

Determinação do coeficiente de facilidade de escoamento do humor aquoso no cão *

John Helal Junior**, Jorge Alberto F. Caldeira***

Fala-se em facilidade de escoamento para exprimir a resistência oferecida pelos sistemas de drenagem à saída de humor aquoso do olho.

Três são os métodos existentes para se determinar a facilidade de escoamento do humor aquoso: 1. Tonografia de indentação; 2. Tonografia de aplanção e 3. Perusão da câmara anterior.

Dentre estes métodos apenas a tonografia de indentação se tornou rotineira na prática clínica; a de aplanção por dificuldades técnicas, não é utilizada.

O método mais preciso para se determinar a resistência à saída de humor aquoso do globo ocular é a perusão da câmara anterior. Ele não é útil clinicamente por ser traumatizante, mas experimentalmente seu emprego é comum e tem contribuído bastante para o conhecimento da dinâmica do humor aquoso.

Nesta publicação é descrito o método de perusão da câmara anterior que estamos empregando em nossas pesquisas e são tecidos alguns comentários sobre os fatores que devem ser considerados quando da interpretação dos resultados.

Dois são as técnicas para se realizar a perusão da câmara anterior: 1) à pressão constante (1,4,6,7) em que se trabalha com dois níveis conhecidos de pressão intra-ocular e é medido o ritmo de infusão da solução de perusão necessário para manter tais pressões. 2) à infusão constante (8) em que são conhecidos os ritmos de infusão e se mede a variação da pressão intra-ocular (PIO).

Nós utilizamos o método à pressão constante. Este pode ser montado de várias maneiras desde o capilar horizontal, em que o movimento de uma coluna líquida é medido com um cronômetro, até técnicas mais complexas, como a do servoperfusor de Armary (1).

MATERIAL E MÉTODOS

Utiliza-se o seguinte material:

- 1) um fisiógrafo de fabricação E & M Instrument Co. Inc., modelo de mesa, tipo DMP-4A;
- 2) um transdutor de pressão E & M Instrument Co. Inc., modelo P-1000-A;
- 3) um capilar calibrado (microlitros por centímetro) montado sobre uma régua milimetrada horizontal; esta é fixa a um suporte que permite variar a altura do capilar ao olho estudado;
- 4) um manômetro de água;
- 5) tubos de conexão de poli-etileno;
- 6) torneiras de três vias;
- 7) uma agulha "butterfly" n.º 23, ligada a um tubo de polietileno;
- 8) um cronômetro.

Calibra-se o transdutor com um manômetro de água. Faz-se a conexão entre o transdutor e o capilar horizontal através de um tubo de poli-etileno, interpondo-se duas torneiras. Liga-se a agulha "butterfly" n.º 23 à torneira do transdutor, de tal forma que este esteja em comunicação direta com o capilar horizontal e o globo ocular sendo estudado. Enche-se o sistema com solução de perusão, evitando que bolhas de ar permaneçam em seu interior (fig. 1).

O cão é anestesiado com pentobarbital por via venosa, na dose de 30 mg/kg de peso. Após colocação em uma goteira em forma de "V" a cabeça é imobilizada com um aparelho de Czermak; este permite a rotação da mesma, de modo que o acesso a um olho fica facilitado (fig. 1).

Após colocação do blefarostato introduz-se a agulha "butterfly" n.º 23 na câmara anterior de modo que o bisel esteja voltado para o endotélio, sem tocá-lo, e a ponta da agulha à altura da área pupilar (fig. 2).

A PIO é então medida e registrada no fisiógrafo; espera-se até que a mesma estabilize, o que leva alguns minutos. Esta é a PIO de repouso.

A seguir abre-se a torneira que permite a ligação do capilar ao transdutor e ao olho. Eleva-se o capilar de forma a promover

* Da Disciplina de Oftalmologia (Prof. Paulo Braga de Magalhães) da Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo. Trabalho feito, em parte, com auxílio da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo.

** Médico-adido.

*** Docente livre e Professor Adjunto.

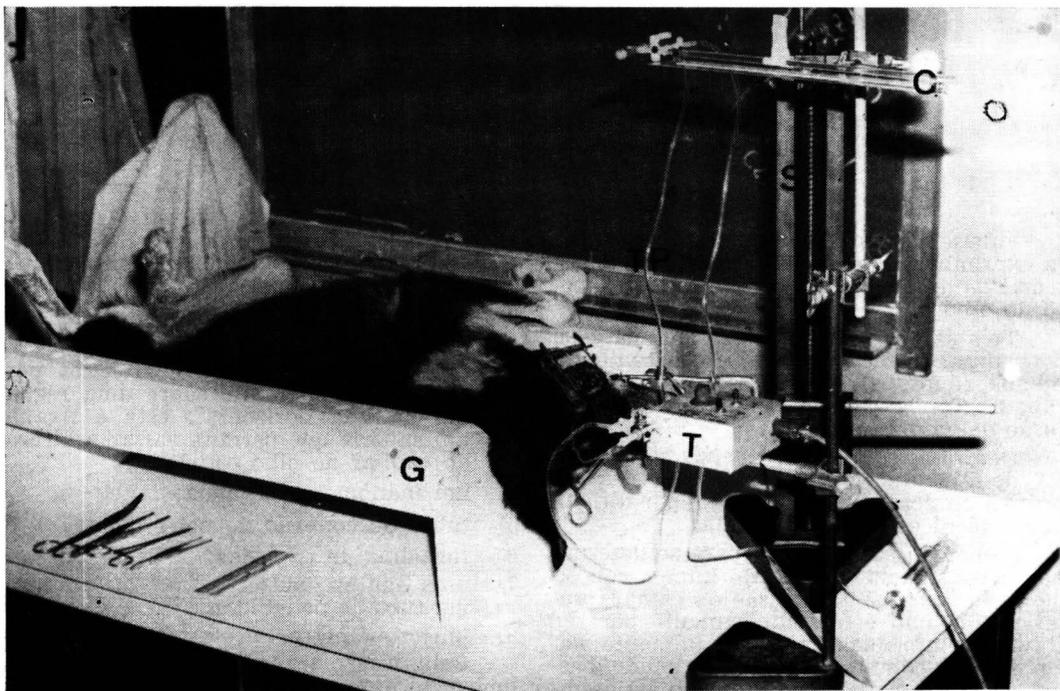


Fig. 1 — Cão colocado na goteira em «V» (G) e com a cabeça fixada pelo aparelho de Czermak (S). O capilar horizontal (C) está montado em um suporte móvel e em comunicação com o transdutor (T) através de um tubo de poli-etileno (TP). Duas torneiras (asterisco) são interpostas nas extremidades do tubo de poli-etileno. Da torneira ligada ao transdutor sai tubo de poli-etileno com «butterfly», n° 23, que será colocado na câmara anterior.

um aumento da PIO de 5 a 10 mmHg; o novo "steady-state" é atingido em 2 a 4 minutos. A partir deste momento começa-se a cronometrar o deslocamento da coluna líquida no capilar calibrado. Mede-se o deslocamento a cada dois minutos e são feitas três medidas.

Para calcular o coeficiente de facilidade de escoamento emprega-se a equação de Goldmann, que é $C = F/P$, onde C é o coeficiente da facilidade de escoamento F o ritmo de infusão e P a pressão intra-ocular.

Em nossos experimentos são utilizados dois ritmos de infusão e dois níveis de PIO e a equação se transforma em $C = \Delta F / \Delta P$. ΔF é a diferença entre os ritmos de infusão e ΔP a diferença entre a PIO provocada após a elevação do capilar e a PIO de repouso, obtida inicialmente.

O ritmo de infusão é igual ao volume deslocado na unidade de tempo (minuto). Pode-se considerá-lo como zero quando a PIO for de repouso; assim sendo, para ser obtido o numerador da equação basta medir o deslocamento da coluna líquida no capi-

lar horizontal calibrado dentro de um determinado tempo.

Em síntese, C=Volume deslocado na unidade de tempo/Diferença entre pressão provocada e pressão de repouso.

COMENTÁRIOS

Perfusão da câmara anterior para medir a facilidade total de escoamento do globo ocular é um método ideal porque a PIO, o volume líquido no olho e o ritmo de infusão alcançam equilíbrio dinâmico (steady-state) enquanto estão sendo feitas as medidas, o que não ocorre na tonografia de indentação (6).

Ambas as técnicas de perfusão, à pressão constante ou à infusão constante, são precisas e os cálculos envolvidos são os mesmos; no entanto, a primeira tem a vantagem de que o equilíbrio dinâmico é atingido em menos tempo. Em macacos leva-se dois minutos enquanto que no método de infusão constante isto ocorre em 10 minutos (6).

Os valores da facilidade de escoamento determinados na perfusão da câmara ante-

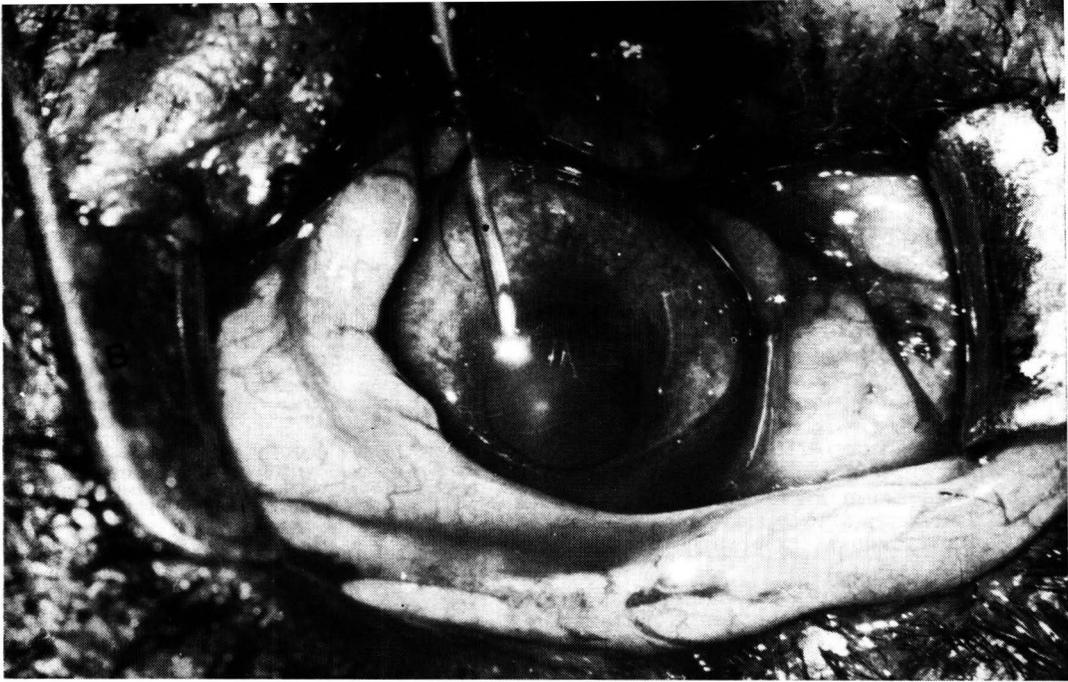


Fig. 2 — «Close-up» do olho do cão mostrando a agulha «butterfly» nº 23 dentro da câmara anterior (asterisco). O bisel está voltado para o endotélio e a extremidade da agulha à altura da área pupilar. (B) blefarostato.

rior representam a facilidade total do globo, ou seja, a soma da facilidade de escoamento verdadeira (através do canal de Schlemm) mais a facilidade através de vias não convencionais (úveo-escleral) e mais a pseudofacilidade. Esta última é assim chamada porque na realidade não representa líquido saindo do olho, mas sim a supressão da produção de humor aquoso causada pela elevação da pressão intra-ocular (5).

A facilidade de escoamento úveo-escleral e a pseudofacilidade juntas representam de 25 a 30% do total de facilidade; aproximadamente 0,03 microlitros/min/mmHg (macaco) e 0 06 microlitros/min/mmHg (homem) respectivamente em condições normais (14.17). Estas facilidades são constantes e, portanto, qualquer variação de facilidade durante a perfusão da câmara anterior resulta da facilidade de escoamento verdadeiro. Em olhos glaucomatosos certamente estas facilidades representam uma fração maior da facilidade total de escoamento do olho.

Vários autores (2.9.15 16) demonstram que a elevação da pressão intra-ocular causava uma diminuição na facilidade

de escoamento, daí a crítica se se devem considerar as vias de drenagem de humor aquoso como um sistema linear. Assim sendo, no cálculo da facilidade de escoamento por ambos métodos de perfusão devemos considerar o sistema pressão independente.

Outros fatores precisam ser levados em consideração quando interpretamos os resultados obtidos, dentre os quais temos a anestesia a duração da perfusão. as soluções de perfusão a posição da agulha na câmara anterior e outros (11).

Tem sido demonstrado que agentes anestésicos diminuem a pressão intra-ocular e aumentam a facilidade de escoamento (13). A injeção intracameral de pentobarbital diminui a resistência ao escoamento de aquoso (10). Estas e outras observações sugerem que a medida da facilidade de escoamento durante a perfusão da câmara anterior pode não ser real quando sob anestesia, de tal forma que quando se deseja estudar a fisiologia e farmacologia do humor aquoso condições semelhantes de anestesia devem ser mantidas.

Tem sido observado em macacos que a resistência ao escoamento de aquoso diminui

durante perfusões prolongadas da câmara anterior; êste fenômeno é conhecido como "wash-out phenomenon" (4).

Sugere-se que este aumento de facilidade de esteja relacionado com a remoção de uma substância de revestimento (8) ou seja, de mucopolisacarídeos (3) do sistema de drenagem. Todavia não se sabe se esta remoção (wash-out) deve-se a um efeito mecânico ou químico. Gaasterland et al. (11) demonstraram uma diferença significativa entre olhos pareados de macacos rhesus em que um olho foi perfundido com humor aquoso de macaco rhesus e o outro olho com uma solução de Ringer bicarbonato glutatíone (GBR). Os olhos sendo perfundidos com aquoso mantiveram uma facilidade de escoamento estável durante um período de 120 minutos. Do mesmo estudo, quando volumes iguais de solução de perfusão foram comparados, observou-se que os olhos usando Ringer apresentavam maior facilidade de escoamento. Êstes resultados favorecem uma causa química como responsável por êste fenômeno.

A posição da ponta da agulha na câmara anterior é outro fator importante a ser considerado. Grant (12) demonstrou que o aumento da profundidade da câmara anterior (in vitro) causava uma diminuição da resistência ao escoamento. Foi demonstrado por outro lado em olhos de macacos (in vivo) que a colocação da ponta da agulha na câmara posterior ou na câmara anterior, não apresentava diferenças significativas na facilidade de escoamento (11).

Depois desta série de considerações, qualquer indivíduo envolvido neste tipo de pesquisa deve saber controlar o máximo possível de variáveis para que os resultados possam ter valor comparativo.

SUMARIO

Ê descrito um método de perfusão da câmara anterior para determinação do coeficiente da facilidade de escoamento do humor aquoso e são discutidos alguns fatores que devem ser considerados quando se interpretam os resultados destes experimentos.

SUMMARY

A description of a technique of anterior chamber perfusion in dogs for measuring the coefficient of facility of aqueous outflow is made and of some factors which should be considered when analysing the results are discussed.

BIBLIOGRAFIA

1. ARMALY, M. F. — Studies on intraocular effects of the orbital parasympathetic pathways. III — Effect on steady-state dynamics. *A.M.A. Arch. Ophthalmol.* 62: 817-827, 1959.
2. ARMALY, M. F. — The effect of intraocular pressure on outflow facility. *Arch. Ophthalmol.* 64: 125-132, 1960.
3. ARMALY, M. F.; WANG, Y. — Demonstration of acid mucopolysaccharides in the trabecular meshwork of the rhesus monkey. *Invest. Ophthalmol.* 14: 507-516, 1975.
4. BARANY, E. H. — The mode of action of pilocarpine on outflow resistance in the eye of a primate (*cercopithecus ethiops*). *Invest. Ophthalmol.* 1: 712-727, 1962.
5. BARANY, E. H. — A mathematical formulation of intraocular pressure as dependent on secretion, ultrafiltration, bulk outflow, and osmotic reabsorption of fluid. *Invest. Ophthalmol.* 2: 584-590, 1963.
6. BARANY, E. H. — Simultaneous measurement of changing intraocular pressure and outflow facility in the vervet monkey by constant pressure infusion. *Invest. Ophthalmol.* 3: 135-143, 1964.
7. BECKER, B.; CONSTANT, M. A. — The facility of aqueous outflow: A comparison of tonography and perfusion measurements in vivo and in vitro. *A.M.A. Arch. Ophthalmol.* 55: 305-312, 1956.
8. BERGGREN, L.; VRABEC, F. — Demonstration of a coating substance in the trabecular meshwork of the eye. *Am. J. Ophthalmol.* 44: 200-208, 1957.
9. BRUBAKER, R. F. — The effect of intraocular pressure on conventional outflow resistance in the enucleated human eye. *Invest. Ophthalmol.* 14: 286-292, 1975.
10. EAKINS, K. E. — A comparative study of intraocular pressure and gross outflow facility in the cat eye during anesthesia. *Exp. Eye Res.* 8: 106-111, 1969.
11. GAASTERLAND, D. E.; PEDERSON, J. E.; MACLELLAN, H. M. — Perfusate effects upon resistance to aqueous humor outflow in the rhesus monkey eye. *Invest. Ophthalmol.* 17: 391-397, 1978.
12. GRANT, W. M. — Facility of flow through the trabecular meshwork. *Arch. Ophthalmol.* 54: 245-248, 1955.
13. KORNBLUETH, W.; ALADJEMOFF, L.; MAGORA, F.; GABBAY, A. — Influence of general anesthesia on intraocular pressure in man. *Arch. Ophthalmol.* 61: 84-87, 1959.
14. KUPFER, C. — Clinical significance of pseudofacility. *Am. J. Ophthalmol.* 75: 193-204, 1973.
15. LANGHAM, M. E. — Influence of the intraocular pressure on the formation of the aqueous humor and the outflow resistance in the living eye. *Brit. J. Ophthalmol.* 43: 705-732, 1959.
16. MOSES, R. A. — The effect of intraocular pressure on the resistance to outflow. *Surv. Ophthalmol.* 22: 88-100, 1977.
17. PEDERSON, J. E.; GAASTERLAND, D. E.; MACLELLAN, H. M. — Uveoscleral aqueous outflow in the rhesus monkey: importance of uveal reabsorption. *Invest. Ophthalmol.* 16: 1008-1017, 1977.
18. SEARS, M. L. — Outflow resistance of the rabbit eye: Technique and effects of acetazolamide. *A.M.A. Arch. Ophthalmol.* 64: 823-838, 1960.