

O uso do Color Doppler em oftalmologia

The use of Color Doppler in ophthalmology

Vital Paulino Costa ⁽¹⁾

RESUMO

A ultrassonografia Doppler é um método não invasivo e confiável que pode ser empregado na análise da velocidade do fluxo sanguíneo. A introdução do Color Doppler permitiu, pela primeira vez, a observação simultânea de imagens de estruturas anatômicas em tempo real e do fluxo vascular codificado por cores de vasos normalmente além do poder de resolução de outros métodos. Este trabalho visa introduzir o uso deste método propedêutico em nosso meio, detalhando os princípios físicos envolvidos, assim como técnica e principais indicações oftalmológicas.

Palavras chave: ultrassom, color doppler, vascularização, retina, nervo óptico

INTRODUÇÃO

A ultrassonografia Doppler é um método não invasivo que pode ser empregado na análise da velocidade do fluxo sanguíneo. O uso desta técnica difere das outras técnicas ultrassonográficas pois fornece informações não só sobre a morfologia de um determinado órgão, mas também sobre sua função. A introdução do Color Doppler permitiu, pela primeira vez, a observação simultânea de imagens de estruturas anatômicas em tempo real e do fluxo vascular codificado por cores. Também permitiu, em muitos casos, a visualização de fluxo sanguíneo em vasos que não poderiam ser observados através do uso de métodos convencionais. Esta técnica vem sendo utilizada há algum tempo em ecocardiografia ¹, para a avaliação de doenças vasculares periféricas, de sistema nervoso central ² e trato gênito-urinário ³.

Em oftalmologia, outros métodos vem sendo utilizados no estudo do fluxo sanguíneo ocular, porém todos apresentam limitações. O uso de microesferas marcadas ou não marcadas é limitada a animais ⁴. A velocimetria por laser Doppler ^{5,6} é restrita ao sistema

vascular retiniano e requer midríase. O emprego do fenômeno do campo azul entóptico é subjetivo e confinado à área macular ⁷. Finalmente, a óculo-oscilodigrafia ⁸, a pneumopletismografia ocular ⁹ e a oftalmodinamometria ¹⁰ requerem situações não fisiológicas como um aumento artificial da pressão intraocular.

O emprego do Color Doppler é recente, e se destina à avaliação da velocidade do fluxo sanguíneo retrobulbar, mais especificamente de artérias oftálmica, central da retina e ciliares posteriores curtas, vasos que se encontravam além do poder de resolução de outros exames, incluindo a arteriografia. Este artigo visa introduzir o uso deste método propedêutico em nosso meio, detalhando os princípios físicos envolvidos, assim como técnica e principais indicações.

PRINCÍPIOS FÍSICOS

A compreensão dos princípios físicos envolvidos no efeito Doppler facilita de sobremaneira a interpretação do fluxo sanguíneo. Quando uma onda é refletida por um alvo em movimento, a frequência da onda transmitida difere da frequência de onda refletida. Tal di-

⁽¹⁾ Médico Assistente do Hospital das Clínicas da Universidade de São Paulo, Pós-Graduando (Doutorado) da Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo e Chefe do Departamento de Glaucoma da UNICAMP.



Figura 1 - Exame de Color Doppler sendo realizado no INCOR.

ferença de frequência é denominada "Doppler shift", que depende, entre outros fatores, da velocidade do alvo em movimento e do sentido do movimento (se este é a favor ou contrário ao receptor) ¹¹. Exemplo típico do efeito Doppler é o de um observador que nota o trem se aproximando e depois se distanciando. O som percebido à medida que o trem se aproxima é completamente diferente do som percebido quando o trem se afasta. Assim, para que ocorra o efeito Doppler, é fundamental que exista um movimento relativo entre a fonte e o receptor de som, não importando qual deles se desloca.

O efeito Doppler pode ser utilizado no estudo do fluxo sanguíneo ¹¹. Neste caso, o transdutor ultrassonográfico funciona como fonte, enquanto o sangue funciona como alvo em movimento que reflete as ondas ultrassonográficas. Devido ao número relativamente pequeno de leucócitos e o tamanho reduzido das plaquetas, geralmente assume-se que os eritrócitos são os responsáveis pela reflexão das ondas ultrassonográficas no sangue. No estudo do fluxo sanguíneo, dois "Doppler shifts" sucessivos são envolvidos: no primeiro, as ondas emitidas pelo transdutor são recebidas pelos eritrócitos em movimento. No segundo, os eritrócitos em movimento funcionam como fonte e refletem as ondas em direção ao receptor, localizado na superfície do trans-

dutor. Estes dois "shifts" são aproximadamente iguais e são responsáveis pelo número 2 na equação Doppler:

$$FD = 2 FV \cos \theta / C$$

Esta equação relaciona a frequência do efeito Doppler medida em hertz (FD) à frequência da onda emitida pelo trans-

dutor (F), à velocidade do sangue V (em m/s), à velocidade do som no meio C (em m/s) e ao coseno do ângulo θ entre a direção de movimento e o eixo das ondas ultrassonográficas. Quando o sangue se move no eixo das ondas ultrassonográficas, θ é igual a zero, o coseno de θ é igual a 1 e a velocidade do sangue é simplesmente V. O inverso ocorre quando o sangue se move à 90° do eixo das ondas ultrassonográficas. Neste caso, o coseno de θ é igual a zero e a velocidade também será igual a zero. É fácil imaginar que, neste exemplo, os eritrócitos não estariam nem se aproximando, nem se distanciando do transdutor.

Graças às frequências ultrassonográficas usadas clinicamente (entre 2 e 10 MHz), à velocidade do sangue (entre 0 e 5 m/s) e à velocidade do som no sangue, as frequências do efeito Doppler (FD) situam-se em uma faixa audível, em geral até 15 KHz. Assim, o operador pode se utilizar de mais esta informação (som) para analisar o fluxo de um determinado vaso.

INSTRUMENTAL E TÉCNICA

O instrumental utilizado inclui basicamente uma maca, um transdutor, um processador/amplificador e uma tela. No INCOR, onde temos realizado os exames de pacientes, dispomos do P-700, confeccionado pela Philips (California, EUA). O paciente é colocado em decúbito dorsal horizontal. Com os olhos fechados, colocamos o gel de contacto sobre a pálpebra superior do olho a ser examinado, seguido do transdutor de 7.5 MHz (Figura 1). A imagem ecográfica em tempo real funciona como guia anatômico, orientando a localização dos vasos orbitários. Estes, por sua vez, são mais facilmente visualizados graças a um código de cores que fornece informações qualitativas e quantitativas sobre o fluxo sanguíneo. As informações qualitativas incluem o sentido do fluxo sanguíneo: em geral, codificamos o movimento de sangue em direção ao transdutor em vermelho e o movimento contrário ao transdutor em azul. Tal código é bastante interessante na análise dos vasos orbitários, pois resulta na visualização das artérias em vermelho e das veias em azul. A Figura 2 demonstra os vasos que podem ser visualizados durante o exame de Color Doppler: as artérias

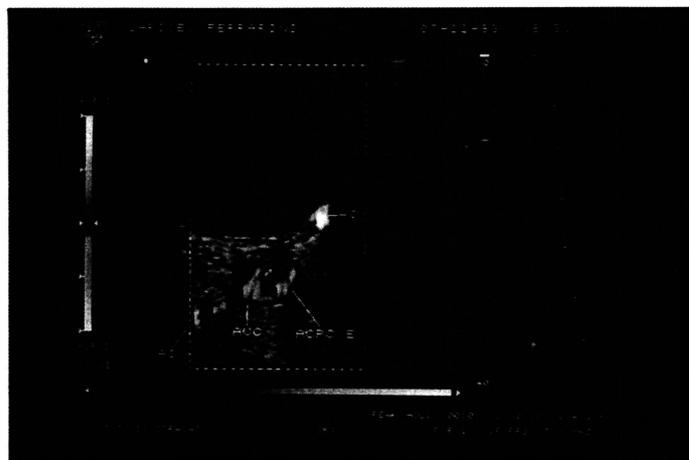


Figura 2 - Imagem obtida no olho esquerdo de um paciente normal. Observam-se a artéria oftálmica (AO), o complexo artéria-veia central da retina (AVC) no interior da sombra do nervo óptico, a artéria ciliar posterior curta (ACPC) e a circulação corio-retiniana (C).

oftálmica, central da retina e ciliares posteriores curtas.

Quanto à análise quantitativa, a visualização dos vasos permite a determinação do ângulo θ e, conseqüentemente, a velocidade do fluxo sanguíneo (como visto na equação Doppler). Uma vez visualizado o vaso e corrigido o valor do ângulo θ , congela-se a imagem e procede-se à análise espectral do fluxo (Figura 3). Baseado na análise do perfil espectral pode-se calcular a velocidade sistólica máxima e a velocidade diastólica final do fluxo sanguíneo naquele vaso. A análise do perfil espectral também auxilia na identificação do vaso, visto que o perfil espectral de cada um dos vasos (artéria central da retina, artéria oftálmica e artéria ciliar posterior curta) é diferente. Indiretamente, podemos calcular índices de resistência, dos quais o mais utilizado é o Índice de Pulsatilidade de Gosling (IPG), calculado como: $VSM - VDF / VM$, onde VSM é velocidade sistólica máxima, VDF é velocidade diastólica final e VM é velocidade média. O IPG é diretamente proporcional à resistência ao fluxo sanguíneo em um determinado vaso.

É importante ressaltar que, a nível de vasos orbitários, a resolução do instrumento não permite a determinação acurada do calibre dos vasos. Assim, torna-se impossível calcular o fluxo sanguíneo propriamente dito, visto que fluxo é velocidade/área. A análise do fluxo é indireta e se baseia na velocidade do fluxo sanguíneo e nos índices de resistência: baixas velocidades e índices de resistência aumentados indicariam baixo fluxo, enquanto altas velocidades e baixos índices de resistência implicariam fluxo elevado.

INDICAÇÕES

O Color Doppler foi inicialmente utilizado para estudar a vascularização normal do globo ocular e órbita^{12,13}, quando se mostrou um método reprodutível. O exame não apresenta contra-

indicações, podendo ser realizado em todo e qualquer paciente que colabore o suficiente para manter os olhos fechados e imóveis.

O emprego do color Doppler deve ser considerado em condições oculares onde exista suspeita da participação de fenômenos vasculares. Assim, patologias vasculares oclusivas, tais como obstruções de veia central ou artéria central da retina e a síndrome ocular isquêmica (SOI) podem ser melhor investigadas. Num estudo incluindo 16 olhos com SOI¹⁴, a avaliação com color Doppler evidenciou estenose da artéria carótida interna de pelo menos 70% em todos os casos, além de redução do fluxo sanguíneo nas artérias central da retina e ciliares posteriores curtas. Em outro estudo utilizando o color Doppler, Lieb et al¹⁵ demonstraram a ocorrência de oclusão parcial da artéria oftálmica e não perfusão da artéria central da retina em um paciente com oclusão total da artéria carótida interna. É importante notar que a análise do fluxo sanguíneo em artéria oftálmica só se tornou possível graças ao color Doppler, uma vez que a arteriografia digital não possui resolução suficiente para visualização de artérias desse calibre.

O color Doppler foi empregado com sucesso como método propedêutico em outras condições, tais como fístulas carótido-cavernosas¹⁶, trombose de veia oftálmica superior¹⁷ e varizes orbitárias¹⁸. O color Doppler permite a visualização de tumores intraoculares¹⁹ e orbitários, porém é importante frisar que o fluxo sanguíneo nestes tumores (hemangiomas, por exemplo) é lento e, muitas vezes, não detectável.

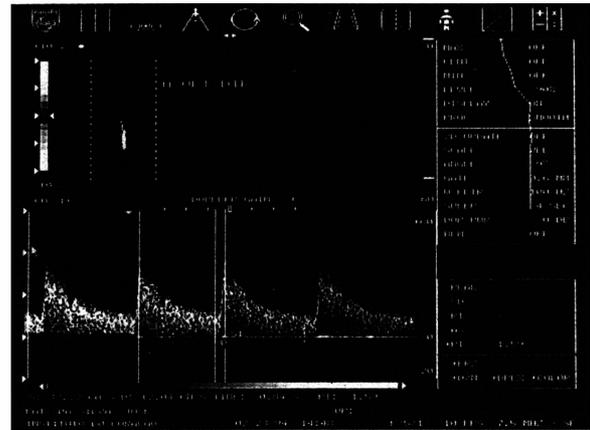


Figura 3 - Perfil espectral de artéria oftálmica direita de um paciente normal.

Também pode ser utilizado na análise da repercussão de procedimentos sobre o fluxo sanguíneo retrobulbar. Flaharty e cols²⁰, por exemplo, sugeriram que a descompressão da bainha do nervo óptico pode melhorar o fluxo sanguíneo retrobulbar em pacientes com neuropatia óptica isquêmica. Tribble et al²¹ demonstraram um aumento do fluxo sanguíneo em artéria central da retina e ciliares posteriores curtas após trabeculectomia em pacientes glaucomatosos.

O estudo do componente vascular na fisiopatologia do glaucoma pode também ser investigado com o auxílio do color Doppler. Em estudo utilizando o instrumento QAD-1 (Quantum Systems) no Departamento Vascular do Wills Eye Hospital, analisamos o fluxo sanguíneo retrobulbar em pacientes com glaucoma crônico simples assimétrico, e demonstramos que os olhos com maior dano glaucomatoso apresentavam fluxo sanguíneo reduzido quando comparados a olhos normais de pacientes pareados por sexo e idade²².

Enfim, são inúmeras as aplicações de uma técnica como o color Doppler, reprodutível e não invasiva, no estudo das patologias vasculares oculares e orbitárias. O color Doppler permite acesso à análise de fluxo sanguíneo em va-

sos jamais analisados anteriormente, e servirá para elucidar a participação de fenômenos vasculares em uma série de patologias.

SUMMARY

Doppler ultrasonography is a non-invasive, reliable method that can be used to analyze blood flow velocity. The introduction of Color Doppler allowed us, for the first time, to obtain simultaneous real-time bidimensional image and color-coded blood flow measurements of vessels beyond the resolution of other methods. This study introduces the use of Color Doppler in Brazil, describes the physical principles involved, the technique and main ophthalmic indications.

AGRADECIMENTOS

Ao Drs. Lazlo Molnar, Berilo Langer e Giovanni Cerri, pelo incentivo e por possibilitarem o uso do aparelho P-700 no INCOR.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 1 DUNCAN, W.J. - Color Doppler in Clinical Cardiology. Philadelphia, PA, WB Saunders; pp1-5, 1988.
- 2 ERICKSON, S.J.; MEWISSEN, M.W.; FOLEY, W.D. - Stenosis of the internal carotid artery: assessment using color doppler imaging compared with angiography. *Am. J. Roentgenol.*, 152:1299-1305, 1989.
- 3 MIDDLETON, W.D.; THORNE, D.A.; MELSON, G.L. - Color Doppler ultrasound of the normal testis. *Am. J. Roentgenol.*, 152:293-297, 1989.
- 4 MALIK, A.B.; VANHEUVEN, W.A.J.; SATTLER, L.F. - Effects of isoproterenol and norepinephrine on regional ocular blood flows. *Invest. Ophthalmol.*, 15:492-497, 1976.
- 5 RIZZO, J.F.; FEKE, G.T.; GOGGER, D.G.; OGASAWARA, H.; WEITER, J.J. - Optic nerve head blood speed as a function of age in normal human subjects. *Invest. Ophthalmol. Vis. Sci.*, 32:3263-3272, 1991.
- 6 RIVA, C.E.; GRUNWALD, J.E.; SINCLAIR, S.H. - Laser Doppler measurement of relative blood velocity in the human optic nerve head. *Invest. Ophthalmol. Vis. Sci.*, 22:241-248, 1982.
- 7 GRUNWALD, J.E.; RIVA, C.E.; STONE, R.A.; KEATES, E.U.; PETRIG, B.L. - Retinal autoregulation in open angle glaucoma. *Ophthalmology*, 91:1690-1694, 1984.
- 8 ULRICH, W.P.; ULRICH, C. - Oculo-oscilodynamography: A diagnostic procedure for recording ocular pulses and measuring retinal and ciliary artery blood pressures. *Ophthalmic Res.*, 17:308-316, 1985.
- 9 GEE, W.; OLLER, D.W.; WYLIE, E.J. - Non-invasive diagnosis of carotid occlusion by ocular pneumopletismography. *Stroke*, 7:18-23, 1976.
- 10 GRUNWALD, J.E.; FURUBAYASHI, C. - Effect of topical timolol on the ophthalmic artery blood pressure. *Invest. Ophthalmol. Vis. Sci.*, 30:1095-2004, 1989.
- 11 BURNS, P.N. - The physical principles of Doppler and spectral analysis. *J. Clin. Ultrasound.*, 15:567-590, 1987.
- 12 ERICKSON, S.J.; HENDRIX, L.E.; MASSARO, B.M.; HARRIS, G.J.; LEWANDOWSKI, M.F.; FOLEY, W.D.; LAWSON, T.L. - Color Doppler flow imaging of the normal and abnormal orbit. *Radiology*, 173:511-516, 1989.
- 13 LIEB, W.E.; COHEN, S.M.; MERTON, D.A.; SHIELDS, J.A.; MITCHELL, D.G.; GOLDBERG, B.B. - Color doppler imaging of the eye and orbit. Technique and normal vascular anatomy. *Arch. Ophthalmol.*, 109:527-531, 1991.
- 14 HO, A.C.; LIEB, W.E.; FLAHARTY, P.M.; SERGOTT, R.C.; BROWN, G.C.; BOSLEY, T.M.; SAVINO, P.J. - Color Doppler imaging of the ocular ischemic syndrome. *Ophthalmology*, 99:1453-1462, 1992.
- 15 LIEB, W.E.; FLAHARTY, P.M.; SERGOTT, R.C.; et al. Color Doppler imaging provides accurate assessment of orbital flow in occlusive carotid artery disease. *Ophthalmology*, 98:548-552, 1991.
- 16 FLAHARTY, P.M.; LIEB, W.E.; SERGOTT, R.C.; BOSLEY, T.M.; SAVINO, P.J. - Color Doppler imaging. A new noninvasive technique to diagnose and monitor carotid cavernous sinus fistulas. *Arch. Ophthalmol.*, 109:522-526, 1991.
- 17 FLAHARTY, P.M.; PHILLIPS, W.; SERGOTT, R.C.; STEFANYSZYN, M.; BOSLEY, T.; SAVINO, P.J. - Color doppler imaging of superior ophthalmic vein thrombosis. *Arch. Ophthalmol.*, 109:582-584, 1991.
- 18 LIEB, W.E.; MERTON, D.A.; SHIELDS, J.A.; COHEN, S.M.; MITCHELL, B.B. - Color Doppler imaging in the demonstration of an orbital varix. *Br. J. Ophthalmol.*, 74:305-308, 1990.
- 19 LIEB, W.E.; SHIELDS, J.A.; COHEN, S.M.; MERTON, D.A.; MITCHELL, D.G.; SHIELDS, C.L.; GOLDBERG, B.B. - Color Doppler imaging in the management of intraocular tumors. *Ophthalmology*, 97:1660-1664, 1990.
- 20 FLAHARTY, P.M.; SERGOTT, R.C.; LIEB, W.; BOSLEY, T.M.; SAVINO, P. - Optic nerve sheath decompression may improve blood flow in anterior ischemic optic neuropathy. *Ophthalmology*, 100:297-305, 1993.
- 21 TRIBLE, J.R.; SERGOTT, R.C.; SPAETH, G.L.; WILSON, R.P.; KATZ, L.J.; MOSTER, M.R.; SCHMIDT, C.M. - Color Doppler analysis of hemodynamic alterations in glaucoma patients after trabeculectomy. *Invest. Ophthalmol. Vis. Sci.*, 34 (Suppl.):1286, 1993.
- 22 COSTA, V.P.; SERGOTT, R.C.; SPAETH, G.L.; MOSTER, M.R.; KATZ, L.J.; SCHMIDT, C.M.; WILSON, R.P.; SMITH, M. - Color Doppler Imaging in glaucoma patients with asymmetric optic cups. *Invest. Ophthalmol. Vis. Sci.*, 34 (Suppl.):1285, 1993.