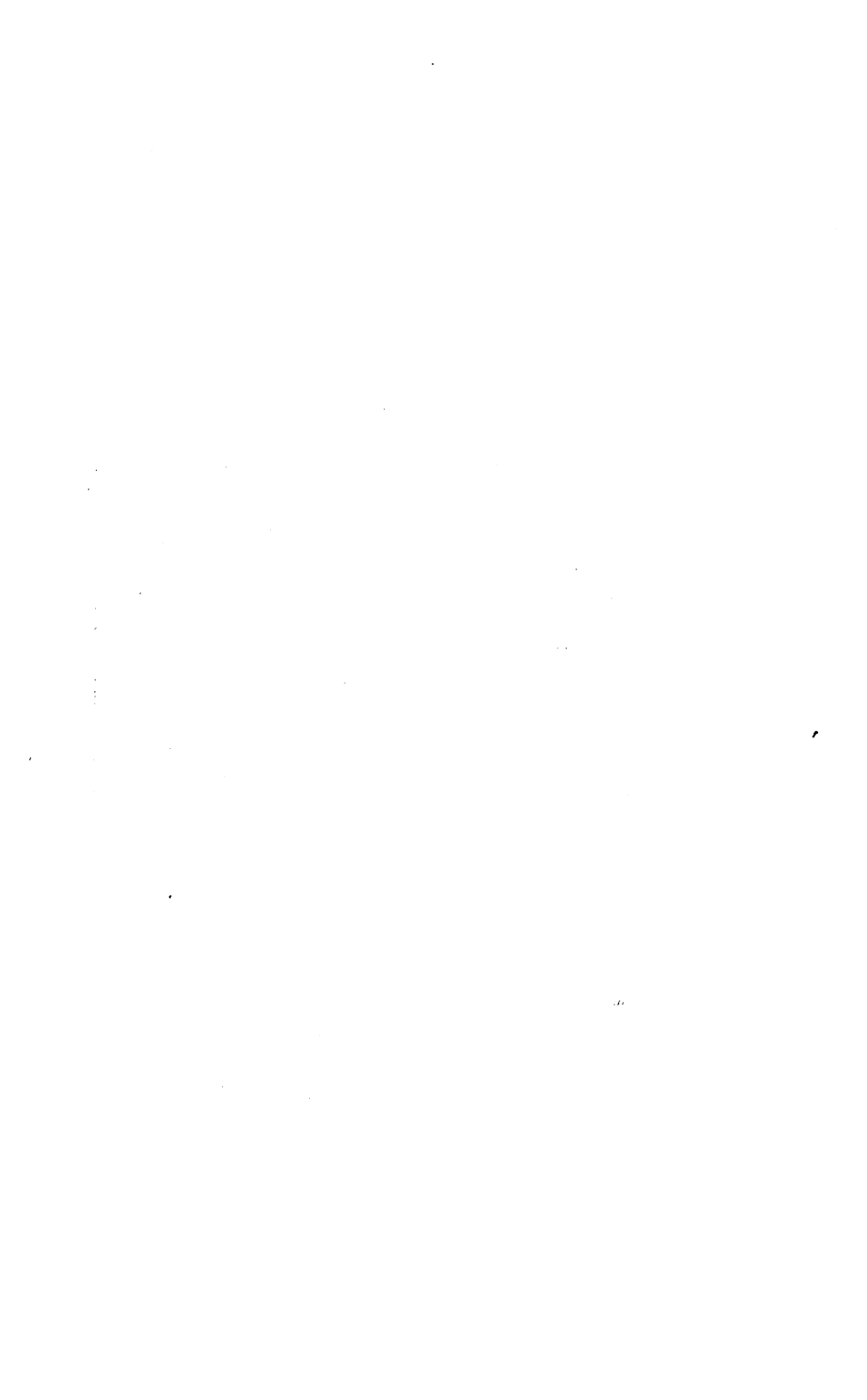


Fig. 3 — Tonômetro eletrônico.
Fig. do Livro glaucoma (sugar).



MÉTODO TONOGRÁFICO

(Cálculo de R., segundo Grant)

O princípio fundamental da tonografia baseia-se na observação de que a tensão ocular diminui em um olho sujeito a uma compressão externa, sendo que esta diminuição tensional se manifesta mais acentuadamente nos olhos normais, reduzindo-se menos nos dos glaucomatosos.

Esta queda tensional se verificaria em virtude da eliminação forçada de certa quantidade de humor aquoso sujeito à pressão maior que a normal.

No desenvolvimento do processo tonográfico, esta hipertensão artificial é obtida pela aplicação do próprio tonômetro, o qual, durante a prova, permanece sobre o olho, trazendo por isto rompimento do equilíbrio tensional. Este desequilíbrio está representado por um aumento artificial da tensão ocular, que é denominado PRESSÃO TONOMÉTRICA (Pt.).

O aumento do fluxo de aquoso, sob esta nova pressão, determina diminuição do volume ocular total, segundo Grant, em uma média que corresponde à diferença entre a formação e eliminação de aquoso.

Friedenwald, por sua vez, calculou as variações de volume em relação a dados tonométricos. As variações de volume (V) corresponderiam à quantidade de humor aquoso eliminado durante a prova.

Ao iniciar o exame tonográfico, com a colocação do tonômetro sobre o olho, obtemos de início os seguintes dados:

Po Pressão ocular

Pti Pressão tonométrica inicial

Vi Variação de volume inicial.

Pti e Vi, isto é, pressão tonométrica inicial e variação de volume inicial, são calculadas pelas tabelas de Friedenwald, que a seguir são transcritas.

TABELA DAS VARIAÇÕES DE VOLUME DO CONTEÚDO OCULAR

(Friedenwald, 1955)

L	5.5	7.5	10.0
0.0	0.00	0.00	0.00
0.5	1.84	1.76	1.69
1.0	3.66	3.49	3.32
1.5	5.44	5.18	4.93
2.0	7.21	6.35	6.53
2.5	8.95	8.52	8.11
3.0	10.69	10.17	9.66
3.5	12.41	11.81	11.22
4.0	14.14	13.46	12.77
4.5	15.87	15.09	14.32
5.0	17.61	16.75	15.88
5.5	19.35	18.41	17.46
6.0	21.09	20.07	19.04
6.5	22.86	21.76	20.63
7.0	24.63	23.45	22.23
7.5	26.41	25.18	23.86
8.0	28.21	26.91	25.51
8.5	30.03	28.67	27.18
9.0	31.87	30.45	28.87
9.5	33.73	32.27	30.59
10.0	35.60	34.09	32.34
10.5	37.52	35.95	34.09
11.0	39.43	37.82	35.90
11.5	41.37	39.72	37.72
12.0	43.33	41.68	39.59
12.5	45.33	43.65	41.47
13.0	47.38	45.62	43.40
13.5		47.67	45.37
14.0		49.74	47.36
14.5		51.84	49.39
15.0		53.94	51.43
15.5			53.56

16.0			55.67
16.5			57.85
17.0			60.10

TABELA DAS PRESSÕES TONOMÉTRICAS
(Friedenwald, 1955)
Pêso

L.	5.5		7.5		10.0	
	Pt	Po	Pt	Po	Pt	Po
0.0	51.40	41.38	70.09	59.14	93.45	81.65
0.5	48.29	37.78	65.85	54.21	87.80	75.11
1.0	45.53	34.52	62.09	49.76	82.78	69.27
1.5	43.07	31.61	58.73	45.76	78.31	63.96
2.0	40.86	28.97	55.72	42.12	74.29	59.10
2.5	38.87	26.56	53.00	38.80	70.67	54.66
3.0	37.06	24.38	50.54	35.76	67.39	50.62
3.5	35.42	22.38	48.29	32.87	64.39	46.86
4.0	33.91	20.55	46.24	30.39	61.65	43.38
4.5	32.53	18.86	44.35	28.01	59.14	40.18
5.0	31.25	17.30	42.61	25.81	56.82	37.19
5.5	30.07	15.88	41.01	23.78	54.67	34.40
6.0	28.98	14.57	39.52	21.89	52.69	31.82
6.5	27.96	13.35	38.13	20.14	50.84	29.40
7.0	27.01	12.23	36.84	18.52	49.12	27.16
7.5	26.13	11.20	35.63	17.01	47.51	25.06
8.0	25.30	10.24	34.50	15.61	46.00	23.09
8.5	24.52	9.36	33.44	14.31	44.58	21.26
9.0	23.89	8.54	32.44	13.10	43.25	19.55
9.5	23.10	7.79	31.50	11.97	42.00	17.90
10.0	22.45	7.10	30.61	10.94	40.82	16.48
10.5	21.83	6.46	29.77	9.98	39.70	15.10
11.0	21.25	5.87	28.98	9.09	38.64	13.81
11.5	20.70	5.34	28.23	8.28	37.64	12.62
12.0	20.18	4.85	27.51	7.51	36.68	11.50
12.5	19.68	4.39	26.83	6.82	35.78	10.48
13.0	19.20	3.96	26.19	6.18	34.92	9.53

13.5	18.75	25.57	5.59	34.09	8.64
14.0	18.32	24.98	5.04	33.31	7.83
14.5	17.91	24.42	4.54	32.56	7.08
15.0	17.52	23.89	4.09	31.85	6.40
15.5	17.14	23.37		31.16	5.76
16.0	16.78	22.88		30.51	5.19
16.5	16.43	22.41		29.88	4.66
17.0	16.10	21.96		29.27	4.17

Ao cabo de 4 ou 5 minutos de compressão pelo tonômetro, obteremos:

Pt2 — Pressão tonométrica final.

V2 — Variação de volume final.

Valores estes que são calculados também com o auxílio das tabelas de Friedenwald.

$Pt_1 + Pt_2 = P_{tm}$ (pressão tonométrica média).

2

$P_{tm} - P_o =$ Elevação média da pressão.

$V_2 - V_i$ ou $\Delta v =$ Volume de aquoso eliminado.

ΔV

$\frac{\Delta V}{t} =$ Volume de aquoso eliminado na unidade de tempo.

Para calcularmos o volume de aquoso eliminado sob o pressão de 1 mm. Hg, na unidade de tempo, empregamos a fórmula:

$$\frac{\frac{\Delta V}{t}}{P_{tm} - P_o} = C$$

Em que C representa a quantidade de humor aquoso eliminado sob o aumento de 1 mm Hg em 1 minuto, (coeficiente de facilidade de escoamento).

Já, anteriormente, havíamos visto que :

$F = C \times P$ ou $F = C \times (P_o - P_v)$, isto é, que o débito de aquoso é proporcional à pressão de escoamento :

$$F = \frac{P}{R} \quad \text{ou} \quad F = \frac{P_o - P_v}{R}$$

Comparando $F = C (P_o - P_v)$ e $F = \frac{P_o - P_v}{R}$, temos que:

$$C = \frac{I}{R} \quad \text{ou}$$

$$R = \frac{P_{tm} - P_o}{\frac{V}{t}}$$

SÍMBOLOS EMPREGADOS

- F — débito.
- R — resistência.
- P — pressão de escoamento.
- P_o — pressão ocular.
- P_v — pressão das veias episclerais.
- P_{t1} e P_{t2} — pressões tonométricas.
- V_1 e V_2 — variações de volume do conteúdo ocular.
- C — coeficiente de facilidade de escoamento (inverso de R).
- t — tempo.
- P_v — aumento do pressão das veias episclerais durante a prova.

Linner, em 1955, considerando o aumento que sofre a pressão das veias episclerais durante a prova tonográfica, sugeriu que fosse feita uma correção na fórmula original de Grant. Como o aumento médio da tensão das veias episclerais

fosse da ordem de 1.25 mm Hg, êle sugeriu que êste valor fosse subtraido. A fórmula adotaria então a seguinte modalidade:

$$\frac{\Delta V}{T}$$

$$C = \frac{\quad}{(P_{tm} - P_o - \Delta P_v)}$$

onde ΔP_v o aumento da pressão das veias episclerais durante a prova

ou

$$\frac{\Delta V}{t}$$

$$C = \frac{\quad}{(P_{tm} - P_o - 1.25)}$$

CRÍTICA AO MÉTODO, PERSPECTIVAS FUTURAS

Por mais entusiasmo que a tonografia clínica de Grant tenha despertado e por mais sedutora que seja a perspectiva de diagnóstico precoce do glaucoma pela apreciação do aumento da resistência ao escoamento, é necessário que se conheça até que ponto existe precisão nos dados colhidos das tonografias.

Inúmeros trabalhos foram realizados, com a finalidade de estabelecer experimentalmente, a veracidade do método. Entre estes trabalhos, um do próprio Grant, em 1955, (Tonographic measurements in enucleated eyes), no qual êle faz um estudo comparativo entre os resultados tonográficos em olhos enucleados e em animais vivos, chegando a conclusão de que os coeficientes de escoamento dos olhos enucleados e in vivo não variam muito e de que o coeficiente de rigidez escleral decrescia logo após a enucleação.

Um outro trabalho sobre o assunto, da autoria de François, foi realizado em 1956 (Perfusion Studies on the outflow of Aqueous Humor in human eyes), no qual os resultados verificados experimentalmente por perfusão e os obtidos clinicamente não variam muito. Foi observado que, nas condições em que foram realizadas as perfusões, o fluxo do humor aquoso não é influenciado por alterações circulatórias ou nervosas, dependendo somente das condições anatômicas de sua via de drenagem.

Friedenwald e Becker em 1953 sistematizaram os termos em que poderiam ser colocadas as dúvidas, a respeito do método tonográfico, e tiraram desta sistematização os dados que permitem analisar o cálculo clínico da tonografia. Partiram da equação geral em que se baseia o cálculo tonográfico:

$$Ct = \frac{F Vs + F Vc + F Vb + FT}{T} \quad / \quad (Ptav - Pvt)$$

Nesta equação formulada por Becker e Friedenwald:

- F = volume minuto.
T = tempo.

- ΔV_b = variação no volume sanguíneo durante a tonografia.
 ΔV_s = variação na distensão escleral durante a tonografia.
 ΔV_c = variação da impressão corneana durante a tonografia.
 P_{vt} = pressão das veias episclerais com o tonômetro colocado sobre o olho.
 P_{tav} = média da pressão com o tonômetro sobre o olho, durante a prova.
 C_t = Facilidade de escoamento com o tonômetro sobre o olho.

Para que a equação simplificada por Grant esteja correta é necessário, segundo Friedenwald e Becker que:

- 1.º não haja variação na secreção e difusão durante a tonografia. (F seja constante);
- 2.º não se verifique, durante a prova, variação no volume sanguíneo. ($\Delta V_b = 0$);
- 3.º a pressão das veias episclerais seja, sob o peso do tonômetro, igual à pressão no olho em repouso. ($P_{vt} = P_v$);
- 4.º e a facilidade de escoamento, sob o tonômetro, seja a mesma sem êle ($C_t = C$).

Desta maneira, considerando $\Delta V = \Delta V_c + \Delta V_s$ nós temos :

$$C_t = C = \frac{V}{T} \quad / \quad (P_{tav} P_o)$$

As respostas às questões formuladas anteriormente determinariam o valor e as limitações do método tonográfico.

Em relação a F , a possibilidade de alteração no fluxo, durante a prova, traria modificações nos valores de C e V , com evidente erro de apreciação do cálculo tonográfico. A mesma dúvida deve ser posta em relação ao volume sanguíneo e à pressão das veias episclerais durante a prova.

Linner considera que a pressão das veias episclerais aumenta durante a prova tonográfica e que êste aumento em média representa o valor de 1,25 mm Hg que deve ser subtraído na fórmula original de Grant

$$C = \frac{\Delta V}{\frac{P_{tm} - P_o - 1.25}{t}}$$

A maior fonte de erro, sem dúvida alguma, advem da variação do coeficiente de rigidez escleral (E).

As tabelas de Friedenwald, que dizem respeito às pressões tonométricas e às variações de volume do conteúdo ocular e, mesmo, à pressão ocular, são calculadas com um coeficiente de rigidez escleral normal, que tem o valor de 0.0215; qualquer alteração dêste coeficiente, para menos ou para mais, traria como consequência uma causa de erro na determinação dos valores acima citados.

Robert Moses e B. Becker (Clinical Tonography: The escleral rigidity correction) propõem dois métodos para a correção da rigidez escleral: o 1.º, um método gráfico, empregando o Nomograma de Friedenwald, que, nos dá a tensão ocular correta, mediante a tomada de tensão com dois pesos diferentes.

Pelo nomograma não conseguimos somente determinar a pressão ocular e o coeficiente de rigidez escleral mas também a pressão tonométrica e o volume da depressão corneana.

O 2.º processo, proposto por Moses e Becker, é o método tabular que utiliza a seguinte fórmula:

$$C = \frac{0.0215 \Delta V + (E \cdot 0.0215) \Delta Vc}{4 E (Ptm - Po - 1.25)}$$

na qual :

- C = coeficiente de facilidade de escoamento;
- ΔV = variação de volume do conteúdo ocular;
- E = coeficiente de rigidez escleral;
- ΔVc = variação de volume da depressão corneana;
- Ptm = pressão tonométrica média;
- Po = pressão ocular.

Não podemos esquecer o tonômetro de aplanção de Goldmann, que é o melhor instrumento que contamos atualmente para determinar a pressão ocular.

Com êste tonômetro, a determinação da pressão ocular é realizada pelo valor do pêso que consegue aplanar uma área corneana com diâmetro de 3.06 milímetros.

Para conseguir a avaliação de Po o tonômetro de aplanção mobilizará apenas 1/2 centímetro de humor aquoso, isto é, Po praticamente igual a Pt e o coeficiente de rigidez escleral não assume aqui a importância que tem nos tonômetros de impressão.

PERSPECTIVAS

O tonômetro de aplanção de Goldmann é, sem dúvida alguma, o melhor instrumento que possuímos atualmente para determinação da pressão ocular.

O próprio Goldmann acredita na possibilidade de adaptar o tonômetro de aplanção com o fim de conseguir uma tonografia, cujo resultado não seja modificado por variações do coeficiente de rigidez escleral. Um estudo tonográfico feito com o tonômetro de aplanção, além de prescindir do valor de "E", não tem necessidade de calcular as variações de volume. (V).

A fórmula a ser empregada, segundo Goldmann, seria a seguinte:

$$R = \frac{E (P_o - P_v)}{\log \frac{P_{t1}}{P_{t2}}}$$

A segunda perspectiva atual da tonografia é sua evolução para o processo que se denomina "tonografia sob pressão constante" (isotonografia).

Como vimos, em páginas anteriores, o coeficiente de escoamento está sujeito às variações do coeficiente de rigidez escleral (E). A correção dêste dado pode, segundo Moses e Becker, ser feita pelos dois processos já descritos. Esta correção, porém, atende apenas aos dados iniciais da tonografia, pois a rigidez escleral se modificará com o pêso do tonômetro após vários minutos de compressão ocular. Para contornar esta causa de erro, Robert Moses (Constant Pressure Tonography) idealizou um processo que mantém a pressão ocular no mesmo nível, durante a prova tonográfica, adicionando-se pesos à medida que a tensão ocular diminua.

Prijot enunciou um método semelhante, em 1959, no qual êle adiciona pesos de 250 mg cada 3 segundos até que Pt2 igual e a Pt1. Esta adição de pesos complementares é feita após o traçado de um tonograma simples.

APLICAÇÕES CLÍNICAS DA TONOGRAFIA

- | | | |
|-----------------|---|-----------------------------|
| 1.º Diagnóstica | { | Glaucoma crônico simples |
| | } | Glaucoma crônico congestivo |

- | | |
|------------------------------------------|----------------------------|
| 2.º Avaliação de resultados terapêuticos | } Clínicos
} Cirúrgicos |
| 3.º Avaliação de testes provocativos | |

Diagnóstico do glaucoma crônico simples.

A principal finalidade da tonografia clínica é a de estabelecer o diagnóstico precoce do glaucoma crônico simples pela determinação do valor da resistência ao escoamento ou o inverso desse, que seria o coeficiente de facilidade de escoamento.

É evidente, que a determinação de um valor, como a resistência, não pode isoladamente servir para estabelecer diagnóstico do glaucoma. Nos casos de suspeita clínica de glaucoma, o aumento da resistência é mais um dado a considerar dentro do complexo quadro sintomatológico da doença. Em nossa casuística, houve um aumento evidente do valor de R em relação aos olhos normais.

Glaucoma crônico congestivo.

No glaucoma crônico congestivo já o valor da determinação de dados tonográficos, como elemento de diagnóstico, é menor; por isto que êste tipo de glaucoma tem certas fases que se caracterizam por escoamento normal, e, outras, em que a obstrução ao escoamento se faz quase total.

Serviria a tonografia, neste tipo particular de glaucoma, para avaliar o aumento de resistência após as crises agudas, na suposição que êste aumento da resistência se deva a goniosinequias.

Avaliação dos resultados terapêuticos.

Os mióticos trazem, geralmente, diminuição da resistência nos casos de glaucoma crônico simples juntamente com a redução da pressão ocular.

O aumento na frequência do emprêgo dos mióticos, bem como a determinação de sua concentração, pode ser orientado pela avaliação dos valores da resistência.

Na terapêutica cirúrgica, a tonografia prova a eficácia da nova via de drenagem. Nos casos de ineficiência desta R tende a se elevar, atingindo níveis superiores ao pré-operatório.

Avaliação de testes provocativos. (Water-Drinking Test).

Este teste se caracteriza, tonograficamente, por elevação de pressão ocular e diminuição da facilidade de escoamento, nos casos em que se confirma o diagnóstico de glaucoma.

MATERIAL DE ESTUDO

TABELA I

Exames tonográficos em olhos normais

Nome,	idade	Po	C	R	F
1.	B.H. 40	17.0	0.23	4.34	1.84
2.	B.H. 40	15.6	0.26	3.84	1.82
3.	I.P. 54	18.5	0.23	4.34	2.07
4.	I.P. 54	23.8	0.26	3.84	3.90
5.	A.Z. 59	21.9	0.37	2.70	3.33
6.	A.Z. 59	13.1	0.25	4.00	1.00
7.	T.F. 57	21.9	0.20	5.00	2.60
8.	T.F. 57	18.5	0.23	4.34	2.07
9.	J.H. 57	20.1	0.12	8.33	1.32
10.	J.H. 57	14.3	0.30	3.33	1.50
11.	N.D. 35	18.5	0.27	3.70	2.43
12.	N.D. 35	18.5	0.37	2.70	3.33
13.	D.G. 56	15.9	0.16	6.25	0.94
14.	D.G. 56	12.2	0.11	9.09	0.25
15.	C.S. 63	20.6	0.24	4.16	2.54
16.	C.S. 63	14.6	0.25	4.00	1.15
17.	J.T. 60	14.6	0.15	6.66	0.69
18.	J.T. 60	14.6	0.25	4.00	1.15
19.	A.C. 64	13.4	0.30	3.33	1.02
20.	A.C. 64	12.2	0.15	6.66	0.33
21.	R.S. 42	22.4	0.70	1.04	7.98
22.	R.S. 42	22.4	0.59	1.69	6.72
23.	F.B. 58	7.1	0.15	6.66	—
24.	F.B. 58	9.4	0.23	4.34	—
25.	A.D. 45	17.3	0.27	3.61	1.97
26.	J.S. 40	8.5	0.23	4.34	—
27.	N.F. 47	8.5	0.23	4.34	—
28.	N.F. 47	12.2	0.46	2.12	1.01

29.	M.R. 63	17.3	0.27	3.61	1.97
30.	M.R. 63	12.2	0.24	4.16	0.52
31.	C.S. 63	20.6	0.30	3.33	3.18
32.	C.S. 63	12.2	0.24	4.16	0.52
33.	E.B. 37	17.3	0.54	1.83	3.94
34.	F.T. 23	17.3	0.40	2.50	2.92
35.	F.T. 23	17.3	0.23	4.60	1.67
36.	E.M. 58	17.3	0.27	3.70	1.97
37.	E.M. 58	14.6	0.20	5.00	0.92
38.	A.S. 45	14.6	0.36	2.70	1.72
39.	A.S. 45	14.6	0.43	2.32	1.87
40.	M.S. 62	15.9	0.16	5.25	0.94
41.	M.S. 62	14.6	0.25	4.00	1.15
42.	J.F. 46	18.9	0.50	2.00	4.45
43.	J.F. 46	14.6	0.25	4.00	1.15
44.	R.C. 58	24.4	0.54	1.83	7.77
45.	I.F. 27	20.6	0.30	3.33	3.18
46.	I.F. 27	15.9	0.21	4.76	1.23
47.	E.R. 29	17.3	0.54	1.83	3.94
48.	E.R. 29	14.6	0.49	2.04	2.25
49.	J.F. 51	17.3	0.27	3.61	1.97
50.	J.F. 51	14.6	0.25	4.00	1.15
51.	M.C. 67	20.6	0.12	8.50	0.87
52.	D.S. 50	23.8	0.20	5.00	2.60
53.	D.S. 50	20.1	0.12	8.33	1.32
54.	H.A. 20	17.0	0.36	2.77	2.88
55.	H.A. 20	15.6	0.35	2.85	2.45
56.	G.S. 16	18.5	0.23	4.34	2.07
57.	G.S. 16	18.5	0.19	5.26	1.71
58.	M.S. 48	21.9	0.30	3.33	3.90
59.	M.S. 48	21.9	0.30	3.33	3.90
60.	S.P. 30	13.1	0.27	3.40	6.70
61.	S.P. 30	13.1	0.27	3.40	6.70
62.	A.M. 50	18.5	0.19	5.26	1.71
63.	A.M. 50	18.5	0.32	3.12	2.88
64.	G.S. 17	18.5	0.32	3.12	2.88
65.	G.S. 17	17.0	0.31	2.48	3.22

66.	A.P. 22	15.6	0.30	3.33	2.10
67.	A.P. 22	15.6	0.26	3.84	1.82
68.	F.L. 19	14.3	0.22	4.54	1.10
69.	F.L. 19	14.3	0.18	5.55	0.90
70.	A.R. 29	21.9	0.35	2.85	4.55
71.	A.R. 29	20.1	0.29	3.44	3.48
72.	I.M. 33	13.1	0.25	4.00	1.00
73.	I.M. 33	13.1	0.25	4.00	1.00
74.	L.O. 21	17.0	0.36	2.77	2.88
75.	L.O. 21	21.9	0.35	2.85	4.55
76.	E.C. 39	20.1	9.29	3.44	3.48
77.	E.C. 39	20.1	0.25	4.00	3.00
78.	M.C. 18	15.6	0.26	3.84	1.82
79.	M.C. 18	17.0	0.23	4.34	1.84
80.	A.M. 31	20.1	0.25	4.00	3.00
81.	A.M. 31	20.1	0.20	5.00	2.40
82.	D.S. 30	21.9	0.30	3.33	3.90
83.	D.S. 30	21.9	0.25	4.00	3.25

TABELA II

Exames tonográficos em olhos normais. Segundo a idade.

Média geral	Po	C	R	F
	16.9	0.28	3.71	2.53
10—20	17.0	0.24	4.33	2.04
20—30	16.9	0.34	2.94	2.85
30—40	17.7	0.28	3.51	3.39
40—50	16.7	0.36	2.77	3.53
50—60	17.5	0.23	4.36	2.16
60—70	15.6	0.23	4.36	1.23

TABELA III

Exames tonográficos em portadores de glaucoma crônica simples, sem medicação.

Nome	Po	C	R	F
1. A.P.	23.8	0.10	9.66	2.10
2. M.C.	21.9	0.16	6.11	2.80
3. M.C.	18.5	0.21	4.63	2.94

4.	R.O.	23.8	0.42	2.33	7.35
5.	R.O.	23.8	0.42	2.33	7.35
6.	A.A.	25.8	0.043	22.93	0.75
7.	AA..	35.8	0.25	4.00	7.75
8.	E.C.	21.9	0.15	6.64	2.10
9.	E.C.	23.8	0.18	5.25	1.45
10.	R.L.	23.8	0.10	9.66	2.13
11.	R.L.	23.8	0.10	9.66	2.13
12.	A.B.	18.5	0.21	4.63	2.94
13.	A.B.	23.8	0.14	7.13	1.52
14.	J.M.	21.9	0.099	10.0	1.73
15.	J.M.	21.9	0.16	6.11	2.80
16.	L.K.	33.0	0.13	7.40	4.03
17.	L.K.	33.0	0.13	7.40	4.03
18.	A.C.	9.1	0.12	7.84	0.36
19.	G.B.	28.0	0.11	8.81	2.82
20.	G.B.	28.0	0.19	5.08	4.88
21.	W.O.	17.0	0.087	11.44	0.94
22.	A.J.	21.9	0.099	10.0	1.73
23.	A.J.	28.0	0.19	5.08	4.88
24.	M.B.	20.1	0.099	10.0	1.73
25.	M.B.	21.9	0.16	6.11	2.80
26.	J.P.	18.5	0.19	5.26	1.71
27.	J.P.	21.9	0.16	6.25	2.08
28.	J.C.	18.5	0.08	12.50	0.72
29.	J.C.	18.5	0.08	12.50	0.72
30.	J.H.	18.5	0.19	6.66	1.35
31.	M.P.	33.0	—	—	—
32.	M.P.	30.0	0.03	33.33	0.63
33.	H.M.	21.9	0.12	8.33	1.56
34.	H.M.	21.9	0.20	5.0	2.60
35.	J.S.	33.0	0.06	16.6	1.14
36.	J.S.	23.8	0.13	7.69	1.95
37.	V.A.	35.8	—	—	—
38.	V.A.	30.4	0.06	16.66	1.26
39.	E.M.	28.8	0.10	10.0	1.90
40.	E.M.	25.8	0.10	10.0	1.70

41.	C.L.	35.8	0.07	14.28	1.89
42.	C.L.	25.8	0.17	5.88	2.89
43.	E.G.	54.2	0.04	20.00	1.64
44.	E.G.	21.9	0.03	33.33	0.39
45.	J.S.	18.5	0.08	12.50	0.72
46.	J.S.	30.4	0.15	6.66	3.15
47.	C.A.	59.1	—	—	—
48.	W.O.	15.6	0.11	9.09	0.77
49.	W.M.	13.1	0.37	2.66	7.88
50.	W.M.	25.8	0.25	3.93	2.02
51.	F.T.	23.8	0.099	10.0	1.73
52.	F.T.	23.8	0.26	3.73	5.53
53.	R.W.	23.8	0.17	5.60	3.62
54.	R.W.	23.8	0.17	5.60	3.62

TABELA IV

Exames tonográficos em glaucomatosos. Com uso de Pilocarpina.

Nome	Po	C	R	F
1. P.O.	33.0	0.03	33.33	0.72
2. P.O.	33.0	0.07	14.28	1.68
3. E.A.	18.5	0.16	6.66	1.35
4. P.M.	20.1	0.19	5.26	2.09
5. P.M.	21.9	0.20	5.00	2.60
6. G.M.	54.2	0.05	20.0	—
7. G.M.	20.1	0.24	4.16	2.64
8. I.P.	25.8	0.22	4.54	3.74
9. I.P.	23.8	0.16	6.25	2.40
10. L.S.	12.0	0.22	4.54	0.66
11. L.S.	12.0	0.05	20.0	0.15
12. V.A.	23.8	0.06	16.66	0.90
13. M.S.	15.6	0.36	2.77	2.88
14. M.S.	21.9	0.12	8.33	1.56
15. M.L.	18.5	0.15	6.66	1.35
16. M.L.	23.8	0.03	33.33	0.39
17. M.L.	21.9	0.13	7.69	1.95

18.	A.M.	18.5	0.19	5.26	1.71
19.	A.M.	18.5	0.27	3.70	2.43
20.	B.H.	17.0	0.15	6.66	1.20
21.	B.H.	15.6	0.18	5.55	1.26
22.	I.T.	21.9	0.16	6.25	2.08
23.	I.T.	18.5	0.15	6.66	1.35
24.	A.Z.	18.5	0.32	3.12	2.88
25.	A.Z.	12.0	0.15	6.66	0.54
26.	I.P.	18.5	0.19	5.26	1.71
27.	I.P.	23.8	0.16	6.25	2.40
28.	J.H.	20.1	0.15	6.66	1.65
29.	J.H.	14.3	0.30	3.33	1.50
30.	N.D.	18.5	0.27	3.70	2.43
31.	N.D.	18.5	0.37	2.70	3.33
32.	A.F.	17.0	0.11	9.09	0.55
33.	A.F.	14.3	0.23	4.34	1.84
34.	S.S.	15.6	0.22	4.54	1.54
35.	S.S.	14.3	0.30	3.33	1.50
36.	O.L.	15.1	0.18	5.55	1.26
37.	O.L.	13.1	0.15	6.66	0.60
38.	A.S.	13.1	0.25	4.00	1.00
39.	A.M.	13.1	0.25	4.00	1.00
40.	L.A.	15.6	0.26	3.71	2.83
41.	L.A.	21.9	0.099	10.0	1.73
42.	A.B.	23.8	0.37	2.66	7.88
43.	S.V.	28.0	0.19	5.08	4.88
44.	S.V.	33.0	0.41	2.39	12.71
45.	L.F.	12.0	0.34	2.87	3.70
46.	L.F.	15.6	0.25	3.93	2.02
47.	B.B.	23.8	0.32	3.06	5.66
48.	B.B.	25.8	0.37	2.66	7.88
49.	P.L.	15.6	0.21	4.63	2.94
50.	P.L.	20.1	0.20	5.00	2.18
51.	E.N.	42.1	0.065	15.2	2.40
52.	E.N.	42.1	0.17	5.8	6.29
53.	A.M.	30.4	0.31	3.17	7.96
54.	A.F.	23.8	0.099	10.0	1.73

55.	A.F.	23.8	0.26	3.73	5.53
56.	L.G.	10.9	0.18	5.25	1.45
57.	L.G.	12.0	0.18	5.44	0.97
58.	O.S.	15.6	0.34	2.87	3.70
59.	O.S.	18.5	0.47	2.08	5.58
60.	F.P.	25.8	0.15	6.66	1.20
61.	F.P.	18.5	0.22	4.54	3.52
62.	I.S.	21.9	0.16	6.25	2.08
63.	I.S.	20.1	0.19	5.26	2.09
64.	H.R.	23.8	0.21	4.76	3.15
65.	H.R.	28.0	0.10	10.0	1.90
66.	I.C.	28.0	0.14	7.14	2.66
67.	I.C.	28.0	0.14	7.14	2.66
68.	V.C.	13.1	0.25	4.00	1.00
69.	C.M.	21.9	0.10	9.66	2.13
70.	C.M.	25.8	0.16	6.11	2.80
71.	C.B.	28.0	0.11	8.81	2.82
72.	C.B.	28.0	0.048	20.62	1.23
73.	L.S.	25.8	0.10	9.66	2.13
74.	L.S.	25.8	0.17	5.60	3.62
75.	A.V.	28.0	0.11	8.81	2.82
76.	R.V.	21.9	0.099	10.0	1.73
77.	R.V.	21.9	0.099	10.0	1.73
78.	J.G.	17.0	0.21	4.63	2.94
79.	J.G.	20.1	0.16	6.11	2.80
80.	R.G.	10.9	0.24	4.11	1.29
81.	R.G.	9.1	0.12	7.84	0.36

T A B E L A V

*Exames tonográficos em pacientes operados de glaucoma.
(Operação de Lagrange)*

Nome	Po	C	R	F
1. E.E.	12.0	0.34	2.94	1.02
2. E.E.	14.3	0.30	3.33	1.50
3. V.S.	13.1	0.34	2.94	1.36
4. M.S.	9.1	0.63	1.58	6.93

5. E.S.	21.8	0.25	4.00	3.25
6. R.B.	13.1	0.39	2.56	1.56
7. J.N.	15.6	0.47	2.08	6.58
8. J.N.	17.0	0.47	2.08	5.58
9. E.N.	25.8	0.11	8.81	2.82
10. E.N.	25.8	0.31	3.17	7.96
11. H.R.	25.8	0.26	3.7	5.53
12. V.P.	21.9	0.23	4.18	4.02
13. F.S.	21.9	0.46	2.16	11.82
14. F.S.	30.4	0.043	22.93	0.91
15. E.L.	13.1	0.25	4.00	4.00
16. N.V.	7.5	0.25	4.00	—
17. N.V.	14.3	0.26	3.71	2.83
18. O.P.	10.9	0.22	4.54	0.44
19. E.R.	9.1	0.31	3.22	0.31
20. V.M.	10.9	0.18	5.55	0.28
21. A.M.	6.18	0.50	2.00	—
22. A.M.	10.9	0.30	3.33	0.60
23. A.B.	18.5	0.37	2.70	3.33
24. A.B.	17.0	0.36	2.77	2.88
25. N.S.	18.5	0.23	4.34	2.07
26. L.K.	21.9	0.35	2.85	2.45
27. A.B.	14.3	0.25	4.00	1.00
28. A.B.	13.1	0.22	4.54	0.66

T A B E L A VI

Médias Gerais

	Po	C	R	F
Olhos normais ..	1.69	0.28	3.71	2.53
Claucoma cron. simp. s/medicação	26.0	0.12	8.3	2.57
Glaucoma cron. simp. c/pilocarpina	22.8	0.18	5.50	2.05
Resultados post- operatórios	18.1	0.31	3.22	3.58

TABELA VII

*Análises tonográficas de pacientes, antes e após medicação.
(Pilocarpina)*

Nome	Po	Po	C	C	R	R	F	F
1. M.F.	23.8	25.8	0.17	0.22	5.88	4.54	2.89	3.74
2. M.F.	23.8	21.9	0.17	0.25	5.88	4.00	2.89	3.25
3. M.S.	23.8	21.9	—	0.12	—	8.33	—	1.56
4. M.S.	28.0	15.6	0.03	0.26	33.33	3.84	0.57	1.82
5. O.F.	30.4	18.5	0.03	0.03	33.33	33.33	0.60	0.27
6. A.H.	28.0	13.1	0.10	0.25	10.0	5.00	1.90	1.00
7. A.H.	21.9	13.1	0.12	0.25	8.33	4.00	1.44	1.00
8. H.B.	28.0	21.0	0.14	0.20	7.14	5.00	2.60	2.40
9. H.B.	28.0	17.0	0.14	0.23	7.14	4.34	2.66	1.84

TABELA VIII

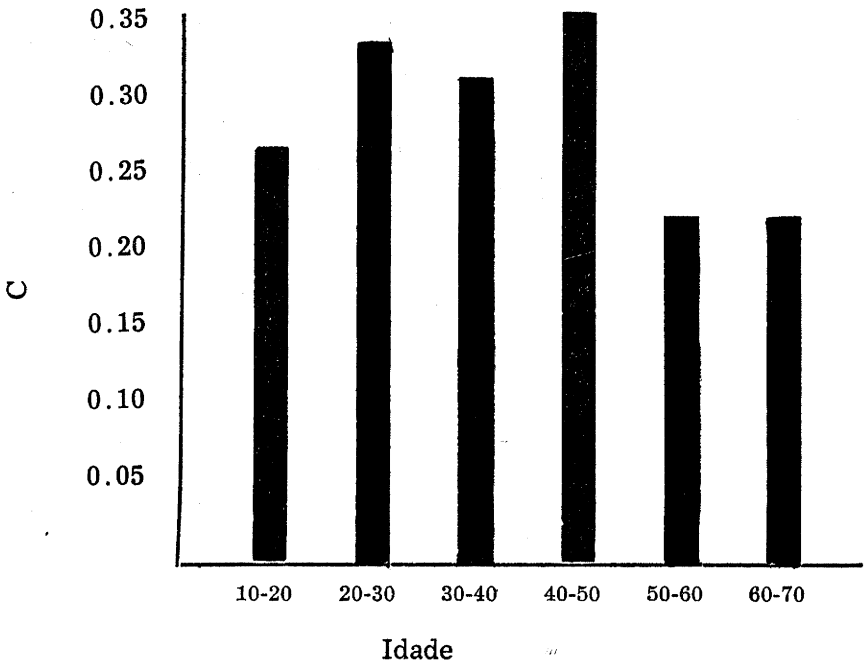
*Análises tonográficas de pacientes, antes e após a cirurgia.
(Lagrange)*

Nome	Po	Po	C	C	R	R	F	F
1. E.L.	28	13.1	0.11	0.25	8.81	1.00	2.82	4.00
2. N.S.	49.7	18.5	0.04	0.23	20.0	4.34	1.64	2.07
3. L.K.	25.8	13.1	0.10	0.35	9.66	2.85	2.13	2.45
4. V.S.	49.7	9.1	0.05	0.63	20.0	1.58	—	6.93
5. A.B.	32.8	18.5	0.048	0.37	20.62	2.70	1.23	3.33
6. A.B.	20.4	17.0	0.099	0.36	19.0	2.77	1.73	2.88

A primeira parte da estatística é formada de tonogrâmas a que foram procedidos em olhos normais. Analisados 83 tonografias, a média geral destes casos acusa como valor para (C) 0.28.

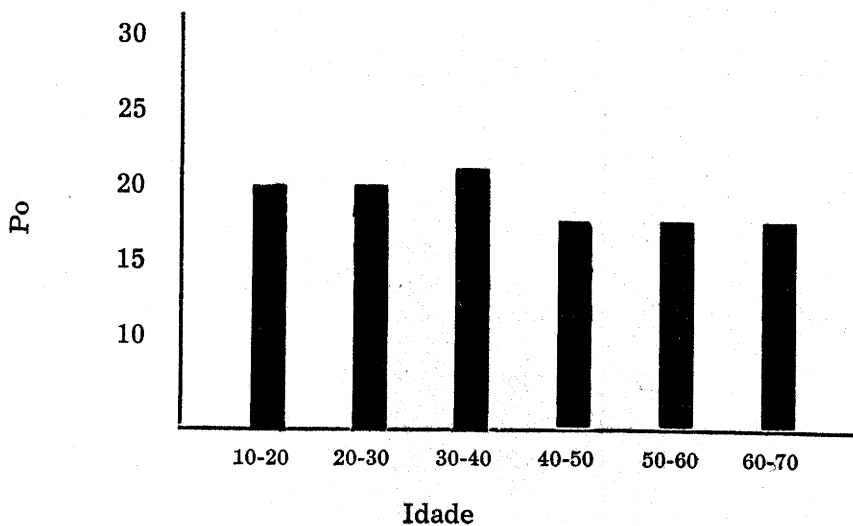
Em relação à idade, verificamos, como dado de interesse, que o valor de (C) decresce com o aumento da idade, sendo que os valores obtidos em pacientes de 50 a 70 anos são os mais baixos. (Gráfico 1).

Gráfico 1



A relação idade-pressão ocular não se verifica, praticamente, alterações do nível tensional. (Gráfico 2).

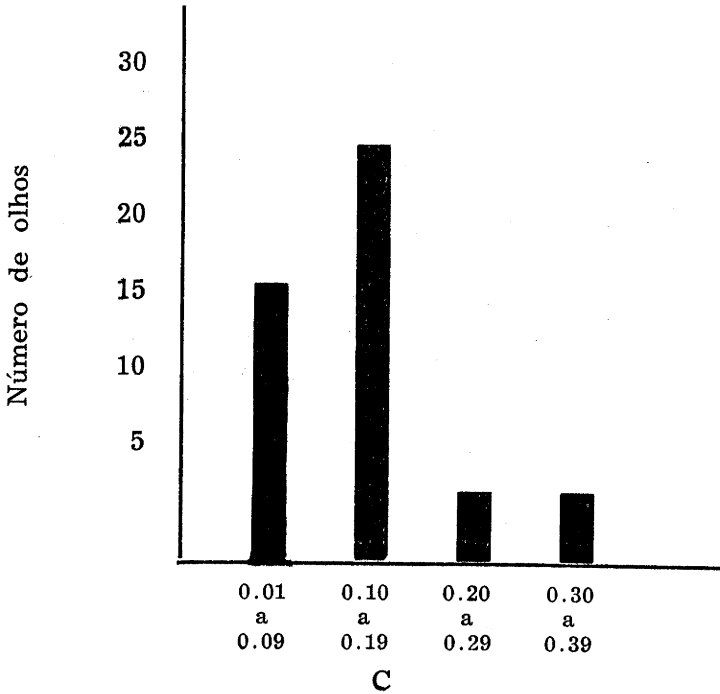
Gráfico 2



Nos casos de glaucoma crônica simples sem medicação, a média geral de (C) foi de 0.12.

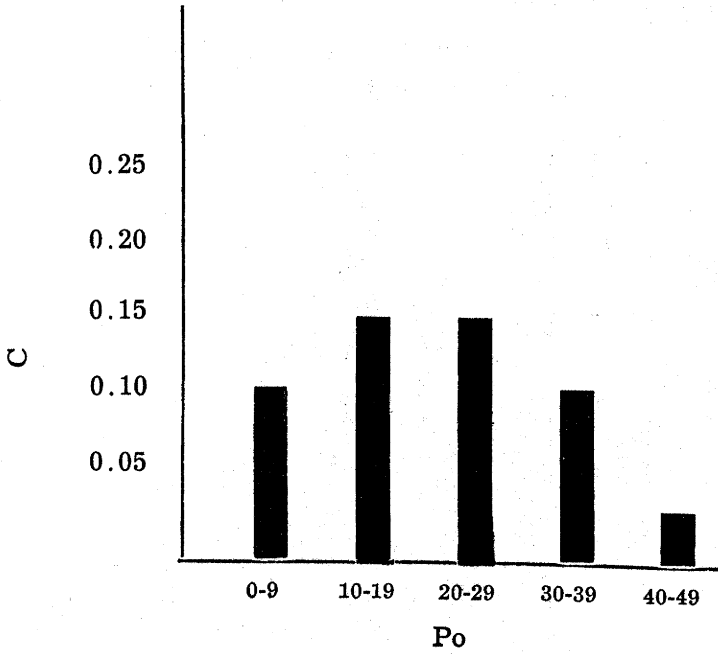
Os valores de C, que variaram entre 0.10 e 0.19, foram os que se apresentaram em maior número de casos. (Gráfico 3).

Gráfico 3

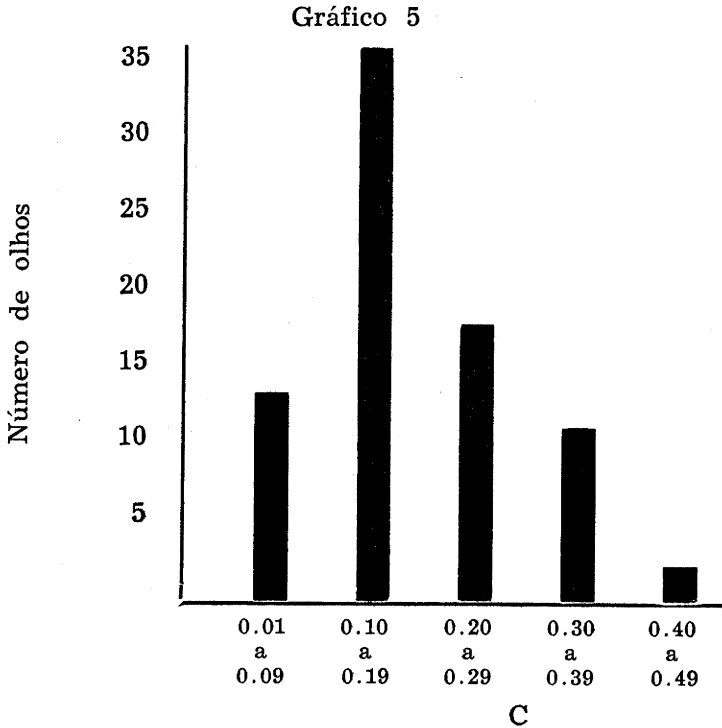


Em relação à tensão ocular, o coeficiente de facilidade de escoamento (C) diminuiu com aumento da pressão. (Gráfico 4).

Gráfico 4

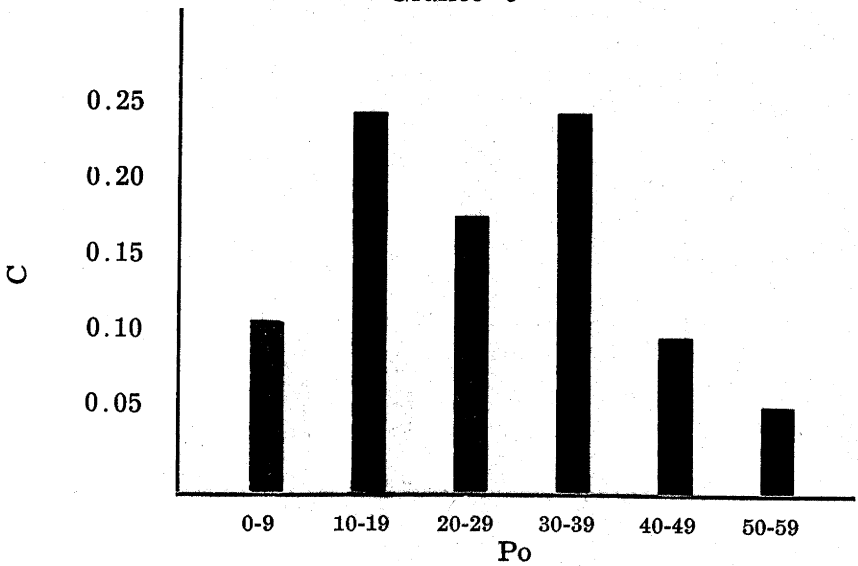


Nos pacientes com medicação hipotensora (pilocarpina), a média geral de C foi de 0.18. Os valores de C, que variaram entre 0.10 e 0.19, foram os que se apresentaram em maior número de casos. (Gráfico 5).



A relação pressão ocular — coeficiente de escoamento, inexpressiva até tensões de 30-40 mm Hg, acusa nítida diminuição do índice de facilidade de escoamento nas pressões de 40 — 60 mm Hg. (Gráfico 6).

Gráfico 6

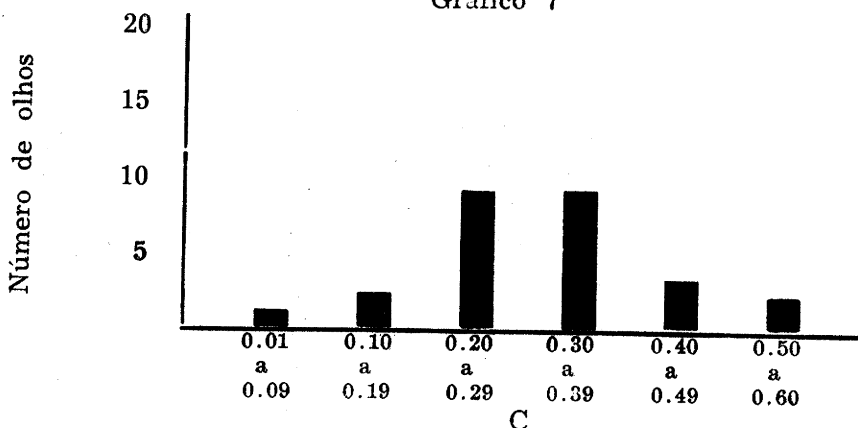


Para a análise tonográfica dos casos operados pela técnica de Lagrange, escolhemos aqueles que fizeram uma “cicatriz filtrante”, isto é, que, de certo modo, realizaram a finalidade da operação, qual seja a de formar uma nova via de drenagem (Emunatório artificial).

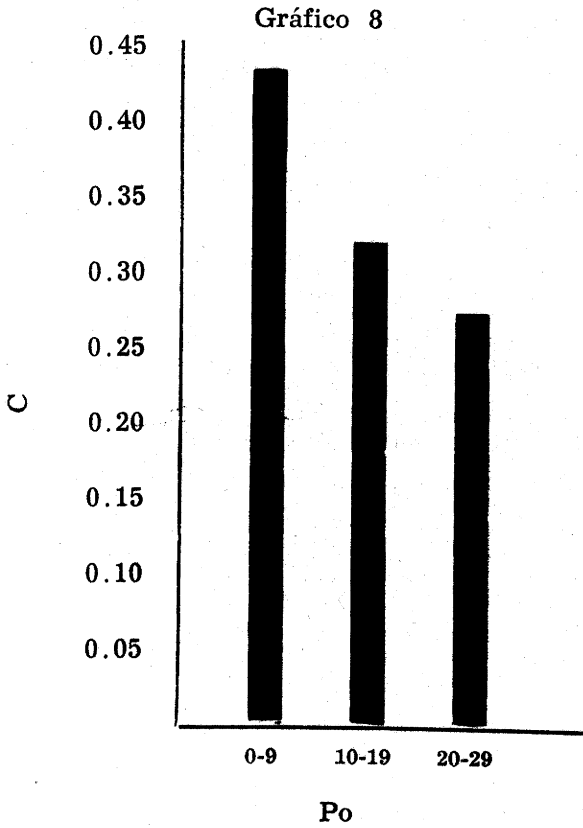
A média geral dos resultados (v. tabela VI) nos revelaram um valor do coeficiente de facilidade de escoamento alto, 0.31.

Os valores de C, que variavam entre 0.20 e 0.39, foram os que se apresentaram em maior número de casos. (Gráfico 7).

Gráfico 7



Os níveis mais altos do coeficiente de facilidade de escoamento estiveram em relação com as pressões oculares mais baixos. (Gráfico 8).



CONCLUSÕES

1. Em olhos normais, a resistência ao escoamento do humor aquoso aumenta dos 50 anos em diante.
2. No glaucoma crônico simples, sem tratamento, a resistência encontra-se aumentada, em relação aos olhos normais.
3. Este aumento da resistência é diretamente proporcional ao aumento da pressão ocular.
4. O emprêgo dos mióticos, em casos de glaucoma crônico simples, diminue a resistência ao escoamento.
5. Nos casos operados pelo processo de Lagrange, a diminuição da resistência se processou de maneira muito mais acentuada do que naqueles que foram tratados clinicamente.
6. Esta diminuição da resistência é diretamente proporcional à diminuição da pressão ocular.
7. O débito do humor aquoso, nos casos operados, é maior do que em olhos normais.

BIBLIOGRAFIA

- Amsler, M.; Verrey, F. et Huber, A. — L'Humeur aqueuse et ses fonctions. — Rapport présenté à la société française. — D'Ophtalmologie — Mai 1955.
- Araujo, F. de Deus — Estudo Tonográfico de 185 olros normais — Revista Bras. Oftalmologia, XVI, n.º 2, 107-126 — 1957.
- Ascher, K. W. — Physiologic Importance of the Visible Elimination of the Intraocular Fluid. — Am. Jornal Optht. 25; 1174-1209 (october) 1942.
- Ascher, K. W. — Aqueous Veins. Local Pharmacologic — Effects on aqueous veins. Glaucoma and aqueous veins. — Am. Jor. Optht. 25; 1301-1315 (october) 1942.
- Ascher, K. W. — Further Observations on Aqueous Veins. — Am. Jor. Optht. 29; 1373-1383 (november) 1946.
- Ashton, N.; Brini, A. and Redmond Smithz — Anatomical Studies of the Trabecular Meshwork of the Normal Human eye. — Brit. Jor. Optht. 40; 257-282 — 1956.
- Ashton, N. — Anatomical Study of Schlemm's Canal and Aqueous Veins by means of Neoprene Cast. Part I — Brit. Journ. Optht. 35; 291-303 — 1951.
- Ashton, N. — Anatomical Study of Schlemm's Canal and Aqueous Veins by means of Neoprene Cast. Part II — Brit. Journ. Optht. 36; 265-267 — 1952.
- Ashton, N. and Redmond Smithz — Anatomical Study of Schlemm's Canal and Aqueous Veins by means of Neoprene Cast. — Brit. Jour. Optht. 37; 577-586 — 1953.
- Arterial Relations of Schlemm's Canal.
- Ashton, N. and Smithz, R. — Anatomical Study of Schlemm's Canal an Aqueous Veins by means of Neoprene Cast. — Brit. Jour. Optht. 37; 577-586 — 1953.
- Barany, E. — Osmotic Factors in the Formation of Aqueous Humor; Transactions of the Third Conference on Glaucoma, 1958. Princeton, N. J. Edited by Frank Newell, M. D.
- Becker, Bernard — Glaucoma. Arch. of Optht. 58; 867-922 — 1957.
- Becker, B. and Constant, M. — Experimental Tonography — Arch. of Optht. 57; 321-329 — 1955.
- Becker, B. — Tonography in Miotic Therapy of Glaucoma. — Amer. Jour. Optht. 46; 11-13 — 1958.
- Becker, B. and Gay, A. — Applanation Tonometry in the Diagnosis and Treatment of Glaucoma. — Arch. of Optht. 62; 211-215 — 1959.
- Becker, B. ando Thompson, H. — Tonography and Angle-closure Glaucoma. — Am. Jour. Optht. 46; 305 - /10 — 1958.
- Becker, B. and Christensen, R. — Water-drinking and Tonography in the Diagnosis of Glaucoma. — Arch. of Optht. 56; 321-326 — 1956.
- Becker, B. — The facility of Aqueous Out Flow. — Arch. of Optht. 55; 305-312 (march) 1956.
- Becker, B. and Friedenwald, S. J. — Clinical Aqueous Outflow. — Arch. of Optht. 50; 557-571 (november) 1953.
- Bettmann, J.; Fellows, V.; Chao, P. and Johnson, J. P. — The Effect of

- Tonography and Pressure on the Intra Ocular Blood Volume. — Arch. of Opht. 60; 230-236 — 1958.
- Boles-Carenini, B.; Batten, R.; Spurgeon, W. M. and Archer, K. W. — Comparative Tonographic Study. — Am. Jour. Opht. 40; 224-226 — 1955.
- Boles-Carenini, B.; Spurgeon, W. M.; Batten, R. and Archer, K. W. — Comparative Tonographic Study. — Am. Jour. Opht. 40; 877-882 — 1955.
- Boles-Carenini, B.; W. M. Spurgeon; Batten, R.; Archer, K. W. — Comparative Tonographic Study of Right and Left Normotensives eyes. — Am. Jour. Opht. 40; 877-882 — 1955.
- Busacca, A. — La Physiologie du Muscle Ciliaire Étude par Gonioscopie. — Ann. Ocul. 188; 1-21 — 1955.
- Calasans — Arquiteura do Músculo Ciliar do Homem. — Ann. da Faculdade de Medicina de S. Paulo — 1953 — n.º 27.
- Cohan, E. B. — Aqueous Humour Outflow. — Arch. of Opht. 55; 792-799 (June) — 1956.
- Davson, H. — Physiology of the Ocular and Cerebrospinal Fluids. — J. and A. Churchill ed.
- Davson — Physiology of the Eye — London, 1949.
- Duke-Elder — Glaucoma, A Symposium. — Liv. S. Duke-Elder ed. — England, 1955.
- Duke-Elder; Goldsmith; Allen — Recent Advances in Ophtalmology. — London, 1951.
- François, J. Rabaey, M. and Neetens, A. — Perfusion in Vitro of Ten Glaucomatous Eyes. — Arch. of Opht. 55; 488-502 — 1956.
- François, J.; Neetens, A.; Rabaey, M. — Perfusion Studies on the Outflow of Aqueous Humour in Humour Eyes. — Arch. of Opht. 55; 193-204 (Feb.) — 1956.
- François, J.; Neetens, A. and Collette, J. M. — Microradiographique étude de la Paroi Interne du Canal de Schlemm. — Am. Jor. Opht. 40; 491-500 — 1955.
- Goldmann, H. — Applanation Tonometry, Transactions of the Second Conference on Glaucoma, Princeton, N. J. — Ed. by Frank Newell M. D. — 1956.
- Goldmann, H. — Die Kammerwasservenen und das Poiseuille'sche Gesetz. — Ophtalmologica 118; 486-519 — 1949.
- Grant, W. M. and Trotter, R. — Diamox in Treatment of Glaucoma. — Arch. of Opht. 51; 735-739 — 1954.
- Grant, W. M. — Facility of Flow Thru the Trabecular Meshwork. — Arch. of Opht. 54; 245-248 — 1955.
- Grant, W. M. — Tonography, Transactins of the Third Conference, 1958, Princeton, N. J. — Edited by Frankenwehl, M. D.
- Grant, W. M. — Clinical Aspects of the Outflow of the Aqueous Humour. Tonography. Glaucoma; A Symposium. — Bracwell Scientific Publications, Oxford. — Massom editors — 1955.
- Grant, W. M. — Tonography Method for Measuring the Facility and Rate of Aqueous Flow in Human Eyes. — Arch. of Opht., Aug. 1950, vol. 44; 204-214.
- Grant, W. M. — Clinical Measurements of Aqueous Outflow. — Arch. of Opht. 46; 113-131 — 1953.
- Grant, W. M. and Trotter, R. — Tonographic Measurements in Enucleated Eyes. — Arch. of Opht. 53; 191-200 — 1955.
- Heinrich, P. — Tonographische Ergebnisse nach Glaucomoperationen. —

- Ophthalmologica, 137,1; 45-50 — 1959.
- Hodgson, T. S. and MacDonald, R. K. — Corneo-Scleral Tonography. — Brit. Jour. Opt. 41; 301-308 — 1957.
- Kinsey, E. V. — A Unified Concept of Aqueous Humour Dynamics and the Maintenance of Intra ocular Pressure. — Arch. of Opt. Aug. 50; vol. 44, 215-235.
- Krenfeld, P. — Tonography. — Arch. of Opt. 48; 404-393 — 1952.
- Magitot, A. — Physiologie Oculaire Clinique. — Masson Editeurs — 1946.
- Moses, R. and Becker, B. — Scleral Rigidity Correction. — Am. Journ. Opt. 45; 196-207 — 1958.
- Moses, R. — Constant-pressure Tonography. — Arch. of Opt. 59; 527-531 — 1958.
- Moses, R. and Becker, B. — Clinical Tonography; The Scleral Rigidity Correction. — Am. Jour. Opt. 45; 195-208 — 1958.
- Moses and Bruno — The Rate of Outflow of Fluid from the Eye under Increased Pressure. — Am. Jour. Opt. 33 — March 1950 — 389-398.
- Prijot, E. — Une Nouvelle Méthode de Tonografie. — Ophthalmologica 136; 266-273 — 1958.
- Prijot, E. et R. Weekers — Mesure de la Résistance à l'écoulement de l'humeur aqueuse au moyen du Tonométre Electronique. — Ophthalmologica 23-1-15 — 1952.
- Roberts, W. — Tonography in the Clinical Management of Glaucoma. Translation of the Third Conference on Glaucoma, 1958, Princeton, N. J. — Ed. by F. Newell, M. D.
- Rocha, H. — Tabela de Coeficientes Tonográficos. — Revista Bras. Oft. XVI; 235-240 — 1957.
- Rocha, H. e Nassim, C. — Considerações Atuais Sobre a Tonografia; relatório apresentado à X Jornada Brasileira de Oftalmologia, Curitiba, setembro, 1959.
- Rocha, H. — O Ângulo da Câmara Anterior; tese do concurso à Cátedra de B. Horizonte, 1942.
- Roeth, R. J. — Relations of Tonography to Phasic Variations of Intra-ocular Pressure. — Arch. of Opt. 51; 740-749 — 1954.
- Rones, B. — Trabecular Function. — Amer. Jour. Opt. 45; 189-191 — 1958.
- Scheie, H.; Spencer, W. and Helmick, E. — Tonography in the Clinical Management of Glaucoma. — Arch. of Opt. 56; 797-818 — 1956.
- Spencer, W. R.; Helmick, E. and Scheie, R. — Tonography. — Arch. of Opt. 54; 515-527 — 1955.
- Stepanik, J. and Lieutenant, K. — Outflow of Aqueous Humour. — Arch. of Opt. 51; 671-680 — 1954.
- Stepanick, J. — Tonographische Studien über den Wassertrinkversuch bei Glaucoma Simplex. — Ophthalmologica 136, 385 — 1958.
- Sugar, S. — The Glaucomas. — Second Editions — 1957.
- Teng, C. C.; Patton, R. T. and Katzin, H. M. — Primary Degeneration in the Vicinity of the Chamber Angle. — Am. J. Opt. 40; 619-631 — Nov. 1955 .
- Troncoso, M. V. — Intraescleral Vascular Plexus and It's Relations to the Aqueous outflow. — Am. Jour. Opt. 25; 1153-1162 — 1942.
- Troncoso, M. V. — A Treatise on Gonioscopy. F. A. Davis Comp. Philadelphia, 1947.
- Troncoso, M. V. — Comparative Anatomy, Physiology and Evolution of

- the Angle of the Anterior Chamber in Mammalia. Intern. Congress optht. Egypt 1937-38. *Comun. Livres.* 4 : 98-119.
- Vrabec, F. — The Trabecular Maswork. — *Am. Journ. of Optht.* 44; 7-11 — 1957.
- Vrabec, F. — The Amorphous Sustance in the Trabecular Meshwork. — *Brit. Optht.* 41; 20-24 — 1957.
- Weekers, R. et Demarcelle, J. — Hypotonie Oculaire par Réduction du débit de l'humeur Aqueuse. — *Ophtalmologica* 125; 425-436 — 1953.
- Weekers, R. — La Rigidité de la Cornée dans le Glaucome sans Hipertensions Intraoculaire. — *Ophtalmologica* 122; 187-188 — 1951.
- Weekers, R. et Demarcelle — Mesure du Débit de l'Humeur Aqueuse. Etude de 180 cas. — *Ophtalmologica* 127; 372-385 — 1954.
- Weekers, R. — Considérations sur l'écoulement de l'humeur aqueuse. — *Ann. Ocul.* 184; 696-706 — 1951.
- Weekers, R. et Prijot — Measurements of the Resistance to the Aqueous Flow by Eletronic Tonometer. — *British Journal Optht.* 36; 511-517 — 1953.
- Weekers et Prijot — Mesure de la Résistance à l'écoulement de l'humeur aqueuse au moyen du Tonomètre Eletronique. I.^o partie chez le sujet normal. — *Ophtalmologica* 123; 1-15 — 1952.
- Weekers, R. et Prijot — Idem 2.^o partie: Résultats chez les Sujets Atteints de Glaucome Chronique non Inflammatoire. — *Optht.* 123; 114-122 — 1952.
- Weekers et Prijot — Idem 3.^o partie; Résultats chez Les Sujets Glaucomateu Opérés par la Diathermie Rétrociliaire Thermométrique. — *Ophtalmologica*, 123; 365-373 — 1952.
- Weekers et Prijot — Idem 4.^o partie; Mode d'action de la Pilocarpine chez le Sujet Glaucomateu. — *Ophtalmologica*, 124; 12-16 — 1952.
- Weekers et Prijot — Idem 5.^o partie; Mode d'action de l'iridencleisis dans le Glaucome Chronique non Inflammatoire. — *Optht.* 124; 166-172 — 1952.
- Weekers, Prijot et Gostin — Idem 6.^o partie, Mode d'action de l'adrénaline dans le Glaucome Chronique. — *Ophtalmologica* 2.
- Weekers et Delmarcelle — Mesure du Débit de l'humeur Aqueuse Chez l'Homme. — *Ophtalmologica*, 127; 373-385 — 1954.
- Weekers et Prijot — Recherches Expérimentales sur les Fonctions des Veines Aqueuses. — *Ophtalmologica* 119; 321-335 — 1950.
- Wolff, C. — Pacchionian like Bodies in the Humam Canal of Schlemm. *Brit. Jour. Optht.*, 36; 100-103 — 1952.
- Zimmermann; Lorenz, E. — Hyaluronidase Sensitive Mucopolysaccharide. *Am. Journ.* 44; 1-3 — 1957.

ÍNDICE

INTRODUÇÃO	Pg. 7
DIVISÃO DE TRABALHO	Pg. 9
FORMAÇÃO DO HUMOR AQUOSO	Pg. 10
CIRCULAÇÃO DO HUMOR AQUOSO	Pg. 15
ESCOAMENTO DO HUMOR AQUOSO	Pg. 24
MÉTODO TONOGRÁFICO	Pg. 30
CRÍTICA AO MÉTODO	Pg. 37
MATERIAL DE ESTUDO	Pg. 43
CONCLUSÕES	Pg. 61
BIBLIOGRAFIA	Pg. 63