

# Paquimetria Óptica e Ultrassônica

Flavio Jaime Rocha

Os paquímetros são instrumentos desenhados para medir a espessura corneana. Estes instrumentos vieram aumentar o nosso conhecimento e melhorar o tratamento das alterações do endotélio corneano tais como: distrofia endotelial de Fuchs, traumas decorrentes de cirurgias de catarata, uso de lente de contato e ceratoplastia penetrante. Entretanto, foi com aparecimento da ceratotomia radial e os outros tipos de cirurgia refrativa que fizeram com que paquimetria corneana se tornasse mais difundida em nosso meio, uma vez que estes procedimentos exigem uma medida exata da espessura corneana.

### TERMINOLOGIA

Etimologicamente, a palavra paquímetro vem do grego *pachy* que significa espessura e *metron* - medida.

A medida da espessura corneana pode ser expressa em milímetros (mm) ou em microns ( $\mu\text{m}$ ). Nos paquímetros ópticos, os valores convencionalmente são expressos em milímetros uma vez que eles são calibrados para 0,01 mm, mas com o aumento da precisão dos paquímetros ultrassônicos e a acurácia nos procedimentos refrativos deve-se, sempre que possível, expressar os valores em microns.

\* Professor Assistente de Oftalmologia da Universidade Federal de Uberlândia.  
Pós Graduando nível Doutorado - Universidade Federal de São Paulo - H.S.P.  
Fellow de Córnea - Universidade de Harvard, 1993-1994.

Endereço para correspondência: Av. Afonso Pena, 2049/01 - 38406-054 - Uberlândia - MG

### MÉTODOS PARA MEDIR A ESPESSURA CORNEANA

Existem três métodos para se medir a espessura corneana: microscopia especular, paquimetria óptica e paquimetria ultrassônica. Um paquímetro ideal deve ser preciso na leitura da espessura corneana, ter boa reproduzibilidade, ser de fácil manuseio, ser portável para ser usado no consultório e na sala de cirurgia e ter boa durabilidade.

O método mais antigo para se medir a espessura corneana é a microscopia especular. Este instrumento foca as superfícies anterior e posterior da córnea e mede a distância transversal entre estas duas superfícies. Esta medida pode sofrer alterações com a mudança no índice de refração da córnea. Microscópios especulares mais modernos são equipados com um visor digital que registra a espessura corneana. Este método é prejudicado por não mostrar o local exato de onde a medida está sendo feita.

Paquimetrias óptica e ultrassônica serão descritas a seguir.

### PAQUIMETRIA ULTRASSÔNICA

O paquímetro ultrassônico, desenvolvido por Henderson, Gillian, Detweiler e Kremer em 1980, é atualmente o método de escolha para a medida da espessura corneana, uma vez que é de fácil uso, tem boa precisão e portabilidade e consegue medir a espessura corneana nas regiões paracentrais.

**Princípios da paquimetria ultrassônica** - Os paquímetros ultrassônicos usam o princípio "A-scan" ultraso-

nográfico. O componente básico é um pulsor eletrônico que emite pulsos de curta voltagem. Um cristal pizoelétrico altera a forma de cada pulso eletrônico e gera um pulso ultrassônico que é propagado através da córnea, refletido na membrana de Descemet e recebido de volta pelo cristal pizoelétrico. O impacto da onda ultrassônica no cristal deforma-o e novamente gera um pulso eletrônico que é enviado a um receptor, onde ele é detectado, amplificado e então a medida é exibida no visor.

**Velocidade do som na córnea** - Um dos problemas mais difíceis na padronização dos paquímetros ultrassônicos é decidir a velocidade de propagação do som na córnea. A velocidade padrão utilizada é 1640 m/seg. A variação da velocidade do som em córneas de vacas, porcos e humanos segundo Coleman, é de 1550 a 1639 m/seg. A velocidade de 1640 m/seg, foi escolhida porque a medida mostrou uma espessura corneana de  $0.512 \pm 0.035$  em 175 olhos, o que concorda com os achados na paquimetria óptica.

**Componentes dos paquímetros ultrassônicos** - Os paquímetros ultrassônicos consistem de três componentes básicos: a sonda manual com transdutor e ponta, uma central e alguns acessórios.

**1) Sonda manual** - O mecanismo ultrassônico está contido na sonda do paquímetro e tem o cristal pizoelétrico que emite as ondas ultrassônicas de aproximadamente 20 MHz. Sondas pequenas e mais leves facilitam seu uso clínico. A visualização da ponta de

uma sonda reta sob o microscópio cirúrgico é algumas vezes difícil; sondas anguladas facilitam a visualização da ponta uma vez que a mão está fora do eixo de visão o que facilita a colocação perpendicular do instrumento sobre a córnea.

2) *Transdutor* - O transdutor emite a onda ultrassônica através da ponta da sonda para dentro da córnea e a recebe no retorno. O tamanho do transdutor está relacionado ao tamanho do cristal emissor e da configuração da sonda através da qual ele passa. O tamanho da ponta da sonda e do transdutor reduz a precisão na leitura da espessura corneana. Cada sonda tem uma vida média, portanto, se as medidas se tornarem variáveis no bloco calibrador, ela deve ser trocada.

3) *Ponta da sonda* - A ponta da sonda é a interface entre a córnea e o transdutor. O seu diâmetro deve ser de 2 mm ou menor para diminuir a área sobre a qual a onda de ultra-som é emitida e permitir que o observador possa ver exatamente a sua posição sobre a córnea. A superfície da ponta deve ser lisa para não lesar o epitélio corneano. Existem três tipos básicos de pontas: uma aberta, uma que tem um reservatório interno de água que deve ser preenchido periodicamente e uma toda sólida que não possui este reservatório interno de água. Todos podem alcançar boa precisão na medida da espessura corneana, mas a conveniência e a praticidade variam. A sonda de ponta sólida é a mais conveniente e prática uma vez que elimina a necessidade de preenchê-la com líquido periodicamente além de ter uma manutenção fácil.

4) *Limpeza da sonda* - Sondas de pontas sólidas requerem assepsia semelhante àquelas usadas para os tonômetros. A sonda deve ser lavada com álcool ou peróxido ao final de cada uso. A profilaxia contra a disseminação do vírus da imunodeficiência humana deve estar sempre em mente.

*Precisão das medidas* - Todos os

paquímetros fazem a média de uma série de medidas para fornecer uma única no final. Estes equipamentos em média realizam de 30 a 500 medidas em fração de segundos. A resolução do aparelho é a menor unidade medida que é de 1  $\mu\text{m}$ . Os paquímetros ultrassônicos podem medir espessuras corneanas que variam de 200 a 2000  $\mu\text{m}$ . Para ceratotomia radial, uma variação de 400 a 800  $\mu\text{m}$  é suficiente, uma vez que uma córnea normal nunca ultrapassa estes limites.

*Calibração* - A maioria dos paquímetros têm uma velocidade de som na córnea padrão de 1640 m/seg. Algumas unidades requerem ajuste na velocidade do som de tal maneira que o operador possa selecionar uma velocidade maior ou menor como parte do ajuste da sua técnica. Outros aparelhos têm uma calibração interna que determina que velocidade do som é apropriada para aquela medida. Muitos instrumentos oferecem um bloco separado que serve para verificar a precisão das leituras.

#### Acessórios

1. *Pedal* - A maioria dos pedais têm um formato simples. Eles servem para se obter as medidas apertando ou liberando-os.

2. *Impressoras* - Serve para que o observador não necessite ficar olhando no painel para verificar a medida. Serve também para imprimir as medidas, fazer um mapa com as diferentes espessuras corneanas nas regiões paracentrais e periféricas e para identificar o paciente.

*Preço e garantia* - Ao se comprar um paquímetro, o preço é importante, assim como os serviços de manutenção e a garantia do aparelho. Alguns fabricantes dão garantias separadas para a sonda e o console. Se o paquímetro contém funções computadorizadas, informe-se sobre atualizações e avanços dos programas. Alguns paquímetros vêm juntos com ultra-sons "A-scan" que servem para medir o diâmetro

axial do olho e podem ser vantajosos em termos de preço e conveniência.

Os principais paquímetros disponíveis no mercado brasileiro, com suas especificações e preços estão descritos na Tabela 1.

Todos os paquímetros acima descritos, possuem boa reproductibilidade das medidas quando feitas sequencialmente em um ponto fixo e por uma única pessoa. A maioria têm boa portabilidade com exceção do Teknar que possui um tamanho maior que os demais pois vem junto com ultra-som "A-scan". Somente o paquímetro Allergan-Humphrey tem sonda de 10 MHz o que pode ser vantajoso para medidas mais baixas.

#### PAQUIMETRIA ÓPTICA

Os paquímetros ópticos são usados desde 1949, utilizando os princípios descritos por Helmholtz. Eles são considerados, segundo Duke-Elder, o método original para a medida da espessura corneana. Existem dois métodos utilizados para se fazer a paquimetria óptica: O primeiro é aquele no qual o alinhamento da fenda é feito usando uma linha imaginária que se estende da borda endotelial até a borda epitelial. O segundo critério é aquele no qual a extensão imaginária da porção brillante do endotélio é sobreposta à porção brillante do epitélio uma vez que estes brilhos são produzidos pela largura finita da fenda quando ela passa através de cada superfície da córnea. O primeiro método utilizado é considerado o mais fácil pelos usuários.

O grande problema para uso clínico desta técnica é a reproductibilidade das medidas. Esta variabilidade é decorrente dos seguintes problemas:

1. Ausência de um ponto de fixação para o paciente, que esteja localizado em uma posição fixa em relação ao instrumento.
2. Ausência de um alinhamento conhecido do paquímetro com a córnea em uma posição reproduzível, de tal maneira que a fenda

**Tabela 1**  
Comparação dos paquímetros ultrassônicos

Características dos diversos paquímetros ultrassônicos

Aparelho	Preço (U.S. dollar)	Tamanho da ponta da sonda (mm)	Ponta da sonda (tipo)	Transdutor (MHz)	Impres- sora	preci- são (μm)
Allergan-Humphrey	6.000	2,0	Sólida	10	Sim	±5
Alcon	7.500	2,0	Sólida	20	Sim	±5
Teknar*	7.500	2,5	Sólida	20	Sim	±5
Storz	7.000	2,0	Sólida	20	Sim	±5

\* Paquímetro e ultra-som juntos

intersecte a córnea no mesmo ângulo para se ter uma leitura consistente.

3. Ausência de um ponto final consistente que coincida com a imagem da fenda que está sendo visualizada pelo observador, que atualmente é feita subjetivamente.
4. Falta de reproductibilidade da fenda e ausência de compensação para o tamanho da fenda no processo de medição.

Os paquímetros ópticos têm algumas vantagens. Não toca a córnea, e com isso não lesa o epitélio corneano. A localização da córnea que está sendo medida pode ser identificada visualmente, embora não seja fácil retornar ao ponto original sem o auxílio de mecanismos de fixação. É capaz de

medir as diferentes camadas da córnea, que algumas vezes é necessário nas cirurgias refrativas lamelares tais como as lentes intracorneanas. Os erros de precisão destes instrumentos podem ser minimizados quando o instrumento é usado por uma única pessoa; eles podem ser menores que 10 μm, que é um erro aceitável na prática. Entretanto, este erro aumenta para 20 μm ou mais quando várias pessoas fazem a mesma medida o que é inaceitável na prática.

Estes problemas com os paquímetros ópticos podem ser minimizados com o uso de luzes de alinhamento que serve de fixação para o paciente, particularmente quando estas luzes estão localizadas centralmente entre a fenda e o microscópio.

O maior problema dos paquímetros ópticos é que em qualquer dos sistemas de alinhamento e fixação utilizados, é muito difícil fazer medidas nas regiões paracentrais e periféricas.

No mercado brasileiro existem duas marcas de paquímetros ópticos, o Topcon e o Haag-Streit. Os seus preços em geral são menores do que os ultrassônicos, mas como eles não estavam disponíveis para a venda no momento em que este trabalho estava sendo escrito, não foi possível listá-los.

Embora paquimetria óptica possa ser realizada por uma única pessoa sob condições controladas, ele é muito menos usado do que o paquímetro ultrassônico.

#### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. HAZONY, D.; LAZZARA, A. and DYBBS, A. - The speed of the sound in the human and rabbit cornea. *Invest. Ophthalmol Vis Sci*, **24**: 128, 1983.
2. KREMER, F. B.; WALTON, P. and GENSHIMER, G. - Determination of corneal thickness using ultrasonic pachymetry. *Ann Ophthalmol.*, **17**: 506-507, 1985.
3. MISHIMA, S. and HEDBYS, B. O. - Measurement of corneal thickness with the Haag-Streit pachymeter. *Arch Ophthalmol.*, **80**: 710-713, 1981.
4. MONDELL, R. B.; POLSE, K. A. and BONANNO, J. - Reassessment of optical pachymetry. In Cavanagh H. D., ed. *The cornea: Transactions of world congress on the cornea III*, New York, Raven Press, pp201-205, 1988.
5. READER, A. L. and SALZ, J. J. - Differences among ultrasonic pachymeters in measuring corneal thickness. *J. Refract. Surg.*, **63**: 15, 1987.